



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



REMONT I ODRŽAVANJE POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Prof. dr Milan TOMIĆ
Prof. dr Timofeј FURMAN
Prof. dr Andraš TOT





Milan Tomić
Timofeј Furman
Andraš Tot

REMONT I ODRŽAVANJE POLJOPRIVREDNE TEHNIKE



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

NOVI SAD, 2017

EDICIJA „OSNOVNI UDŽBENIK“

Osnivač i izdavač edicije

Univerzitet u Novom Sadu

Poljoprivredni fakultet

Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

Godina osnivanja

1954.

Glavni i odgovorni urednik edicije

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor

Dekan Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu

Članovi komisije za izdavačku delatnost

Dr Ljiljana Nešić, redovni profesor, predsednik

Dr Branislav Vlahović, redovni profesor, član

Dr Milica Rajić, redovni profesor, član

Dr Nada Plavša, vanredni profesor, član

Udžbenik odobren odlukom Nastavno-naučnog veća Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu od 22.05. 2017. god. Sva prava zadržava izdavač.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Biblioteka Matице srpske, Novi Sad

631.171(075.8)

ТОМИЋ, Милан

Remont i održavanje poljoprivredne tehnike / Milan Tomić, Timofeј Furman, Andraš Tot. - Novi Sad : Poljoprivredni fakultet, 2017 (Petrovaradin : Futura). - 471 str. : ilustr. ; 24 cm. - (Edicija Osnovni udžbenik / Poljoprivredni fakultet, Novi Sad)

Tiraž 20. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7520-405-3

1. Фурман, Тимофеј 2. Тот, Андраш

a) Пољопривредна техника - Одржавање b) Пољопривредна техника - Ремонт
COBISS.SR-ID 315955975

Autori:

Prof. dr Milan TOMIĆ,
Prof. dr Timofeј FURMAN,
Prof. dr Andraš TOT

Glavni i odgovorni urednik:

Dr Nedeljko Tica, redovni profesor
Dekan Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu

Tehnički urednik:

Prof. dr Milan Tomić,
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Lektor:

Andrej Forkapić, profesor srpskog jezika i književnosti

Recenzenti

Prof. dr Ivan Klinar
Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu
Prof. dr Lazar Savin
Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu
Docent dr Dragan Ružić
Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

Izdavač

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet,
Novi Sad.

Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje.
Sva prava zadržava izdavač.

Štampa: „Futura“, Petrovaradin

Štampanje odobrio:

Komisija za izdavačku delatnost,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

Tiraž:

20 komada

Mesto i godina štampanja:

Novi Sad, 2017.

PREDGOVOR

Održavanje radne ispravnosti poljoprivredne tehnike je ključni preduslov za realizaciju agrotehničkih operacija u optimalnim rokovima i smanjenja udela mehanizacije u formiranju proizvodne cene poljoprivrednih proizvoda. Savremeni sistem održavanja radne ispravnosti treba da osigura: visoku gotovost, maksimalnu pouzdanost i proizvodnost mašina. Pri racionalnoj organizaciji tehničkog servisa smanjuje se vreme za tehničko održavanje i remont za 8-12 %, povećava se pouzdanost za 20-28 % i povećava se proizvodnost tehničkih sistema za 34-36 %.

Tehnološka eksploatacija mašina, ma kako bila pravilno i pažljivo sprovedena, može da se vrši samo do određenog, ekonomski opravdanog perioda, čija dužina zavisi od fizičkog stanja, tj. istrošenja elemenata maštine i njenog moralnog zastarevanja.

Danas u svetu radi vrlo veliki broj mašina i saobraća vrlo veliki broj vozila za čiju eksploataciju i održavanje se troše ogromne sume novca. Eksploatacija, održavanje i remont takvog mašinskog parka zahtevaju široku mrežu servisno-remontnih preduzeća i znatne zalihe rezervnih delova, koje industrija treba da proizvede, trgovina da plasira, a servisno-remontna preduzeća da skladište i koriste u cilju održavanja i popravke mašina, vozila i motora u toku njihovog životnog veka. Najčešće složenim tehničkim sistemima rukuju posebno obučeni rukovaoci, a održavanje je povereno stručnom osoblju koje postupke održavanja obavlja sistematski.

S druge strane, poljoprivredna mehanizacija spada u vrlo složene tehničke sisteme, ali njih karakteriše izvesna specifičnost u eksploataciji i održavanju, u odnosu na maštine koje se koriste u drugim industrijskim granama. Pre svega, poljoprivrednim mašinama često rukuju nedovoljno stručna lica, što nije slučaj kod, na primer, letilica, alatnih mašina i dr. Specifičnost je takođe i činjenica da je njihovo opsluživanje i održavanje često prepušteno brizi samih vlasnika i njihovoj subjektivnoj proceni o radu i ponašanju u eksploataciji (naročito maštine u privatnoj svojini).

Isto tako, vrlo različiti režimi eksploatacije u pogledu opterećenja i broja obrtaja, različiti klimatski uslovi i područja u kojima se koriste poljoprivredne mašine, tj. različiti uslovi okoline, vrlo različite individualne sposobnosti rukovaoca poljoprivrednih mašina, ukazuju na širok spektar mogućih neispravnosti, kao i posledica koje one mogu prouzrokovati. Sve to čini da su eksploatacija i održavanje poljoprivrednih mašina vrlo složeni i kompleksni procesi čija analiza zahteva pristup sa više različitih aspekata.

Cilj ovog udžbenika je da prikaže organizacione i tehnološke specifičnosti održavanja radne ispravnosti tehničkih sistema koji se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji.

Udžbenik „Remont i održavanje poljoprivredne tehnike“, kao osnovni udžbenik, namenjen je studentima četvrte godine osnovnih akademskih studija smera „Poljoprivredna tehnika“ i „Agroindustrijsko inženjerstvo“ Poljoprivrednog fakulteta

u Novom Sadu, ali i svima onima koji se bave problematikom održavanja radne ispravnosti tehničkih sistema. Autori se zahvaljuju recezentima ove knjige, prof. dr Ivanu Klinaru, prof. dr Lazaru Savinu i doc. dr Dragana Ružiću na korisnim sugestijama, kao i lektoru Andreju Forkapiću.

Takođe, autori se zahvaljuju studentima četvrte godine smera „Poljoprivredna tehnika“ školske 2016/17. godine koji su takođe dali veliki broj sugestija koje su doprinele podizanju kvaliteta ove knjige.

Unapred zahvaljujemo čitaocima i korisnicima ove knjige na svojim dobronamernim primedbama i sugestijama.

Novi Sad, 25.04.2017. god.

Autori

SADRŽAJ

0. UVOD U REMONT I ODRŽAVANJE POLJOPRIVREDNE TEHNIKE	9
0.1. Osnovni pojmovi u oblasti održavanja	12
0.1.1. Poljoprivredna mašina	12
0.1.2. Radna sposobnost mašine	13
0.1.3. Neispravnost poljoprivredne mašine	16
0.1.4. Eksplotaciona pouzdanost mašine	17
0.1.5. Nepouzdanost u radu	18
0.1.6. Istrošenost	18
0.1.7. Zastoj u radu	18
1. POUZDANOST TEHNIČKIH SISTEMA	19
1.1. Teorija pouzdanosti	20
1.2. Struktura sistema	22
1.3. Vremenska slika stanja sistema	27
1.4. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sistema	29
1.5. Pokazatelji pouzdanosti sistema za popravljive proizvode	34
1.6. Sposobnost mašine za održavanje	36
1.7. Raspoloživost mašine	38
2. OBLICI POJAVE KVAROVA I NJIHOVI UZROCI	40
2.1. Analiza tehničkih kvarova	40
2.2. Podela tehničkih kvarova	41
2.3. Uzroci nastanka kvara	43
2.3.1. Uzroci tehničkih kvarova u sferi projektovanja	43
2.3.2. Greške izrade kao uzroci tehničkih kvarova	45
2.3.3. Greške primene i radovi održavanja radne ispravnosti kao uzroci tehničkih kvarova	46
3. HABANJE I KVAROVI	51
3.1. Vrste "normalnih" habanja	51
3.2. Mehaničko habanje	53
3.2.1. Habanje usled trenja klizanja	56
3.2.2. Habanje usled trenja kotrljanja	61
3.2.3. Eroziono habanje	62
3.2.4. Habanje u čvrstoj abrazivnoj sredini	62
3.2.5. Habajuće dejstvo strujajuće tečnosti	65
3.2.6. Habajuće dejstvo različitih materijala	66
3.3. Zamor materijala	67
3.2.5. Habanje usled površinskog zamora materijala	69
3.4. Ispitivanje habanja	70
3.4.1. Metode identifikacije i merenja habanja na osnovu promene mase i dimenzija elemenata	72
3.4.2. Metode identifikacije i merenja habanja preko produkata habanja u mazivu	74
4. KOROZIJA	78
4.1. Oblici korozije	79
4.1.1. Elektrohemisika (galvanska) korozija	80
4.1.2. Eroziona korozija	82
4.1.3. Korozija u džepovima	84
4.1.4. Rupičasta (piting) korozija	84

4.1.5. Ljuspanje ili selektivno luženje (rastvaranje)	86
4.1.6. Međukristalna korozija	86
4.2. Kombinovano dejstvo korozije i naprezanja	87
5. OPRAVKA POLJOPRIVREDNE TEHNIKE	88
5.1. Osnovi tehnologije opravke mašina	88
5.2. Podela sistema opravke poljoprivredne tehnike	91
5.3. Prijem mašine	92
5.4. Pranje delova mašine	93
5.4.1. Pranje vodom	93
5.4.2. Odmašćivanje	94
5.4.3. Odstranjivanje oksidnih slojeva	96
5.5. Defektaža	96
5.5.1. Okularna-vuzuelna defektaža	99
5.5.2. Instrumentalna defektaža	99
5.6. Škartiranje	107
5.7. Opravka delova mašina	107
5.7.1. Opravka osovina i vratila	109
5.7.2. Opravka cilindričnih otvora	114
5.8. Opravka delova motora SUS	117
5.8.1. Delovi za koje je predviđena opravka mašinskom obradom	118
5.8.2. Defektaža delova koji nisu namenjeni za mašinski remont	155
5.9. Montažni radovi	160
5.10. Regeneracija mašinskih delova	166
5.10.1. Metode regeneracije	167
6. TEHNIČKO ODRŽAVANJE	198
6.1. Interval izvođenja tehničkog održavanja	198
6.2. Informacije u sistemu preventive	201
6.3. Dokumentacija u sistemu održavanja	201
6.4. Preventivni pregled, čišćenje i podmazivanje	201
6.5. Zamena filtera i ulja u motoru	209
6.6. Zamena hidraulično-transmisionog ulja	211
6.7. Kontrola nivoa i zamena ulja u prednjem pogonskom mostu i završnom prenosu	212
6.8. Zamena rashladne tečnosti	213
6.9. Održavanje sistema za napajanje motora gorivom	214
6.10. Kontrola akumulatora	215
6.11. Kontrola, čišćenje i podešavanje brizgaljke za gorivo	220
6.11.1. Ispitivanje i proba	221
6.11.2. Oprema za ispitivanje	224
6.11.3. Ispitivanje i podešavanje brizgaljki	225
7. DIJAGNOSTIKA	228
7.1. Uvod	228
7.2. Uticaj dijagnostike na efikasnost tehničke eksploracije	228
7.3. Uticaj dijagnostike na efikasnost tehnološke eksploracije	229
7.4. Strukturni i dijagnostički parametri i simptomi	229
7.5. Metode dijagnostike	232
7.6. Subjektivni postupci dijagnostike	238
7.6.1. Ispitivanje šuma	238
7.6.2. Vizuelno ispitivanje	238
7.7. Objektivni postupci dijagnostike	239
7.7.1. Merenje temperature	239

7.7.2. Merenje broja obrtaja	241
7.7.3. Merenje vibracija	242
7.7.4. Merenje pritiska i protoka	244
7.8. Automatizovani dijagnostički sistem ADS	245
7.9. Pogodnost za dijagnostiku	246
7.10. Algoritam dijagnostike	247
7.11. Metode i parametri dijagnostike određenih sistema motora	247
7.11.1. Spoljašnje brzinske karakteristike motora (snaga, obrtni momet i potrošnja goriva)	250
7.11.2. Dijagnostičke metode i parametri za ocenu stanja klipno-cilindarskog sklopa motora	256
7.12. Integralna dijagnostika sistema za napajanje motora gorivom	277
7.13. Dijagnostika hidrauličnog sistema poljoprivrednih mašina	283
7.14. Dijagnostika elektronskih sistema poljoprivrednih mašina	296
7.14.1. Uvod	296
7.14.2. Električna merenja	296
7.14.3. Električni simboli i šeme	299
7.14.4. Elementi elektronskih sistema savremenih poljoprivrednih mašina	302
8. GORIVO I MAZIVO POLJOPRIVREDNIH MAŠINA	340
8.1. Dizel gorivo	340
8.1.1. Karakteristike dizel goriva	341
8.1.2. Poboljšanje karakteristika goriva aditivima	352
8.2. Maziva	368
8.2.1. Motorno ulje	371
8.2.2. Ulja za podmazivanje menjачa i diferencijala	398
8.2.3. Ulja za transmisione i hidraulične sisteme traktora	399
8.2.4. Univerzalna ulja za traktore	399
8.2.5. Mazine masti	400
8.2.6. Skladištenje maziva, rukovanje i zaštita životne sredine	401
9. PRIPREMA MAŠINA ZA ČUVANJE U VANSEZONSKOM PERIODU	405
9.1 Uvod	405
9.2. Konzervacija pojedinih delova poljoprivrednih mašina	406
9.2.1. Konzervacija motora	406
9.2.2. Konzervacija lanac	408
9.2.3. Konzervacija pogonskog remena	409
9.2.4. Konzervacija hidraulično-transmisionog pogona	409
9.2.5. Konzervacija pneumatika	410
9.2.6. Konzervacija elektroinstalacije	410
9.2.7. Konzervacija drveta	411
9.2.8. Konzervacija prskalica i atomizera	411
9.2.9. Zamena masti	411
9.2.10. Spoljna konzervacija mašina	411
10. OPREMLJENOST REZERVnim DELOVIMA	413
10.1. Uvod	413
10.2. Praćenje utroška rezervnih delova	415
10.3. Problem zaliha rezervnih delova	415
10.4. Mogućnosti utvrđivanja zaliha rezervnih delova	419
10.5. Regeneracija rezervnih delova	419
10.6. Rezervni delovi i profit	420
10.7. Informacioni sistemi u snabdevanju rezervnih delova	423

10.8. Skladištenje rezervnih delova	424
10.9. Skladišna oprema	425
10.10. Zaštita delova pri skladištenju	430
11. FORMIRANJE EKONOMSKOG DVORIŠTA	433
11.1. Ekonomска dvorišta velikih poseda	433
11.1.1. Osnovni elementi ekonomskog dvorišta	433
11.1.2. Objekti za održavanje radne sposobnosti mehanizacije	433
11.1.3. Objekti za čuvanje mehanizacije	445
11.1.4. Objekti za snabdevanje pogonskim gorivom i mazivom	447
11.1.5. Objekti za primarnu preradu i skladištenje	449
11.1.6. Energetski objekti i infrastruktura	450
11.1.7. Administrativno-društveni objekti	451
11.1.8. Objekti za rekreaciju i zelene površine	452
11.1.9. Topografski razmeštaj i međusobna funkcionalna povezanost objekata	453
11.2. Ekonomsko dvorište malog poseda	455
11.3. Primer rekonstrukcije ekonomskog dvorišta	456
11.4. Zaštita na radu	459
12. EVIDENCIJA U MAŠINSKOM PARKU	460
12.1. Zahtev za izvršenje opravke ili pripremu maštine	461
12.2. Defektaciona lista	463
12.3. Magacinska kartica	464
12.4. Karton maštine	464
12.5. Dnevna knjiga izdavanja goriva i maziva	464
12.6. Evidencija potrošnje goriva maštine	465
12.7. Radni nalog za tehničko održavanje i izveštaj	465
12.8. Mesečni izveštaj o radu izvršioca	465
12.9. Mesečni izveštaj o radu traktora-maštine	465
12.10. Mesečni izveštaj potrošnje goriva, tehničkog održavanja i opravke	466
12.11. Godišnji efekat traktora-maštine	466
12.12. Eksplotacioni efekti-radni vek	466
12.13. Izveštaj o izvršenom radu	467
12.14. Nalog magacinu da primi	467
12.15. Nalog magacinu da izda	467
12.16. Porudžbenica	467
13. LITERATURA	468

0. UVOD U REMONT I ODRŽAVANJE POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Vreme početka bavljenja opravkom mašina, poklapa se sa vremenom početka njihove proizvodnje. Opravka kao kategorija je prethodila tehničkom održavanju. U početku razvoja mašina (kada je konstruisana parna mašina), funkcija tehničkog održavanja bila je nepoznata (posebno u smislu preventive). Vremenom se pored „kotlarnice“, koja je bila sastavni deo proizvodnog pogona, razvijala mehaničarska radionica. Radnici iz mehaničarskih radionica intervenisali su na poziv radnika iz proizvodnih odeljenja. Za opravku su primenjivane zanatske metode slične tehnološkim postupcima primjenjenim u proizvodnji mašina. Održavanje se vršilo nakon stupanja mašina u stanje u otkazu, što je podrazumevalo da mašina radi do pojave kvara koji ju je zaustavio (tzv. „reakтивно održavanje“¹). Ovakav pristup u održavanju je veoma skup, što je posledica visokih troškova nastalih zbog nepredviđenog stajanja mašine. Sličan je razvoj opravke i u domenu poljoprivrednih mašina, s obzirom da se početak primene mehanizacije na poljima vezuje, takođe, za pojavu parne mašine.

Ideja o preventivnom održavanju² industrijskih postrojenja potiče iz SAD i u posleratnom periodu se prenosi u Evropu. U početku je sistem preventivnog održavanja shvaćen kao potreba za generalnom revizijom mašina uz demontažu, pre pojave kvara, uz izmenu svih „sumnjivih“ delova. U drugoj fazi preventivno održavanje prerasta u sistem koji objedinjuje sve aktivnosti (planira ih, koordinira i vrši kontrolu tehničke i ekonomске efikasnosti) -tzv. „plansko-preventivno održavanje“.

U novije vreme se rađa nova politika održavanja nazvana „treća generacija“, gde su intervencije tehničkog održavanja definisane stanjem radne ispravnosti i pouzdanosti određenog sistema ili pak mašine u celini (tzv. „održavanje po stanju“ ili „prediktivno održavanje“) koje podrazumeva aktivno uključivanje dijagnostike. Osnovna prednost ovakvog sistema održavanja je veća pogonska spremnost mašine, zbog veće pouzdanosti opreme. Naime, vremenski trend razvoja otkaza kod mašine moguće je pratiti i na osnovu toga planirati održavanje.

Savremeni pristupi održavanju doveli su do saznanja da više nije dovoljno imati samo informaciju da će se neki događaj dogoditi nego je potrebno preduzeti mere da se smanji rizik od nastanka štetnih događaja analizom uzroka nastanka osnovnog kvara. Ovakav sistem održavanja naziva se „proaktivno održavanje“. Dosadašnja iskustva su pokazala da prelaskom sa preventivnog na proaktivno održavanje, troškovi održavanja se mogu smanjiti do 40%, uz značajno povećanje tehničke raspoloživosti mašine (sl. 0.1.).

Uobičajeno je da se pod održavanjem podrazumeva skup najraznovrsnijih postupaka

¹ U literaturi se još naziva i „rad do otkaza“, „krizno održavanje“ ili „histerično održavanje“

² U literaturi se naziva još i „istorijsko održavanje“

koji se primjenjuju radi: odlaganja (ili potpunog sprečavanja) nastanka kvara („Otkaza“) tehničkog sistema, ili vraćanja sistema iz stanja „u otkazu“ u stanje „u radu“.

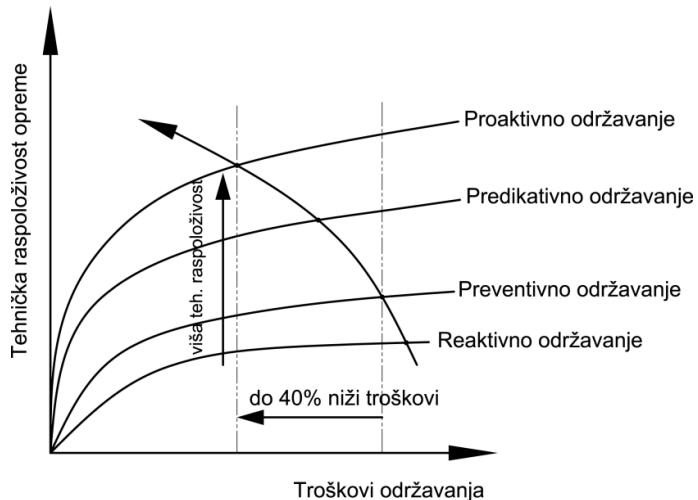
Elektronika se sve više koristi u održavanju, a naročito u oblasti dijagnostike. Samim tim, održavanje poljoprivrednih mašina postaje sve složenije, zahtevajući primenu savremenih metoda, komplikovanje opreme i obučenijih radnika u održavanju.

Dobro obučen rukovalac i održavalac mora da ovlada informacionom tehnologijom mašine da bi bio u mogućnosti da pravovremeno i pravilno deluje. Poruka o nastalim neispravnostima (poremećaju u radu) šalju se rukovaocu u vidu svetlosnih, zvučnih ili kodiranih signala (kodnih brojeva). Shodno tome, tehnologije održavanja više se ne mogu posmatrati samo kao izraz dobrog poznavanja određenog zanata. One predstavljaju savremenu naučnu disciplinu u kojoj se praktično primjenjuju znanja i dostignuća iz srodnih širih naučnih disciplina, a posebno teorije održavanja.

Iskusni radnici u održavanju (bez obzira da li se radi o mehaničarima ili inženjerima), pored pisanih uputstava, imaju potrebu da koriste i sopstvenu intuiciju, odnosno da pristupe heuristički³ rešavanju konkretnih problema. Uz to, od posebnog značaja je spoznaja o tome kako sistem funkcioniše. Sve ovo rezultira potrebom da se formira nova „baza znanja“, koja se oslanja na proučavanje i istraživanje problema koji se rešava, posmatranje događaja vezanih za problem i dugogodišnje iskustvo.

Inženjer održavanja treba da se bavi sledećim elementima održavanja:

- Upoznavanje i razumevanje načina funkcionisanja sistema i njegovog odnosa prema okruženju,
- Intuitivno procenjivanje i prognoziranje ponašanja sistema u slučaju otkaza nekog od njegovih delova,



Sl. 0.1. Tehnička raspoloživost opreme u funkciji troškova za različite vrste održavanja (Jereminov J., 2011)

Sl. 0.1. Tehnička raspoloživost opreme u funkciji troškova za različite vrste održavanja (Jereminov J., 2011)

³ Heuristički - grčki- nađem, pronađem- analitički metod, koji vodi pronalaženju naučnih istina

- Razumevanje odnosa između otkaza sistema i otkaza elementa koji ga sačinjavaju, ili veza između tih elemenata, a koji bi mogli da budu uzrok određenog otkaza,
- Upoznavanje i prihvatanje propisanih postupaka održavanja i pisanih uputstava u vezi sa održavanjem.

Suština problema jeste u tome da jedan ekspert nikada ne rešava problem primenom metoda slučajnog izbora mogućih alternativa, već postavljajući problem na strukturalnoj osnovi. Ovo znači da se, na bazi simptoma, postavljaju hipoteze o problemu i mogućim rešenjima. Zatim se traže dokazi za potvrdu postavljenih hipoteza, a onda se predlažu i praktično proveravaju moguća rešenja.

NAPOMENA:

Pojedini autori su probali da daju definicije tehničkog održavanja. U nastavku se daju neke od njih:

Andrić (1980), definišući radove tehničkog održavanja kao: „skup svih mera koje se preduzimaju u svrhu proveravanja ispravnosti, održavanja u ispravnom stanju ili ponovnog dovođenja u ispravno stanje“ raščlanjuje održavanje na:

1. Preventivno održavanje

- Nega
- Provera ispravnosti tehničkog stanja
- Preventivne opravke

2. Tekuće i generalne opravke

- Tekuće opravke
- Generalne (velike) opravke

Klinar (2005) neispravnost tehničkih sistema posmatra sa aspekta vrste i karaktera nastalih neispravnosti i mogućnosti njihovog otklanjanja. Autor klasificuje neispravnosti prema načinu manifestacije na:

1. otkaze i
2. poremećaje,

a prema načinu otklanjanja na one koje se otklanjaju zamenom, podešavanjem, čišćenjem ili su prolaznog karaktera.

Babusenko (1981) aktivnosti na održavanju radne ispravnosti mehanizacije deli na:

- svakodnevno ili smensko tehničko održavanje,
- periodično tehničko održavanje (TO-1, TO-2 i TO-3),
- sezonsko održavanje,
- tehnička smotra,
- tekući remont i
- kapitalni remont.

Stanivuković (1986) i Počuća (1982) održavanje definišu kao kombinaciju svih tehničkih i odgovarajućih administrativnih postupaka namenjenih da se element zadrži ili vrati u stanje u kome može da vrši projektovanu funkciju.

Stanivuković (1986), takođe održavanje deli na planirano i neplanirano, navodeći da je planirano održavanje organizovano i sprovedeno s predumišljajem uz kontrolu i dokumentaciju prema napred određenom planu. Planirano održavanje se deli na preventivno (sprovedeno prema prethodno utvrđenim intervalima sa ciljem da se umanji verovatnoća pojave otkaza ili umanjenja učinka elemenata) i održavanje po stanju (podstaknuto saznanjem o stanju nekog elementa na osnovu periodičnog ili permanentnog posmatranja).

Beljski (1986) u zavisnosti od doba godine, tehničko održavanje deli na:

- zimsko tehničko održavanje i
- letnje tehničko održavanje,

pri čemu ne predviđa da se poljoprivredna mehanizacija koristi u toku zimskog perioda kada temperatura padne ispod $+5^{\circ}\text{C}$.

Majstorović (1984) navodi da je organizovanjem tehničkog održavanja potrebno dati odgovor na četiri osnovna pitanja:

- Šta se održava?
- Kada se održava?
- Kako se održava?
- Koliko je efikasan sistem održavanja?

0.1. OSNOVNI POJMOVI U OBLASTI ODRŽAVANJA

U cilju lakšeg praćenja gradiva iz predmeta Remont i održavanje poljoprivredne tehnike, a kako bi se eliminisale eventualne zabune, najpre će se definisati neki osnovni pojmovi.

0.1.1. POLJOPRIVREDNA MAŠINA

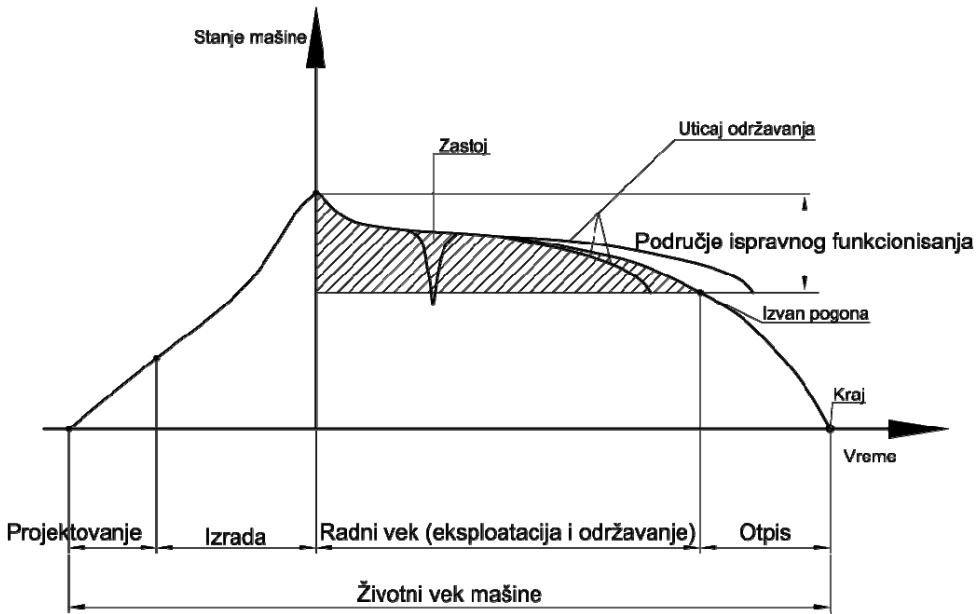
Poljoprivredna mašina predstavlja proizvodno sredstvo. Ona se „rađa“ i „umire“ (projektuje i škartira). Između ove dve krajnje granice njenog postojanja, mogu se uočiti faze u kojima se obavljaju različite aktivnosti. Ove aktivnosti realizuju stručnjaci različitih profila (izrada konceptualnog i idejnog rešenja, razvoj i projektovanje, proizvodnja i puštanje u rad, korištenje, održavanje i rashodovanje).

Tokom životnog veka, poljoprivredna mašina se eksplloatiše (koristi), i to u okviru tehnološke i tehničke eksplatacije.

Tehnološka eksplatacija maštine predstavlja aktivnost maštine u okviru operacija za koje je projektovana. Tehnička eksplatacija predstavlja „nužno zlo“.

Ona podrazumeva aktivnosti koje se sprovode sa ciljem održavanja maštine u ispravnom stanju ili prevođenja iz stanja „u otkazu“ u stanje „u radu“.

Nakon završene eksplatacije sledi, neminovno, rashodovanje (škartiranje), kao posledica tehnološke ili tehničke zastarelosti. Takođe, rashodovanje maštine je rezultat nemogućnosti njenog ekonomski opravdanog daljeg održavanja u stanju radne ispravnosti.



Sl. 0.2. Životni vek mašine (Čala I., 2015)

0.1.2. RADNA SPOSOBNOST MAŠINE

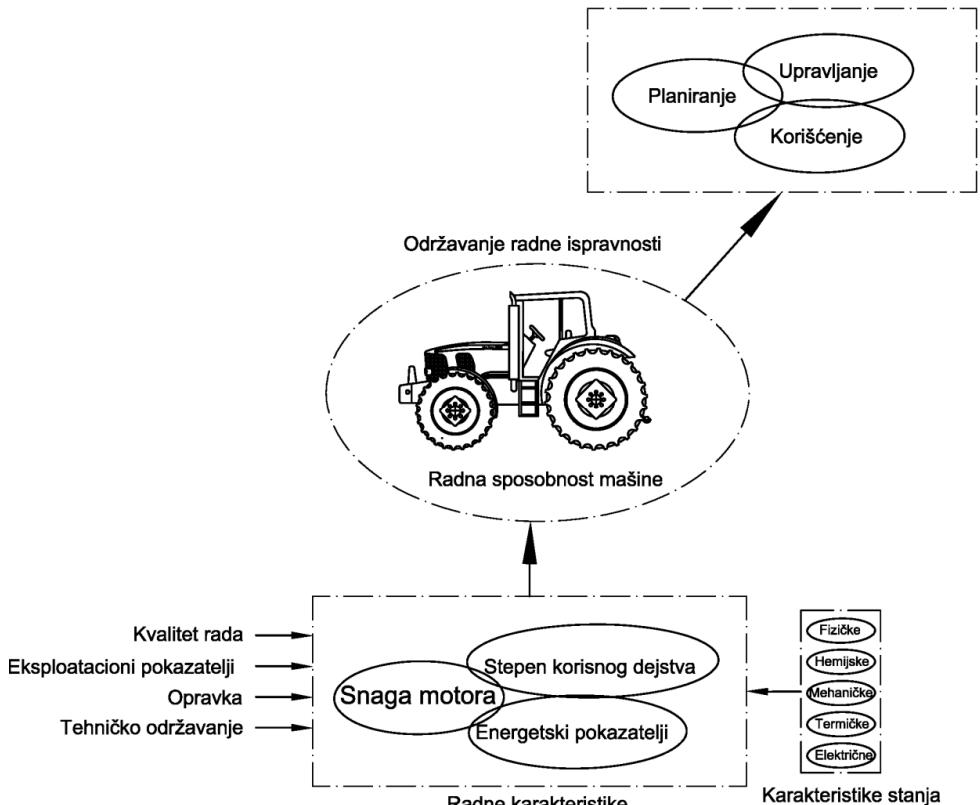
Radna sposobnost je tehničko stanje mašine u kome je ona sposobna da izvrši određeni rad shodno podacima datim u tehničkoj dokumentaciji. Definisanje radne sposobnosti mašine predstavlja jedan od najvažnijih zadataka u okviru aktivnosti održavanja radne ispravnosti. Poznavanje radne sposobnosti mašine predstavlja osnovni pokazatelj tokom planiranja, upravljanja i korišćenja raspoloživih tehničkih sredstava.

Radna sposobnost mašine se obično ocenjuje na osnovu njenih radnih karakteristika (npr. snaga motora, stepen korisnog dejstva ...), kao i niza pokazatelja koji ukazuju na kvalitet rada (npr. kod kombajna rastur zrna, procenat polomljenog zrna i sl.), eksploataciju (eksploatacioni učinak, časovna potrošnja goriva, koeficijent iskorišćenja radnog vremena...), održavanje radne ispravnosti (opravka i tehničko održavanje).

Radnu sposobnost mašine (navedene karakteristike) određuje veliki broj različitih karakteristika stanja koji su u složenoj međusobnoj zavisnosti. Ove karakteristike stanja se sastoje od pokazatelja koji karakterišu fizičke, hemijske, mehaničke, termičke i električne osobine mašina, odnosno delova i sklopova od kojih se sastoji mašina. Najvažnije od pomenutih osobina su:

- dimenzija, oblik, ugao, površina, zapremina, masa, gustina, brzina, ubrzanje, frekvencija rotacije, inercija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog dejstva i stabilnost,

- sila (istezanje, pritisak, uvijanje, smicanje), mehanička čvrstoća, modul elastičnosti, koeficijent trenja, aero i hidrodinamičke karakteristike,
- specifična toplota, toplotna provodljivost, temperatura, količina topline, toplotna dilatacija, sastav konstruktivnog materijala, legure.

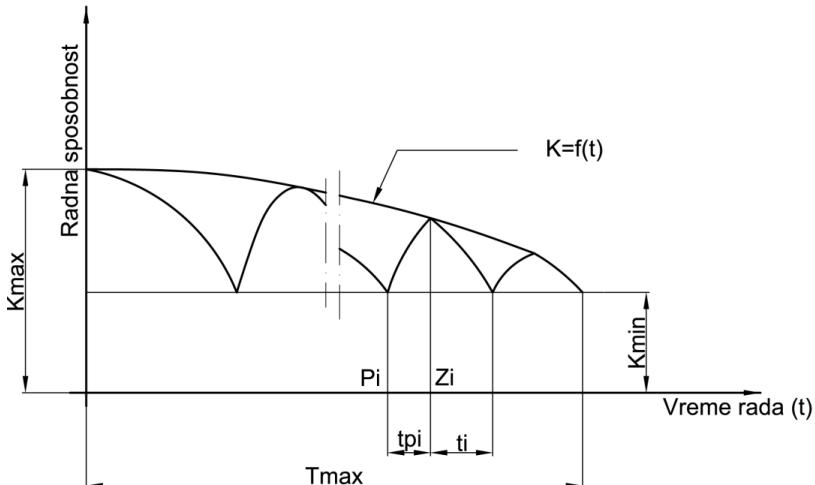


Sl. 0.3. Radna sposobnost maštine

Da bi se, u bilo kom momentu, mogla utvrditi stvarna radna sposobnost maštine, neophodno je poznavanje prethodno utvrđenih vrednosti pokazatelja stanja ili osobina. Međutim, zbog velikog broja pokazatelja karakteristika stanja i njihove složenosti, nemoguće je dati numeričke vrednosti svim pojedinačnim osobinama. Zbog toga se za određivanje karakteristika stanja radne sposobnosti poljoprivrednih maština uvodi sumarna karakteristika stanja, odnosno sumarni pokazateљ promene stanja.

Dijagram (sl. 0.4.) prikazuje promenu stanja radne ispravnosti maštine u toku eksploatacije kao i uticaj održavanja radne ispravnosti na ove promene.

Sa dijagraoma se uočava da tokom rada mašina gubi svoju radnu sposobnost od maksimalne vrednosti (na početku eksploatacionog veka). Kada radna sposobnost dostigne svoju kritičnu vrednost (k_{min}), neophodno ju je vratiti na početni nivo. Ovo se ostvaruje akcijama sprovedenim u okviru sistema održavanja radne ispravnosti.



Sl. 0.4. Dijagram promene pokazatelja stanja radne ispravnosti (Todosijević M.)

K_{max} - Početna radna sposobnost , K_{min} - Minimalna radna sposobnost , $K = f(t)$

Kriva promene radne sposobnosti u toku eksplotacije , P_i - Vreme početka planske opravke , Z_i - Vreme završetka planske opravke , T_{max} - Radni vek , t_{pi} - Vreme trajanja planske opravke , t_i - Vreme rada maštine između dve uzastopne planske opravke

Pri ovome se mora uzeti u obzir činjenica da je nemoguće stopostotno vratiti početnu radnu sposobnost (k_{max}) maštine, kao i da se posle više uzastopnih opravki maštini ne može vratiti radna sposobnost (k_{min}) pa se mašina potpuno isključuje iz procesa eksplotacije – rashoduje se (T_{max}).

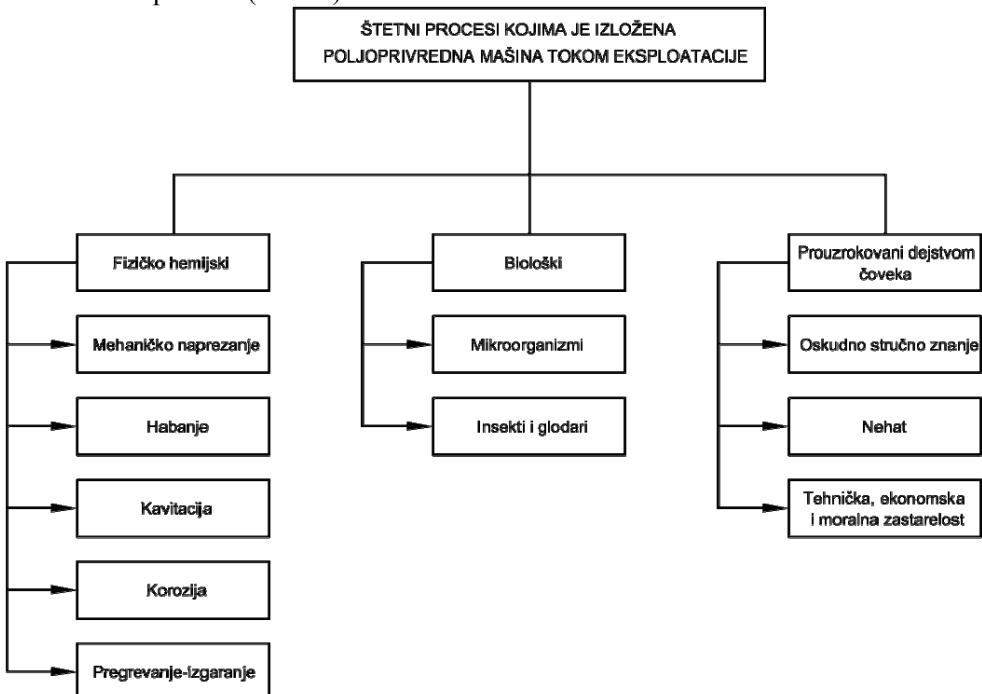
NAPOMENA

Povećanje vrednosti pokazatelja stanja radne ispravnosti, koja nastaje prilikom opravke ili osveženja, posledica je primene nekog tehnološkog postupka kojim se dostiže (realizuje) stanje blisko onom koje je nastalo prilikom izrade maštine.

Karakteristike stanja koje reprezentuju radnu sposobnost maštine, kao i iz njih formirani sumarni pokazatelji promene stanja, stvaraju se u procesu projektovanja i proizvodnje maština. Za veliku većinu ovih pokazatelja karakteristično je da u periodu nakon proizvodnje, u fazama prodaje, kao i fazama primene (eksploatacije) pretrpe značajne promene. U fazama uhodavanja, održavanja radne ispravnosti i osvežavanja, vrednosti pokazatelja promene stanja se popravljaju, dok se u fazama eksplotacije i skladištenja isti po pravilu pogoršavaju. Druga specifičnost je da se promeni radne ispravnosti može pridodati takva vrednost po čijem se dostizanju deo ili konkretna mašina dovodi do kraja eksplotacije odnosno škartiranja (na primeru brega bregastog vratila ili letve bubnja kombajna se uočava granična vrednost u vidu minimalne visine brega koja određuje momenat prestanka eksplotacije, odnosno potrebu za osvežavanjem ili škartiranjem).

Promena stanja radne ispravnosti koja dovodi do smanjenja radne sposobnosti poljoprivrednih maština (i tehničkih sistema uopšte) prouzrokovano je dejstvom

različitih mehaničkih, fizičkih, hemijskih, bioloških ili od čoveka prouzrokovanih destruktivnih procesa (sl. 0.5.).



Sl. 0.5. Štetni procesi kojima je izložena poljoprivredna mašina tokom eksplatacije

0.1.3. NEISPRAVNOST POLJOPRIVREDNE MAŠINE

Neispravnost poljoprivredne mašine (tehničkog sistema uopšte) se definiše kao odstupanje karakteristika radne sposobnosti mašine od „normalnih“ vrednosti. Osnovni uzrok svake neispravnosti mašine, mehanizma ili sklopa leži u promenama nastalim u radnim karakteristikama delova.

Važno je napomenuti neophodnost razlikovanja pojma neispravnosti od sličnih pojmova kao što su: zastoj u radu, habanje, tehnička nepouzdanost, oštećenje i sl.

PRIMER

U toku rada valjci pogonskog lanca i njihove osovine pod uticajem habanja smanjuju svoje geometrijske mere. Dejstvo mehaničkog habanja pojačava i površinska korozija koja dejstvuje usled nedostatka podmazivanja ili pod uticajem stvorenih masnih kiselina.

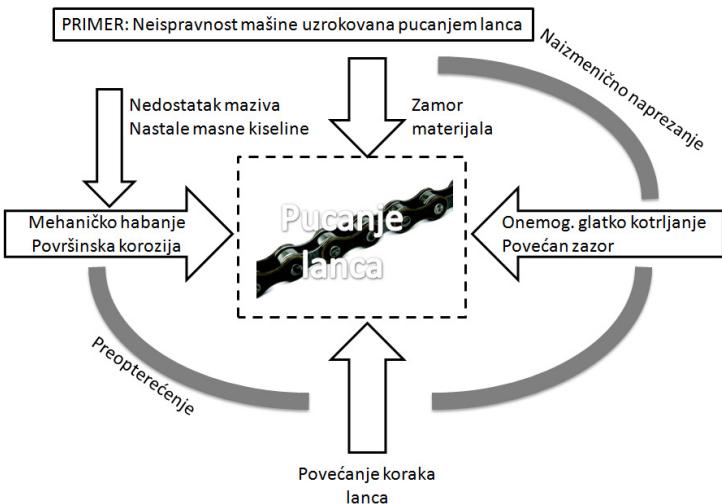
Zbog pohabanosti

valjaka lanca i njihovih osovinica povećava se korak, te lanac kao celina povećava svoju ukupnu dužinu. Nepravilan hod lanca izaziva naprezanje te se jedan broj članaka deformiše. Naizmenično naprezanje izaziva zamor materijala članaka na kojima se kao posledica pojavljuju inicijalne pukotine koje prerastaju u lom. Lanac se prekida i mašina postaje neispravna.

Vrednujući neispravnost na osnovu iznetog primera moguće je doći do sledećih zaključaka :

- u toku posmatranog procesa nastali su različiti tehnički kvarovi (habanje, izduženje, deformacije, pukotine i lom),
- kvarovi uzajamno deluju jedan na drugog, ali zastoj u radu je nastao samo kao posledica jednog kvara (loma).

Iz datog primera je bitno zaključiti da neispravnost nije istovetan pojам sa tehničkim kvarom (kvar može nastati i u procesu proizvodnje ili u toku izvođenja generalne opravke). Dakle, **neispravnost mašine nastala je kao posledica tehničkog kvara⁴.**



Sl. 0.6. Primer neispravnosti mašine uzrokovana pucanjem lanca

0.1.4. EKSPLOATACIONA POUZDANOST MAŠINE

Eksplotaciona pouzdanost izražava verovatnoću funkcionisanja neke mašine ili uređaja, odnosno verovatnoću da će ona ili njeni sistemi i agregati nesmetano ispunjavati svoju funkciju po unapred određenom zahtevu, u određenom vremenskom periodu.

⁴ Kvar-svaki lom, deformacija, istrošenje, začepljenje, pregorevanje elektromotora...

Ovaj se pojam može ilustrovati primerom probe startovanja motora traktora. Ukoliko od 100 pokušaja uspe 90 startovanja može se govoriti o 90 % pouzdanosti. Analogno tome sklonost ka neispravnosti iznosi 10 %.

0.1.5. NEPOUZDANOST U RADU

Nepouzdanost u radu predstavlja verovatnoću da deo mašine, sklop ili agregat ili pak cela mašina u određenim radnim uslovima u datom vremenskom intervalu neće obavljati svoju funkciju na željeni unapred predviđeni način.

0.1.6. ISTROŠENOST

Pod istrošenošću se podrazumeva takav proces u toku kojeg deo, sklop, agregat ili cela mašina pod uticajem spoljnih dejstava ostaje potpuno neupotrebljiv.

Tokom kretanja vozila, usled trenja između pneumatika i podloge (npr. asfalta) dolazi do trošenja (habanja) gazećeg sloja. Pokazatelji granične istrošenosti pneumatika vozila su male izbočine na dnu brazda ili profila gazećeg sloja. Kada visina preostale gume dođe u ravninu s tim izbočenjem, odnosno dosegne 1,6 mm, pneumatik je dosegao svoje zakonom propisano ograničenje upotrebe i mora se zameniti.



Sl. 0.7. Indikator istrošenosti pneumatika

0.1.7. ZASTOJ U RADU

Zastoj u radu predstavlja takvo prelazno ili konačno stanje koje daljnje funkcionisanje dela, sklopa, mehanizma ili cele mašine delimično sprečava ili konačno prekida. Osnovni cilj održavanja radne ispravnosti jeste sprečavanje nastanka neplaniranih zastoja u radu.

1. | POUZDANOST TEHNIČKIH SISTEMA

Teorija pouzdanosti je nauka koja se bavi izučavanjem zakonitosti pojava otkaza¹ tehničkih sistema i njihovih sastavnih elemenata². Ova definicija ima najveći značaj, a pojma pouzdanosti može najlakše i sa praktičnog stanovišta najpotpunije da se shvati kao svojstvo sistema da radi bez otkaza u određenim uslovima (režim rada i okolina) i u određenom periodu vremena.

Pouzdanost tehničkog sistema je utoliko veća ukoliko je verovatnoća pojave otkaza manja. Pod pojmom otkaza treba podrazumevati događaj posle čije pojave element ili sistem više ne radi u granicama dozvoljenih odstupanja, tj. ne vrši uspešno postavljene funkcije kriterijuma u vremenu i u datim uslovima okoline. Posle pojave otkaza nastupa stanje sistema „u otkazu“. Da bi se ovo stanje sistema prevelo u stanje „u radu“ potrebno je otkloniti kvar, tj. defekt u sistemu. Ovo se može izvesti zamenom elemenata, podešavanjem, podmazivanjem i sl.

INTERESANTNO

Koliko je pojma pouzdanosti star, jasno govori rečenica koja je pronađena na glinenoj pločici u arhivama firme „Sinovi Murasu“ u Indiji, a koja datira iz 429. godine pre nove ere: „Što se tiče zlatnog prstena sa smaragdom, mi garantujemo da sledećih dvadeset godina smaragd neće ispasti iz zlatnog prstena. Ako bi smaragd ispašao iz zlatnog prstena pre nego što prođe dvadeset godina, mi ćemo isplatiti Bel-Nadimu-Shumu odštetu od deset mana u srebru“.

(izvor: http://www.rgf.rs/predmet/RO/VII%20semestar/Eksploracija%20i%20održavanje%20gasovodnih%20sistema/Predavanja/EiOGasS_5.pdf)

Optimalna pouzdanost bilo kog tehničkog sistema može se postići:

- Obezbeđivanjem struktura sistema „otpornih“ na pojavu stanja „u otkazu“,
- Otklanjanjem kritičnih (slabih) mesta³,
- Optimizacijom režima rada,

¹ Otkaz - prestanak mogućnosti da jedinka (deo, element, podsistem, funkcionalna jedinica, uredaj ili sistem koji se može posebno posmatrati) obavlja zahtevanu funkciju. Ovo se dešava kada bilo koja od vitalnih karakteristika (performansi) izade iz specificiranog domena koji se nalazi između minimalne i maksimalne dozvoljene vrednosti te karakteristike. „Otkaz“ je događaj, za razliku od „neispravnosti“ koja predstavlja stanje. (Brkić D.M. 2007.)

² Podela na sisteme i elemente je uslovnog karaktera, jer zavisi od postavke zadataka i ciljeva istraživanja. Tako se na primer motor traktora može smatrati sistemom koji se sastoji od bloka, klipova, cilindara, ventila i slično, ali i kao element složenog sistema-traktora. Dalje, traktor je element mašinsko-traktorskog parka. Prema tome, pod elementom se podrazumeva ne samo nerazloživi deo sistema, nego i proizvodno ustrojstvo čija se pouzdanost proučava nezavisno od proizvodnosti njegovih sastavnih delova (Lazić, 1983).

³ Kritična (slaba) mesta su elementi ili sklopovi čija je učestalost kvarova veća od uobičajene.

- Obezbeđivanjem kvalitetne nege sistema u procesu rada,
- Racionalizacijom postupaka otklanjanja stanja u otkazu.

Pouzdanost sistema moguće je povećati ukoliko se sagledaju ključni faktori koji utiču na pouzdanost, ovlada se njima, te se na osnovu toga ojačaju organizacioni i materijalni potencijali. Neosporno je, takođe, da pozitivnog uticaja imaju faktori organizacionog karaktera, kao što su:

- pravilno rukovanje,
- „normalna“ eksploatacija i
- „normalno“ održavanje.

Analiza pouzdanosti podrazumeva permanentno analiziranje otkaza tehničkih sistema i njegovih sastavnih elemenata, kao i svih činilaca koji na određeni način utiču na njihovu pojavu. Primenom teorije verovatnoće, odnosno statističke matematike i drugih srodnih matematičkih disciplina mogu se odrediti kvantitativne karakteristike pouzdanosti⁴.

U cilju kvantitativnog određivanja karakteristika pouzdanosti elemenata sistema ili celokupnog sistema, neophodno je:

- definisati uslove ispitivanja (u kojima sistem treba normalno da funkcioniše);
- odrediti parametre koji se posmatraju (mere);
- definisati otkaz;
- odrediti obim uzorka (broj elemenata);
- odrediti način uzorkovanja;
- definisati slučajne veličine (broj otkaza, vreme do otkaza);
- definisati plan ispitivanja prema konkretnom tipu ispitanih uzorka;
- utvrditi vreme trajanja ispitivanja;
- odrediti funkciju raspodele (zakon i parametre);
- izračunati i grafički prikazati karakteristike pouzdanosti (funkciju pouzdanosti, srednje vreme u radu do prvog otkaza, odnosno srednje vreme izmedju otkaza).

Da bi se to ostvarilo na najbolji način, potrebno je da uzorak bude homogen, tj. da su svi elementi istog tipa, proizvedeni pod istim uslovima (iz iste serije), a ispitivanja da se sprovode u istim uslovima.

1.1. TEORIJA POUZDANOSTI

Napred je već navedeno da se teorija pouzdanosti bavi izučavanjem zakonitosti pojave

⁴ Za obezbeđenje dovoljnog broja potrebnih podataka za određivanje karakteristika pouzdanosti, neophodno je postojanje odgovarajućeg informacionog sistema za prikupljanje i obradu podataka, sa odgovarajućim dokumentima, definisanim tokovima dokumenata i softverskom podrškom. Informacioni sistem neophodno je projektovati sa stanovišta Teorije pouzdanosti, bez obzira da li se radi o ispitivanjima koja se sprovode u eksploataciji, laboratoriji ili na poligonu (odnosno da li su informacije potrebne proizvođaču ili korisniku tehničkog sistema).

otkaza tehničkih sistema, pri čemu pouzdanost treba shvatiti kao verovatnoću da sistem ili neki njegov elemenat funkcioniše bez otkaza u određenom vremenu i u određenim uslovima okoline.

Među najvažnijim obeležjima pouzdanosti tehničkih sistema nalaze se:

- **ISPRAVNOST** (da nije u kvaru, da je sposoban za rad a što se ocenjuje verovatnoćom da će se u datom trenutku sistem nalaziti u ispravnom stanju).
- **POPRAVLJIVOST** (da je sposoban za održavanje, odnosno da je popravljiv i podoban za opravku, a što se ocenjuje verovatnoćom da će se posmatrani sistem dovesti iz neispravnog u ispravno stanje za određeno vreme - vreme predviđeno za opravku).
- **TRAJNOST** (da je vremenski duže upotrebljiv, odnosno sposoban za trajnu upotrebu u toku životnog veka, a što se ocenjuje verovatnoćom da će sistem trajati onoliko dugo koliko je predviđeno).

Za pouzdanost tehničkih sistema presudnu ulogu mogu imati radni uslovi u kojima se sistem eksploratiše. To su oni uslovi u kojima će sistem konkretno raditi a koji mogu često da odstupaju od predviđenih (na primer: vlažnost vazduha, temperatura, prašina, atmosferski uslovi...). Ovo je posebno izraženo kod poljoprivrednih mašina. Naime, u odnosu na uslove rada u drugim delatnostima, uslovi rada poljoprivrednih mašina i agregata su vrlo nepovoljni. Opterećenja su dugotrajna, promenljiva, temperaturni uslovi su često vrlo nepovoljni, a količina prašine u vazduhu je velika.

Teško je zamisliti realnu opremu koja pored dobrih ne bi imala i neku lošu stranu. Postojanje loših strana dolazi najčešće otuda što se teško mogu poklopiti pretpostavljeni uslovi (za koje se mašina projektuje) sa realnim uslovima tokom eksploracije. Upravo iz tih razloga nastaje pojava slabih mesta na kojima se javljaju učestali kvarovi. Da bi se slaba mesta prepoznala neophodno je:

- praćenje uslova u kojima mašina radi,
- upoređenje stvarnih uslova sa projektovanim,
- sistematsko praćenje svakog dela opreme,
- praćenje rezultata rada pri različitim uslovima,
- stručna obrada utvrđenih činjenica,
- otklanjanje uočenih slabih mesta,
- registrovanje iskustava i njihova sistematizacija i
- sugestije budućim korisnicima (u smislu praćenja ponašanja maštine).

Ocenjivanje pouzdanosti tehničkih sistema predstavlja poseban problem. Da bi se on uspešno rešio potrebno je doći do kvantitativnih podataka pomoću kojih bi se izrazila slika o ispravnosti (bezotkaznosti) sistema, sposobnosti za njegovo održavanje, kao i o trajnosti sistema. Do kvantitativnih podataka o pouzdanosti sistema se može doći na osnovu:

- proračuna,
- laboratorijskih ispitivanja i
- ispitivanjem sistema u eksploraciji.

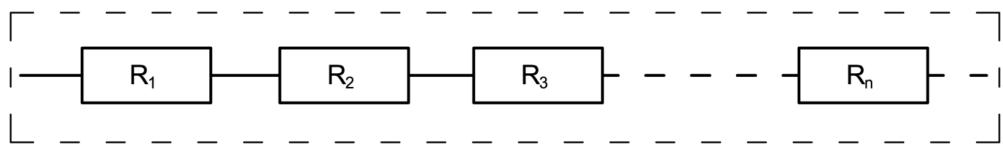
Proračunski način utvrđivanja pouzdanosti tehničkih sistema baziran je na poznavanju pouzdanosti elemenata, čvorova, uređaja i predviđenih režima rada. Ovaj način određivanja pouzdanosti se primenjuje kod projektovanja novih mašina, odnosno sistema. U okviru **laboratorijskog utvrđivanja** pouzdanosti postoje normalne i ubrzane statističke i dinamičke metode. Ova ispitivanja moguće je izvršiti u normalnim i posebnim režimima rada. **Eksploraciono utvrđivanje** pouzdanosti elementa sistema vrši se na bazi prikupljanja podataka u toku eksploracije elemenata, uređaja i mašina. U tom cilju prati se N mašina istog tipa i kategorije od početka njihovog uključivanja u eksploraciju do želenog perioda (obično do otpisa). Da bi se dobili odgovarajući i tačni podaci potrebno je precizno ustrojiti metodiku prikupljanja podataka i za taj posao izabrati kvalifikovane i odgovorne evidentičare.

1.2. STRUKTURA SISTEMA

Da bi se na bazi pouzdanosti svakog pojedinačnog elementa utvrdila pouzdanost tehničkog sistema neophodno je poznavati način njihovog povezivanja. U osnovi način povezivanja elemenata u sistemu može biti redno (serijsko), paralelno, kvazi paralelno i kombinovano.

Redna veza elemenata

Funkcionisanje sistema sa rednom vezom (sl. 1.1) uslovljeno je sa radom, odnosno ispravnošću svih njegovih elemenata. Ovo znači da u slučaju neispravnosti bilo kog elementa u sistemu ceo sistem stupa u stanje u otkazu.



Sl.1.1. Funkcionalna šema rednog vezivanja elemenata u sistemu

Polazeći od toga da je neispravnost svakog elementa slučajan događaj, pouzdanost sistema je prema teoremi o složenoj verovatnoći jednaka:

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_n = \prod_{i=1}^n (1 - F_i) = \prod_{i=1}^n R_i \quad \dots(1.1)$$

Ako je pouzdanost svih elemenata međusobno jednak (R_i=R) tada je:

$$R_s = (1 - F_i)^n = R^n \quad \dots(1.2)$$

gde je:

n–broj elemenata u spoju

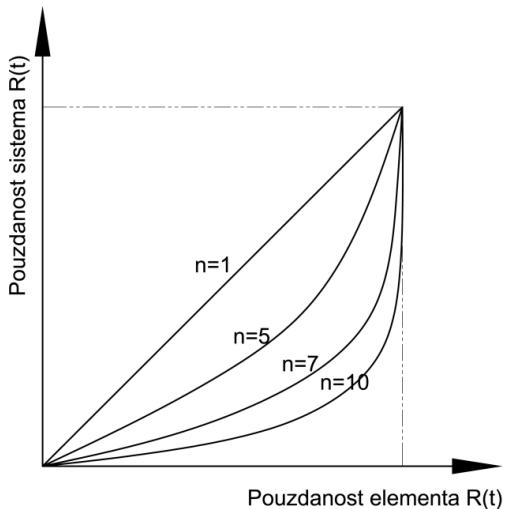
R_i–pouzdanost pojedinog elementa

F_i–nepouzdanost pojedinog elementa

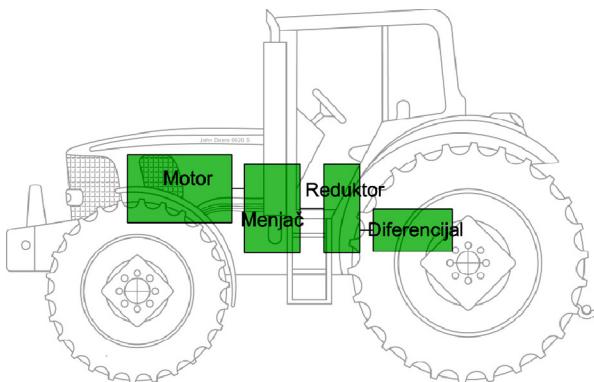
Povećanjem složenosti sistema, ugradnjom većeg broja elemenata u rednu vezu smanjuje se ukupna pouzdanost sistema. Realni sistemi se uglavnom grade od

elemenata međusobno povezanih u rednu vezu. Na slici 1.2., prikazana je pouzdanost sistema sačinjenog od različitog broja elemenata, povezanih u rednu vezu. Pouzdanost sistema data je u funkciji promene pouzdanosti pojedinih elemenata sistema⁵.

Posmatrajući traktor kao jedan složen sistem sastavljen od pojedinačnih komponenti (motor, menjac, reduktor, diferencijal, hodni sistem), neispravnost bilo kog od navedenih elemenata sistema (povezanih u rednu vezu) za posledicu ima da ceo traktor stupa u stanje u otkazu (sl. 1.3.).



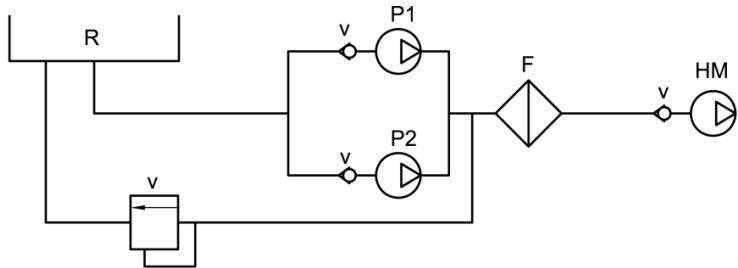
Sl. 1.2. Pouzdanost sistema sačinjenog od različitog broja elemenata povezanih u rednu vezu



Sl. 1.3. Redna vezu pojedinih elemenata sistema poljoprivrednog traktora

Takođe, redna veza elemenata može se prikazati na primeru kada se hidromotor (potreban protok ulja 2000 l/h) napaja sa dve hidraulične pumpe od po 1000 l/h (sl. 1.4.). U slučaju pojave stanja u otkazu bilo koje od dve pumpe (P1 i P2) celokupan sistem stupa u stanje u otkazu.

⁵ Pojedini elementi sistema imaju različitu promenu pouzdanosti tokom vremena. Tehnički sistemi građeni su često od velikog broja elemenata kojima eksploraciona pouzdanost se skoro uopšte ne menja tokom vremena



Sl. 1.4. Hidraulična šema pogona hidromotora sa dve pumpe u rednoj vezi
R-rezervoar, v-ventil, P1 i P2 pumpe (protok 1000 l/h), F-filter, HM-hidromotor (2000 l/h)

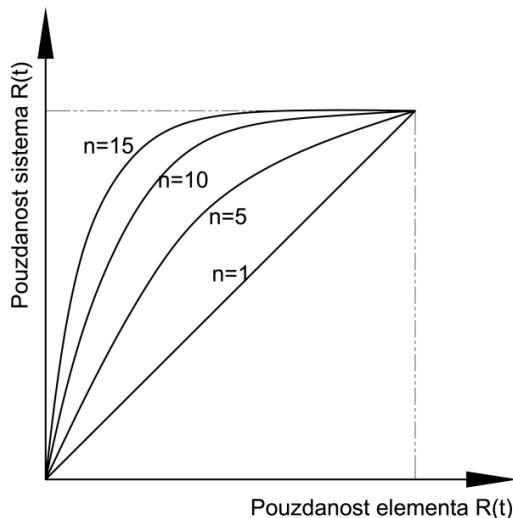
Paralelna veza elemenata

Funkcionisanje sistema sa paralelnom vezom (sl. 1.5.) uslovljeno je radom, odnosno ispravnošću makar jednog elementa, odnosno čvora u sistemu.

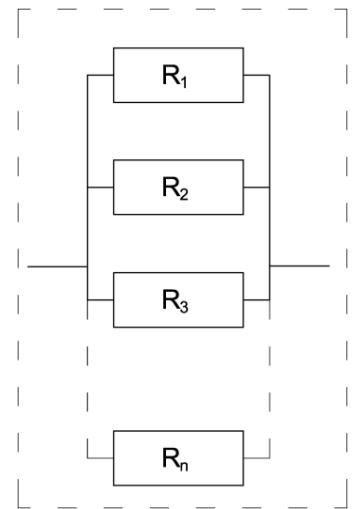
Opšti analitički izraz za pouzdanost ovakvog sklopa glasi:

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^n F_i = \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad \dots(1.3)$$

Ako je pouzdanost svih elemenata međusobno jednaka ($R_i=R$) tada je:



Sl. 1.6. Pouzdanost sistema sačinjenog od različitog broja elemenata povezanih u rednu vezu



Sl. 1.5. Funkcionalna šema paralelnog vezivanja elemenata u sistemu

$$R_p = 1 - F^n = 1 - (1 - R)^n \quad \dots(1.4)$$

gde je:

n—broj elemenata u spoju

R_i—pouzdanost pojedinog elementa

F_i—nepouzdanost pojedinog elementa

Povećanjem složenosti sistema, ugradnjom većeg broja elemenata u paralelnu vezu povećava se ukupna pouzdanost sistema. U realnim uslovima paralelna veza se primenjuje najčešće u slučajevima

gde bi otkaz sistema doveo do značajnih šteta (npr. motor aviona). Na slici 1.6., prikazana je pouzdanost sistema sačinjenog od različitog broja elemenata. Pouzdanost sistema data je u funkciji promene pouzdanosti pojedinih elemenata sistema.

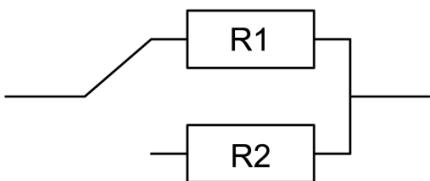
U prethodno navedenom primeru ukoliko je potrebna količina ulja za rad hidromotora 1000 lit/h, a isti se napaja sa dve hidraulične pumpe pri čemu svaka obezbeđuje protok od 1000 lit/h, tada je rad sistema uslovjen radom makar jedne od dve navedene pumpe (sl. 1.4.). Navedeni primer se još naziva i sistem sa aktivnom paralelnom vezom.

PRIMER

Višecilindrični motori SUS predstavljaju, takođe, primer vezivanja elemenata u paralelnu vezu. Poremećaj u radu jednog cilindra neće značajnije uticati na gubitak funkcije motora. Naime, indikatorski dijagram svakog cilindra ukazuje na vidno odstupanje između njih. Ove razlike su promenljive tokom vremena uz veća ili manja odstupanja. Integralna funkcija rada motora ostaje nepromenjena, sve do nastanka znatnog kvara kada se oseća potreba za intervencijom.

Nikolić B., Milićević S.: Motorna vozila 6, Podgorica, 2003.

Paralelna veza elemenata ugrađuje se u slučajevima kada neispravnost elementa može da ugrozi rad šireg sistema elemenata ili da izazove veću materijalnu i nematerijalnu štetu (npr. hladnjake, mlekarke, izmuzišta i slično, se opremaju paralelnom vezom za napajanje elemenata sistema električnom energijom). Ovakav sistem se još naziva i paralelni sistem sa pasivnom paralelnom vezom (sl. 1.7.).



Sl. 1.7. Šema povezivanja elemenata u pasivnu paralelnu vezu

NAPOMENA

Pouzdanost sistema sa paralelno vezanim komponentama uvek je veća od pouzdanosti najpouzdanije komponente. Kod sistema sa rednim vezanim elementima i kada se radi o komponentama relativno visoke pouzdanosti dobija se sistem koji ima nisku pouzdanost. Ukoliko se prepostavite dva sistema s dve komponente pouzdanosti $R(t) = 0,9$, gde prvi ima paralelnu vezu, a drugi rednu, ukupna pouzdanost paralelnog sistema je 0,99, dok je kod serijskog sistema 0,81. Za deset komponenti u paralelnom sistemu $Rs(t) = 0,9999999999$, dok je za deset komponenti u rednom sistemu $Rs(t) = 0,348678$. Pouzdanost za sto komponenti u paralelnom sistemu je $Rs(t) = 0,9_{100}$ (iza decimalnog zareza broj ima sto devetki), a pouzdanost u rednom spoju $Rs(t) = 0,000027$. Razlika je očita. Ovo ide u korist redundantnih sistema⁶. Redundanca predstavlja konfiguraciju koja sistemu osigurava sposobnost da izbegne zastoj u slučaju kada neka od komponenata izneveri, odnosno, to su

⁶ Sistemi sa velikim brojem istovetnih jedinica koje su u zalihamu

konfiguracije s dupliranjem komponenti mehaničke ili elektronske opreme, tako da se operacija može nastaviti i nakon kvara komponente. Dakle, sistem s redundancijom može biti sistem s paralelnom, delimično paralelnom vezom komponenata i pasivnom paralelnom vezom komponenata.

Kvaziparalelna veza elemenata

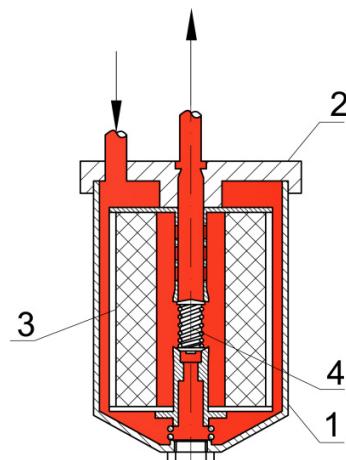
Neretko se elementi tehničkih sistema postavljaju u takozvanu kvaziparalelnu vezu. Kod ovakve veze elemenata usled nastanka neispravnosti na jednom elementu sistema u rad se uključuje drugi, pri čemu je narušen kvalitet rada sistema.

Tipičan primer je filter za ulje. Posmatrajući filter za ulje kao zaseban sistem, on se oprema paralelnim vodom za protok ulja koji se otvara (poz. 4, sl. 1.8.) u slučaju zaprljanja uloška filtera.

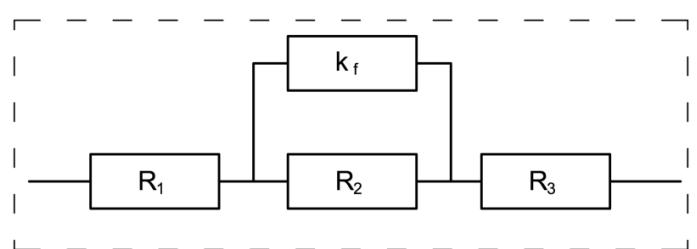
Drugi tipičan primer kvazi-paralelne veze jeste primena parkirne (ručne) kočnice na vozilima. Naime, u slučaju neispravnosti radne kočnice aktiviranjem parkirne kočnice obezbediće se zaustavljanje vozila. Međutim, primenom parkirne kočnice za zaustavljanje vozila narušavaju se performanse kočenja (stabilnost vozila, produžava se put kočenja...).

Kombinovana veza elemenata

Kako bi se eliminisale negativne karakteristike sistema sa paralelnom vezom, a koje se ogledaju u niskom stepenu iskorišćenja strukture, kao i povećana investiciona ulaganja, robusne konstrukcije, kod nekih tehničkih sistema ide se na kombinovanu vezu, uvođenjem paralelne veze kod onih elemenata sistema kod kojih postoji najveća mogućnost nastanka stanja u otkazu (sl. 1.10.). U opštem slučaju, sistemi u tehnici imaju složenu strukturu sa



Sl. 1.8. Kvaziparalelni vod filtera za ulje
1-kućište filtera, 2-poklopac kućišta filtera, 3-uložak filtera, 4-jednosmerni ventil za uključenje paralelnog voda



Sl. 1.9. Funkcionalna šema kombinovanog vezivanja elemenata u sistemu

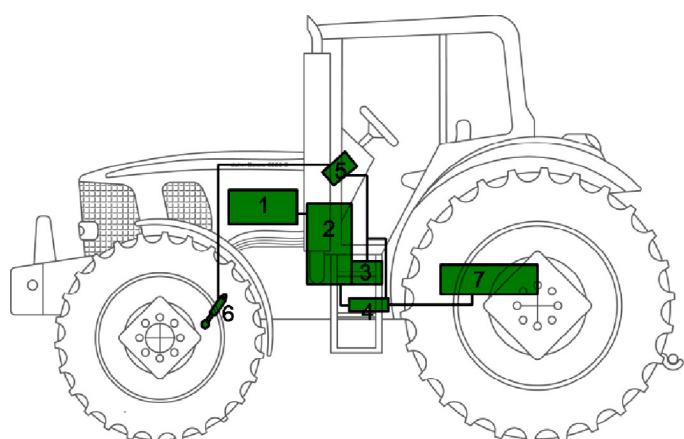
rednom vezom čvorova, kombinovanom sa paralelnim vezama za neke kritične čvorove (slaba mesta).

Kombinovana veza elemenata kod poljoprivrednih traktora pojavljuje se u sistemu za upravljanje. U slučaju neispravnosti primarne uljne pumpe ili pogona iste (neispravnost motora), za potrebe šlepanja traktora do imanja uključuje se sekundarna uljna

pumpa, pogonjena od pogonskih točkova traktora (sl. 1.10.).

Opšti analitički izraz za pouzdanost ovakvog sklopa glasi:

$$R_{ps} = R_1 \cdot [1 - (1 - R_2) \cdot (1 - k_f)] \cdot R_3 \quad \dots(1.5)$$

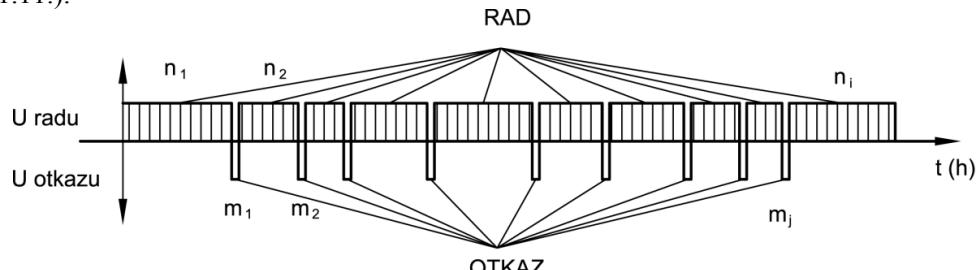


Sl. 1.10. Kombinovana veza elemenata u sistemu za upravljanje poljoprivrednog traktora

1-motor, 2-menjač, 3-primarna uljna pumpa, 4-sekundarna uljna pumpa 5-orbitrol, 6-radni cilindar, 7-završni prenos

1.3. VREMENSKA SLIKA STANJA SISTEMA

Vremenska slika rada sistema je grafički prikaz redosleda stanja (u radu i u otkazu) sistema u kome se nalazi. Na osnovu vremenske slike stanja (za određeni vremenski interval) moguće je utvrditi: broj pojave u radu i u otkazu, vreme trajanja stanja u radu, vreme trajanja stanja u otkazu, srednje vreme u radu i srednje vreme u otkazu (sl. 1.11.).



Sl.1.11. Vremenska slika stanja u radu i u otkazu

Ukupno vreme u radu izračunava se prema formuli:

$$T_{ur} = \sum_{i=1}^n t_{uri} \quad (h) \quad \dots(1.6)$$

Srednje vreme u radu predstavlja odnos ukupnog vremena u radu i broja pojava stanja u radu:

$$T_{ur-sred} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{uri}}{n} \quad (h) \quad \dots(1.7)$$

Srednje kvadratno odstupanje stanja u radu se izračunava po formuli:

$$\sigma_{ur}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{uri} - T_{ur-sred})^2}{n-1} \quad (h) \quad \dots(1.8)$$

Ukupno vreme u otkazu je:

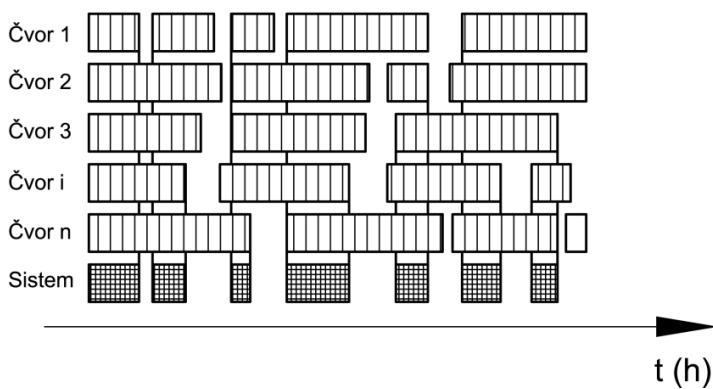
$$T_{uo} = \sum_{j=1}^m t_{uj} \quad (h) \quad \dots(1.9)$$

Srednje:

$$T_{uo-sred} = \frac{\sum_{j=1}^m t_{uj}}{m} \quad (h) \quad \dots(1.10)$$

Dok je srednje kvadratno odstupanje:

$$\sigma_{ur}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (t_{uj} - T_{uo-sred})^2}{m-1} \quad (h) \quad \dots(1.11)$$

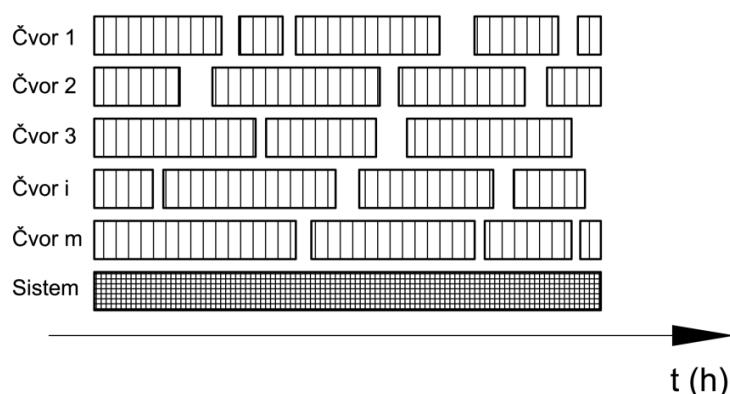


Sl. 1.12. Vremenska slika stanja u radu i u otkazu sistema sa rednom vezom elemenata (Lazić, 1983.)

Polazeći od toga da pri rednoj vezi čvorova u sistemu, otkaz bilo kog od n čvorova znači istovremeno i otkaz sistema, onda je jasno da se stanje u radu sistema smanjuje s povećanjem broja pojava stanja u otkazu, kao i povećanjem broja čvorova odnosno stepena složenosti strukture sistema (sl. 1.12.).

Kako je napred već navedeno, pri paralelnoj vezi čvorova u sistemu, uslov za vršenje funkcije kriterijuma je stanje u

radu bar jednog od čvorova u sistemu. U ovom slučaju sistem karakteriše nizak stepen iskorišćenja strukture, povećana investiciona ulaganja i visok stepen efikasnosti sistema (sl. 1.13.).



Sl. 1.13. Vremenska slika stanja u radu i u otkazu sistema sa paralelnom vezom elemenata (Lazić, 1983.).

1.4. POKAZATELJI POUZDANOSTI TEHNIČKIH SISTEMA

Najčešće korišćeni pokazatelji pouzdanosti tehničkih sistema su:

- Verovatnoća bezotkaznog rada,
- Učestalost pojave otkaza,
- Intenzitet otkaza i
- Srednje vreme rada do prvog otkaza.

Verovatnoća bezotkaznog rada predstavlja verovatnoću da će pri određenim uslovima eksploatacije, u nekom intervalu vremena ili pri nekom obimu izvršenog rada, broj ispravnih uzoraka biti m_t , odnosno neispravnih n_t . Empirijska verovatnoća bezotkaznog rada računa se preko izraza:

$$R_t = \frac{N_o - n_t}{N_o} = \frac{m_t}{N_o} \quad \dots(1.12)$$

gde je:

N_o – broj ispitivanih uzoraka na početku ispitivanja,

n_t – broj neispravnih uzoraka u toku vremena t ,

m_t – broj ispravnih uzoraka u toku vremena t .

Da bi se dobila tačnija vrednost parametra R_t u toku vremena t potrebno je da ispitivani broj uzoraka bude što veći ($N_o \rightarrow \infty$).

U praksi se često umesto verovatnoće bezotkaznog rada koristi pokazatelj verovatnoća otkaza. Verovatnoća otkaza predstavlja verovatnoću da će se u određenim uslovima eksploatacije, u nekom intervalu vremena t , pojaviti n_t neispravnih uzoraka (sl. 1.14.). Verovatnoća otkaza izračunava se preko izraza:

$$F_t = \frac{n_t}{N_o} = 1 - P_t \quad \dots(1.13)$$

Srednji broj otkaza u jedinici vremena koji se javlja na jedan ispitivani uzorak (element) naziva se **učestalost pojave otkaza**. Učestalost pojave otkaza predstavlja odnos broja otkaza proizvoda u jedinici vremena i početnog broja ispitivanih uzoraka. Ovde je potrebno naglasiti da se prilikom izračunavanja ovog parametra polazi od prepostavke da se svi oni elementi koji se nalaze u stanju u otkazu ne obnavljaju, tj ne opravljaju. Izraz za izračunavanje učestalosti pojave otkaza glasi:

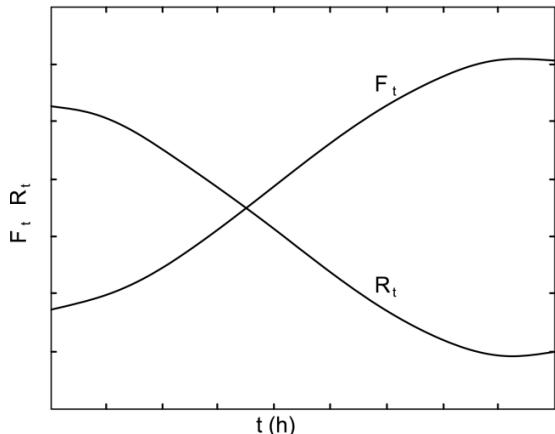
$$f_t = \frac{n_{\Delta t}}{N_o \cdot \Delta t} (h^{-1}) \quad \dots(1.14)$$

Gde je:

$n_{\Delta t}$ - broj neispravnih uzoraka u intervalu vremena od $t - \Delta t / 2$ do $t + \Delta t / 2$

Δt - interval vremena

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3,3 \log(n)} (h^{-1}) \quad \dots(1.15)$$



Sl. 1.14. Kriva promene verovatnoće bezotkaznog rada i verovatnoće otkaza tokom vremena
F_t- verovatnoća otkaza, R_t- verovatnoća bezotkaznog rada

t_{\min} - vreme pojave prvog zastoja (najčešće je $t_{\min}=0$).

t_{\max} - vreme poslednje pojave zastoja.

Pod pojmom **intenziteta otkaza** podrazumeva se odnos broja uzoraka u otkazu u jedinici vremena i srednjeg broja proizvoda (sistema) koji u intervalu posmatranja rade ispravno, tj. bez otkaza. Intenzitet otkaza računa se prema izrazu:

$$\lambda_t = \frac{n_{\Delta t}}{N_{sr} \cdot \Delta t} (h^{-1}) \quad \dots(1.16)$$

gde je:

N_{sr} - srednji broj ispravnih proizvoda u intervalu Δt

$$N_{sr} = \frac{(N_i + N_{i+1})}{2} \quad \dots(1.17)$$

N_i – broj ispravnih uzoraka na početku intervala Δt

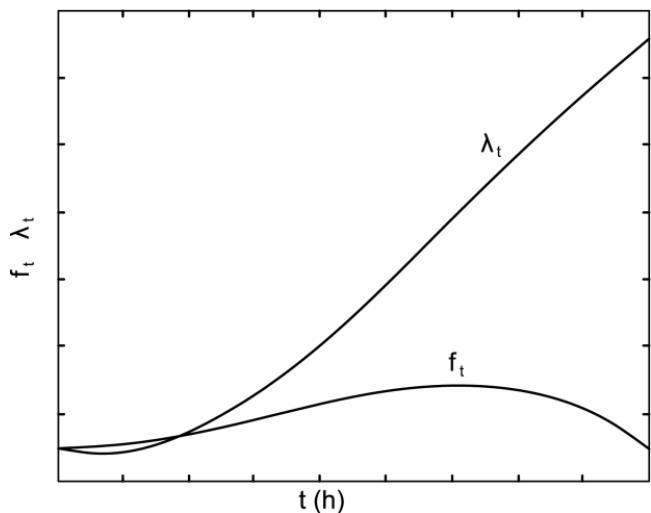
N_{i+1} – broj ispravnih uzoraka na kraju intervala Δt

Intenzitet otkaza moguće je izraziti i kao odnos učestalosti pojave otkaza i verovatnoće bezotkaznog rada.

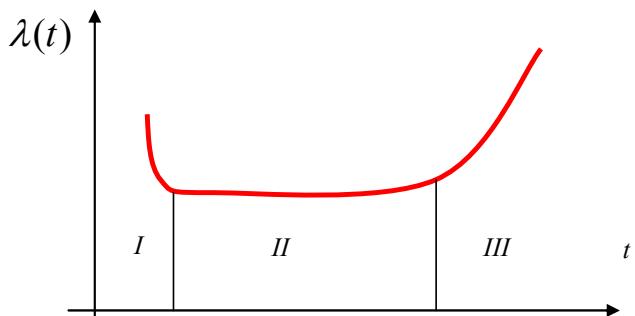
$$\lambda_t = \frac{f_t}{R_t} \quad \dots(1.18)$$

Na osnovu ispitivanja toka otkaza tehničkih sistema utvrđeno je da oni imaju karakterističan oblik (oblik „kade“) čija je opšta funkcija data na slici (sl. 1.16.):

Period I predstavlja period od početka eksploracije mašine do vremena t_1 . U ovom



Sl. 1.15. Promena učestalosti pojave otkaza (f_t) i intenziteta otkaza (λ_t) u funkciji vremena eksploracije



Sl. 1.16. Tok otkaza u funkciji vremena eksploracije

periodu pojavljuje se povećan intenzitet otkaza elemenata sistema, kao posledica ugrađenih grešaka nastalih u procesu projektovanja, proizvodnje ili montaže. Ovaj period moguće je u dobroj meri eliminisati dobrom kontrolom kvaliteta proizvodnje.

Period II predstavlja područje normalnog rada elemenata. U ovom periodu nastaju takozvani slučajni otkazi i imaju konstantan intenzitet.

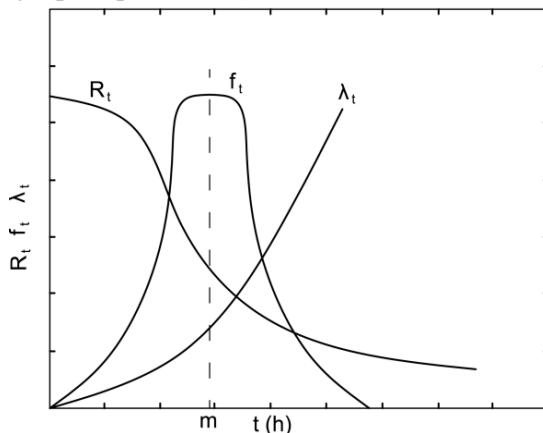
Period III predstavlja područje u kome intenzitet otkaza raste. Povećanje intenziteta otkaza nastaje kao posledica procesa, starenja, zamora materijala, pojave korozije, procesa intenzivnog habanja i slično.

Raspodele verovatnoće vremena rada elemenata do prvog otkaza

Pri izučavanju tehničkih sistema primenjuju se različiti zakoni raspodele vremena bezotkaznog rada (eksponencijalna, normalna, relejeva, gama, weibulova, log-normalna raspodela). Međutim, u teoriji pouzdanosti najčešće se koristi normalna, eksponencijalna i Veibulova raspodela.

- Normalna raspodela

Normalna raspodela (sl. 1.17.) uglavnom se koristi za opisivanje otkaza koji nastaju kao posledica starenja (postepeni otkazi).



Sl. 1.17. Normalna raspodela promene kvantitativnih karakteristika pouzdanosti u funkciji vremena

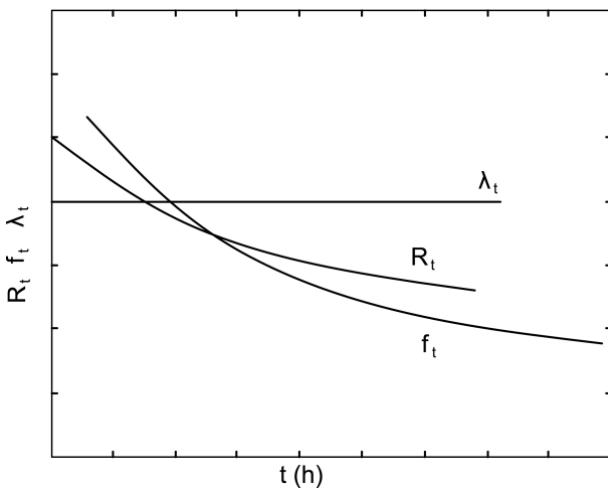
- Eksponencijalna raspodela

Zahvaljujući dobroj organizaciji kontrole kvaliteta i odbacivanju defektnih delova, pojedini elementi sistema imaju tok otkaza onakav kakav je prikazan na slici 1.18. Naime, kod takvih elemenata ne postoji period I (period dečijih bolesti). Kod takvih elemenata za opisivanje toka otkaza koristi se eksponencijalna raspodela. Ovakva raspodela koristi se i kod elemenata koji praktično ne stare. U najvećem broju slučajeva kod ovakvih elemenata beleži se dug period rada kada je intenzitet otkaza

konstantan. Ako se pretpostavi da se rad elementa ili sistema računa tek nakon perioda razrade, kao i da se rok korišćenja elemenata završava pre nego što se pojavi starenje onda se može usvojiti da je:

$$\lambda_t = \text{const}$$

Ovo je veoma povoljna okolnost koja mnogo uprošćava izračunavanje u slučajevima kada se može primeniti eksponencijalna raspodela – a to je slučaj kod elektronskih sistema.



$$R_t = e^{-\lambda t}, \quad f_t = \lambda e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \text{const}$$

Sl. 1.18. Eksponencijalna raspodela promene kvantitativnih karakteristika pouzdanosti u funkciji vremena

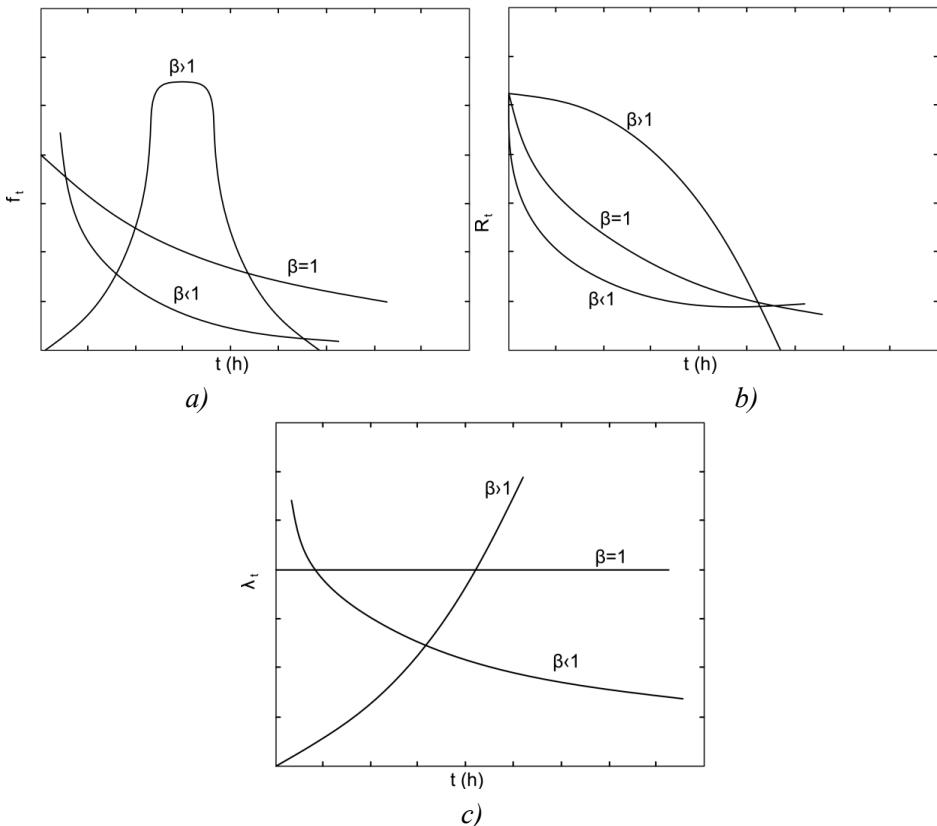
Karakteristično je za eksponencijalnu raspodelu da verovatnoća rada bez otkaza u intervalu $t \rightarrow t + \Delta t$ ne zavisi od vremena prethodnog rada t , već zavisi samo od dužine intervala Δt .

Eksperimentalna istraživanja su pokazala da eksponencijalna raspodela dobro opisuje iznenadne otkaze.

- Weibulova raspodela

Weibullova raspodela omogućava da se biranjem različitih vrednosti za parametar β dođe do boljeg slaganja eksperimentalnih podataka u odnosu na eksponencijalnu raspodelu (sl. 1.19.). Naime, kada se radi o elementima kod kojih se često sreću skriveni defekti, a pri tom u dužem vremenskom periodu ne stare, intenzitet otkaza je u početku izrazito velik da bi potom brzo opadao ($\beta < 1$). U slučaju da se radi o elementima kod kojih nema skrivenih defekata, ali je prisutno brzo starenje, intenzitet

otkaza monotono raste ($\beta > 1$).



Sl. 1.19. Veibulova raspodela promene kvantitativnih karakteristika pouzdanosti u funkciji vremena

a) učestalost pojave otkaza, b) verovatnoća bezotkaznog rada, c) intenzitet otkaza

1.5. POKAZATELJI POUZDANOSTI SISTEMA ZA OPRAVLJIVE PROIZVODE

Opravljeni proizvodi su oni koji mogu imati više od jednog kvara u toku eksploatacije, koji se otklanjaju podešavanjem, čišćenjem, pranjem, zamenom, remontom ili nekom drugom operacijom. Ne uzimajući u obzir vreme potrebno za otklanjanje otkaza pokazatelji pouzdanosti su:

- **Parametar toka otkaza** $[W(t)]$ predstavlja odnos između broja neispravnih proizvoda u jedinici vremena i broja ispitivanih uzoraka (svi uzorci koji su u

periodu posmatranja stupili u stanje „u otkazu“ zamenjeni su novim ili opravljenim):

$$W(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t} \quad \dots(1.19)$$

$n(\Delta t)$ – broj neispravnih uzoraka

N – broj ispitivanih uzoraka

- **Srednje vreme rada između otkaza** [tsr]:

$$t_{sr} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n t_i = \bar{t}_{ur} \quad \dots(1.20)$$

t_i - vreme ispravnog rada uzorka između dva otkaza

n - broj otkaza u toku vremena posmatranja

Ako se uzme u obzir vreme potrebno za otklanjanje otkaza najčešće se koriste sledeći pokazatelji:

- **Koeficijent operativne gotovosti** [Kgo] predstavlja verovatnoću da će sistem uspešno stupiti u dejstvo (područje dozvoljenih odstupanja) u datom vremenu i u datim uslovima okoline.

$$K_{go} = \frac{t_{ur}}{t_{ur} + t_{uo}} \quad \dots(1.21)$$

t_{ur} - ukupno vreme u radu

t_{uo} - ukupno vreme u otkazu

Ukupno vreme u otkazu sastoji se iz vremena aktivne opravke, organizacije opravke i vremena utrošenog na trebovanje rezervnih delova. Ako bi se u prethodnu formulu uvrstilo samo vreme aktivne opravke dobio bi se sledeći pokazatelj:

- **Koeficijent unutrašnje gotovosti** [Kgu] definiše se u odnosu na aktivno vreme održavanja.

$$K_{gu} = \frac{t_{ur}}{t_{ur} + t_{op}} \quad \dots(1.22)$$

t_{op} - vreme aktivne opravke

- **Koeficijent ostvarene gotovosti** [Kgo] uzima u obzir pored vremena aktivnog održavanja i vreme čekanja (na rezervne delove)⁷:

⁷ Koeficijent ostvarene gotovosti ne uzima u obzir vreme stajanja maštine usled čekanja na trebovanje rezervnih delova ili nekih drugih organizacionih problema

$$K_{gu} = \frac{t_{ur}}{t_{ur} + t_{op} + t_{oc}} \quad \dots(1.23)$$

t_{oc} - vreme čekanja na rezervne delove

1.6. SPOSOBNOST MAŠINE ZA ODRŽAVANJE

Za kvalitetno iskazivanje prilagođenosti mašine za održavanje koristi se ocena verovatnoće da se neki kvar koji je nastupio može otkloniti u uobičajeno predviđenom vremenu, sadržanom u propisanom postupku održavanja. Sa aspekta održavanja, mašina je utoliko vrednija ukoliko je ova verovatnoća veća.

Na osnovu ovoga se može konstatovati da :

- nastupanje kvara (otkaza) tokom eksploatacije je neminovnost,
- mašina se bolje eksploatiše ako radi bez ili sa kraćim zastojima,
- za otklanjanje otkaza treba imati propise i uputstva i
- treba imati razrađen normativ vremena za otklanjanje otkaza.

Matematički izraz sposobnosti mašine za održavanje je:

$$S_{mo} = 1 - e^{-\mu \cdot t_m} \quad \dots(1.24)$$

gde je:

e - osnova prirodnog logaritma

μ - normativ za brzinu otklanjanja kvara (broj kvarova koji se mogu otkloniti u jedinici vremena)

t_m - prosečno vreme koje stoji na raspolaganju za opravku

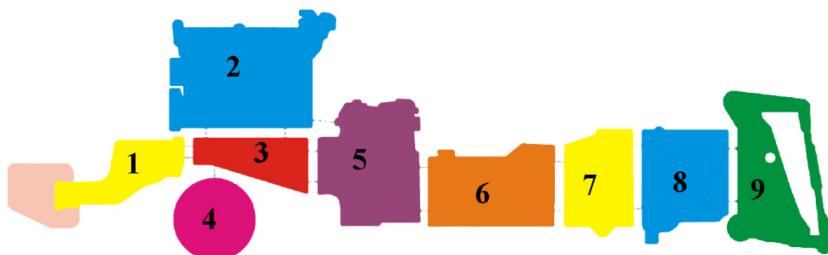
Procena podobnosti mašine za održavanje se može izvršiti sa gledišta:

- mašine kao celine,
- aktivnih elemenata mašine i
- uticajnih faktora (navedenih u nastavku).

Procena koja se bazira na sagledavanju mašine kao celine uzima u obzir faktore pristupačnosti delova za rukovanje i održavanje, prilagođenosti za čišćenje i podmazivanje, mogućnost prilaza bez opasnosti povređivanja tokom rada, jednostavnost izvođenja zahvata i intervencija održavanja te lakoća pronalaženja kvara.

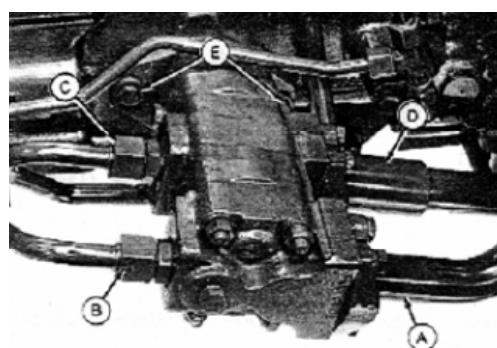
Procena sa stanovišta raznih uticajnih faktora bazira se na faktorima koji su iskazani kroz potrebu i mogućnost nabavke rezervnih delova, podešenosti za predviđenu funkciju, mogućnost brze zamene i opravke delova, standardizovanost delova, osetljivost delova na uticaj spoljnih faktora (vlaga, prašina ...), mogućnost brzog utvrđivanja stanja ispravnosti dela, jednostavnost podešavanja, potreba za posebnim priborom ili specijalnim alatom, učestalost zahteva za preventivnim pregledima, zaštićenost od pogrešne montaže, jasnost i nedvosmislenost oznaka.

Savremeni poljoprivredni traktori grade se tako da se postigne što manja zavisnost između sklopova - jednog sklopa u odnosu na drugi prilikom rasklapanja (modulni sistem gradnje, sl. 1.20., postavljanje hidrauličnih pumpi na mesto pristupačno za demontažu, sl. 1.21.). Na ovaj način smanjuje se vreme potrebno za demontažu pojedinih sklopova. Za dijagnostiku hidrauličnih komponenti već postoje pripremljena merna mesta kao i kompletan tok test procedure u tehničkom priručniku.



Sl. 1.20. Modulni sistem gradnje traktora

1-prednji oslonac, 2-motor, 3-prednji ram, 4-prednja osovina, 5-menjač, 6-srednji ram, 7-kućište pumpi, 8-zadnja osovina, 9-ram zadnjih podiznih poluga



Sl. 1.21. Lako pristupačne hidraulične pumpe

Mesta namenjena izvođenju dnevног održavanja kod savremenih poljoprivrednih traktora su lakše pristupačna. Jednodelne haube motora omogućavaju da se sva bitna mesta za servis i održavanje lako dohvate i bez problema zamene. Filteri vazduha, ulja i goriva postavljaju se na lako pristupačna mesta (sl. 1.22.), a otvori za ulivanje fluida smeštaju se tako da ih se može doseći sa zemlje. Kontrola nivoa pojedinih fluida vrši se preko nivokaznih stakala postavljenih na vidno mesto (sl. 1.23.).

Opšti trend je smanjenje broja mazaličnih mesta (primenom trajno podmazanih ležajeva) i produžavanje vremena između dva podmazivanja. U redovnom tehničkom održavanju primenjuju se kvalitetna ulja i filteri povećanog kapaciteta, čime se produžava interval njihove zamene. Filteri ulja koji se ugrađuju u traktore poslednje generacije izrađuju se kao petoslojni sintetički materijali sa neprekidnim vlaknima od

mešavine poliestera i adhezivnih polimera, maksimalne dužine 30 mm i prečnika 1-15 µm. Primena ovakvih filtera omogućava visok stepen prečišćavanja ulja. Period zamene motornog ulja dostigao je 500 časova rada, a hidrauličnog i do 1500 časova. Savremena transmisija i hidraulika traktora ima vrlo rigorozne zahteve prema kvalitetu hidraulično transmisionih ulja. Iz tog razloga proizvođači traktora uvode sopstvene standarde za kvalitet ovih ulja. Kontrolu momenta izvođenja pojedinog stepena tehničkog održavanja preuzima centralna kontrolna jedinica traktora koja blagovremeno informiše korisnika o nastupajućoj potrebi.



Sl. 1.22. Lako pristupačni hladnjaci



Sl. 1.23. Nivokazno staklo

1.7. RASPOLOŽIVOST MAŠINE

Raspoloživost predstavlja verovatnoću da će posmatrana mašina, u propisanim uslovima korišćenja i održavanja, biti na raspolaganju (raspoloživa) u datom trenutku (kad zatreba). Razlikujemo dva slučaja uključivanja u rad: ako se sistem koristio i ako je bio u skladištu. Ako se sistem nalazi na korištenju, njegovo uključivanje nije praćeno dodatnom neizvesnošću; a ako se nalazi u skladištu, njegovo stanje nije poznato, pa postoji neizvesnost da li će moći da se uključi u rad ili ne.

Funkcija raspoloživosti data je sledećim izrazom:

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot \exp[-(\lambda + \mu) \cdot t], \quad \dots(1.25)$$

gde je:

λ –intenzitet otkaza,

μ –intenzitet opravke i

t –zadato vreme u kojem se očekuje da posmatrana mašina bude raspoloživa.

Određivanje raspoloživosti

Da bi se odredila raspoloživost posmatrane mašine, potrebno je poznavati numeričke

vrednosti parametara m i m_r . Srednje vreme rada do/između otkaza određuje se pomoću sledećeg izraza:

$$m \approx \hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i , \quad \dots(1.26)$$

gde je:

\hat{m} -tačkasta ocena⁸ parametra m ,

t_i -vreme rada do/između otkaza mašine i

n -ukupan broj ovih vremena u toku praćenja ili korišćenja posmatrane mašine.

Na sličan način se određuje i srednje vreme opravke, tj.

$$m_r \approx \hat{m}_r = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \tau_j , \quad \dots(1.27)$$

gde je:

\hat{m}_r -tačkasta ocena parametra m_r ,

τ_j -vreme opravke u slučaju otkaza mašine i

k -ukupan broj ovih opravki u toku praćenja ili korišćenja posmatrane mašine.

Kada se u izrazu za teorijsku funkciju raspoloživosti, umesto teorijskih parametara m i m_r , unese tačkaste ocene ovih parametara, dobija se:

$$\hat{A}(t) = \frac{\hat{m}}{\hat{m} + \hat{m}_r} + \frac{\hat{m}_r}{\hat{m} + \hat{m}_r} \cdot \exp \left[- \left(\frac{\hat{m} + \hat{m}_r}{\hat{m} \cdot \hat{m}_r} \right) \cdot t \right] \quad \dots(1.28)$$

Ovo je tzv. ocenjena funkcija raspoloživosti, koja se u praksi uglavnom i koristi, jer su teorijske vrednosti parametara m i m_r nepoznate i zamenjuju se svojim odgovarajućim tačkastim ocenama \hat{m} i \hat{m}_r .

⁸ Tačkasta ocenjena vrednost je vrednost statistike uzorka koja se koristi za ocenu parametra osnovnog skupa.

2. | OBLICI POJAVE KVAROVA I NJIHOVI UZROCI

Poljoprivredne mašine predstavljaju skup elemenata sastavljenih u sisteme ili podsisteme čije su veze uspostavljene sa ciljem izvršenja zadatog kriterijuma (funkcije). Izvršenje zadatih kriterijuma u okviru dozvoljenog odstupanja karakteriše se stanjem sistema „u radu“. Nesposobnost izvršenja zadatog kriterijuma u okviru dozvoljenih odstupanja karakteriše se kao stanje sistema „u otkazu“¹.

Eksplotacija mašine započinje uhodavanjem ili razradom. U toku uhodavanja mašina se postepeno opterećuje, uz stalnu kontrolu karakteristika radne ispravnosti. Nakon završenog perioda uhodavanja mašine, započinje redovna eksplotacija².

Eksplotacija mašine predstavlja prvu aktivnost stvarne primene mašine. Tokom eksplotacije mašina se izlaže naprezanjima za koje je projektovana. U toku eksplotacije, i pored pridržavanja svih propisanih mera u domenu rukovanja i održavanja, nastaju različite neispravnosti, čija je pojava u početku ređa i izaziva neznatne posledice. Nastavkom eksplotacije, vreme između pojedinačnih zastoja u radu se skraćuje (povećava se stepen neispravnosti).

Nakon dužeg eksplotacionog perioda, održavanje mašine u radno ispravnom stanju postaje neekonomično. Tada se mašina podvrgava velikoj opravci (generalnom remontu).

Uzrok neispravnosti poljoprivrednih mašina najčešće je rezultat otkaza elemenata ili veza između njih. Zbog toga se kod poljoprivrednih mašina vrlo retko javljaju potpuni otkazi. Delimični otkazi su najčešće posledica potpunih ili delimičnih otkaza sastavnih delova.

U cilju produženja veka trajanja mašine, neophodno je da se kvarovi nastali u toku eksplotacije, po mogućnosti, otklone u sklopu tekućeg održavanja (odmah po uočavanju), jer čak i neznatan kvar, u lancu uparenih elemenata, može dovesti do ozbiljne neispravnosti. Kao preuslov ovakvom pristupu neophodno je praćenje ponašanja radnih karakteristika mašine, blagovremeno uočavanje nastalih poremećaja, kao i informisanje o uočenim poremećajima u lancu informacionog sistema.

2.1. ANALIZA TEHNIČKIH KVAROVA

U procesu eksplotacije mašine, pojavljuju se otkazi koji su rezultat različitih

¹ Održavanje radne ispravnosti ima zadatak da spreči (odloži) nastanak stanja „u otkazu“, odnosno, ukoliko je stanje u otkazu nastupilo, da ga vratи iz stanja „u otkazu“ u stanje „u radu“.

² Motori savremenih poljoprivrednih mašina, podvrgnuti su tzv. „hladnom uhodavanju“. Kod ovih mašina nije predviđeno postepeno povećanje dozvoljenog opterećenja motora, već samo redukovani period zamene motornog ulja i filtera. Naprimjer, *John Deere* kod novih ili generalno remontovanih traktora predviđa zamenu motornog ulja nakog 100 mh rada, odnosno nakon 200 mh ukoliko je traktor radio u lakšim agrotehničkim operacijama (transport i sl.).

tehničkih kvarova. Uzroci nastanka otkaza mogu se podeliti na³:

- Ugrađene mane (rezultat su sopstvene slabosti mašine, nastale tokom konstruisanja ili pri izradi zbog neodgovarajuće tačnosti izrade ili kvaliteta upotrebljenog materijala za izradu delova, sklopova i agregata),
- Pogrešna upotreba (rukovalac dovodi sistem u uslove rada koji su oštiri od projektovanih),
- Pogrešno održavanje (neblagovremeno izvođenje svih mera održavanja).

Primarni zadatak analize kvarova jeste prepoznavanje kvara i uzroka koji je doveo do njegovog nastanka.

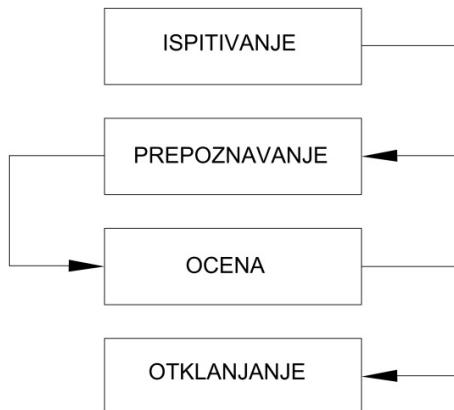
Na traktoru IMT 542 pri nižem i srednjem broju obrtaja motora, palila se lampica u kabini ukazujući na pritisak ulja u motoru ispod donje granice. Odmah je zaključeno da je ovo rezultat povećanog zazora u sklopu kolenastog vratila motora. Nakon izvršenog remonta, koji je obuhvatio obradu rukavaca kolenastog vratila i zamenu kliznih ležajeva, neispravnost nije otklonjena. Tek naknadnom kontrolom, ustanovljena je pohabanost čaure osovine klackalica.



Sl. 2.1. Čaura osovine klackalica

Nakon toga sledi otklanjanje uzroka kvara, a zatim otklanjanje samog kvara (analiza mogućeg načina otklanjanja i realizacija otklanjanja kvara). Analizu kvara treba sprovoditi na bazi uzroka i nastalih posledica. Na osnovu ovoga je moguće doneti odluku o načinu otklanjanja kvara (bez obzira da li se radi o grešci nastaloj u fazi konstrukcije - projektovanja, u fazi izrade ili montaže, ili pak otklanjanja greške vezane za nepravilnu eksploraciju) (sl. 2.2.).

Kvarovi se mogu ispoljavati u vidu količinskog (kvantitativnog) ili kvalitativnog odstupanja.



Sl. 2.2. Tok analize kvara

2.2. PODELA TEHNIČKIH KVAROVA

Prema vremenu nastanka tehnički kvarovi se mogu podeliti na:

- postupno delujući,

³ SRPS A.A2.005/85, Pouzdanost - Osnovni termini i definicije

- iznenadni (slučajni) i
- periodično ponavljajući

Za postupno delujući kvar karakteristično je definitivna pojava konačnog istrošenja koje se javlja nakon dužeg ili kraćeg vremena provedenog u eksploataciji. Ovo se može ilustrovati pojavom smanjenja mase i dimenzije kao posledica habanja.

Zamor materijala, kao proces, predstavlja postupno delujući kvar, s obzirom da deo i posle pojave mikropukotine ostaje u

funkciji. Međutim, lom, kao posledica zamora materijala nastaje kao iznenadni kvar i prouzrokuje primarnu neispravnost. Takođe, lomovi mašinskih delova ili mašina nastali kao posledica nepravilnog rukovanja ili sprečavanja protoka uzrokovanih nečistocama se ubraja u iznenadne ili slučajne kvarove.

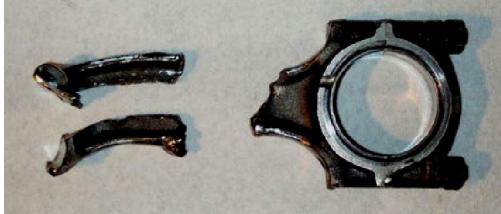
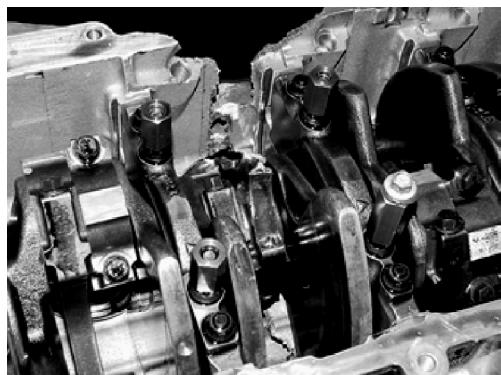
Kvarovi koji se periodično pojavljaju (ponavljaju) nazivaju se slabim tačkama. Ovakvi kvarovi često se javljaju kod uređaja kod kojih se vek trajanja uparenih delova znatno razlikuje⁴.

Sa stanovišta uzročno posledične veze kvar može biti:

- primarni i
- sekundarni (izazvan



*Sl. 2.3. Habanje kliznih ležajeva velike i male pesnice klipnjače nastalo kao posledica dugotrajnog rada motora
(<http://www.rideorhide.com>)*



*Sl. 2.4. Razbijeni blok motora slomljenom klipnjačom zbog zamora materijala
(www.highpowermedia.com)*

⁴ Kod traktora MF 8160 periodično se ponavljala neispravnost u vidu ubrzanog habanja čaure oslonca prednjeg pogonskog mosta. Razlog ovom kvaru bio je loš materijal čaure (mesing).

kao posledica).

U slučaju tarućih delova, habanje se može smatrati primarnim kvarom, a kao posledica se javlja povećan zazor naleganja. U ovom slučaju sekundarno oštećenje zaptivnog elementa izazvalo bi rad sa povećanom bukom, nepoželjne vibracije, pogoršano podmazivanje i konačno zaribavanje ležaja sa potpunim prekidom funkcionisanja.

Prema oceni uticaja na tehničko stanje cele maštine ili uređaja razlikuju se:

- kvar koji izaziva potpuni prekid funkcionisanja,
- kvar koji izaziva umanjenje funkcionisanja i
- kvar koji uzrokuje konačno stanje istrošenosti.

2.3. UZROCI NASTANKA KVARA

Jedan od najvažnijih zadataka u analizi tehničkog kvara jeste prepoznavanje (otkrivanje) uzroka njegovog nastanka. Načelno, uzroke nastanka tehničkih kvarova moguće je grupisati u dve grupe:

- neposredni uzroci (Smatraju se primarnim izvorom kvarova. Oni predstavljaju takve događaje koji stvaraju preduslove za nastanak promene, odnosno oštećenja dela).
- posredni uzroci (Utiču na nastanak izvora kvara, a time i na promenu kvaliteta)⁵.

2.3.1. Uzroci tehničkih kvarova u sferi projektovanja

S obzirom na to, da se prilikom projektovanja javlja veliki broj nepoznatih činilaca, ne može se govoriti o sveobuhvatnom, egzaktnom projektantskom radu. U poslovima projektovanja često se pored egzatnih znanja primenjuju i subjektivne percepcije projektanta. Preduslov za kvalitetnu ocenu projektantskog rada predstavlja razdvajanje objektivnih od subjektivnih elemenata. Pri tome se objektivnim smatraju oni elementi čije se projektovanje bazira na egzaktnim proračunima. Izvore grešaka treba tražiti u elementima za čije projektovanje su bili dominantni subjektivni činioći⁶.

Poznato je da se na današnjem stepenu razvoja nauke može govoriti o objektivnom dimenzionisanju delova po kriterijumu čvrstoće. Takođe, moguće je dimenzionisanje elemenata otpornih na zamor objektivno izvesti na relativno zadovoljavajući način.

⁵ Primenom mešavine dizel goriva i rafinisanog biljnog ulja, usled visoke temperature, došlo je do stvaranja smolastih masa u pumpi visokog pritiska i nastanka tehničkog kvara. U ovom sličaju gorivo je predstavljalo neposredan uzrok nastanka tehničkog kvara. Međutim, tokom desulfatizacije dizel goriva smanjena su njegova maziva svojstva. Ovo je uticalo na nastanak povećang trenja između elemenata pumpe visokog pritiska. Povećano trenje između elemenata PVP uticalo je na njihovo prekomerno habanje, a što je konačno za posledicu imalo nastanak tehničkog kvara i neispravnosti motora. U ovom slučaju neposredni uzročnik nastanka kvara je povećano trenje i habanje, dok se gorivo pojavljuje kao posredni uzročnik.

⁶ Ocena mogućeg kvara u fazi projektovanja maštine ima preventivan karakter, a daje se na osnovu simulacionih postupaka. Sa druge strane, ocena kvara u fazi izrade ili ispitivanja prototipa ima korekcionu ulogu.

Ove vrste dimenzionisanja dopunjavaju se simulacionim modelima⁷, čime se postiže viši nivo objektivnosti.

Nasuprot tome, dimenzioniranje na habanje je teško objektivizirati. S obzirom na to, da se u poljoprivrednim mašinama ugrađuje veliki broj elemenata izloženih dejstvu habanja, ono se pojavljuje kao uzročnik tehničkog kvara u 60 - 70 % slučajeva. Nerešeno pitanje u projektovanju mašina predstavlja definisanje kvaliteta tarućih površina (stvarne površinske hrapavosti).

Drugi problem tokom projektovanja je propisivanje graničnih vrednosti dozvoljene pohabanosti naležućih delova. Ovo dovodi eksploraciju i održavanje radne ispravnosti u neizvesno stanje. Rezultat toga je pojava zastoja, kao posledica neodređenosti i različitog veka trajanja elemenata.

Zbog svega navedenog se može konstatovati da veći deo tehničkih kvarova potiče još iz faze konstruisanja. Zbog toga bitan zadatak projektantskog rada predstavlja analizu tehničkih kvarova i pitanje mogućnosti opravke.

Projektant je dužan da učini sve da olakša proces opravke. Prvi uslov podobnosti za opravku predstavlja mogućnost luke i brze demontaže i montaže.

Tokom projektovanja mašine neophodno je da projektant obrati pažnju i na sledeće:

- izbegavati takva tehnička rešenja koja iziskuju potrebu zamene složenog i skupog rezervnog dela zbog pohabanosti male površine⁸,
- predvideti spajanje kritičnog dela sa agregatom putem rastavljive veze,
- izbegavati mogućnost međusobnog uparivanja novog i pohabanog dela.

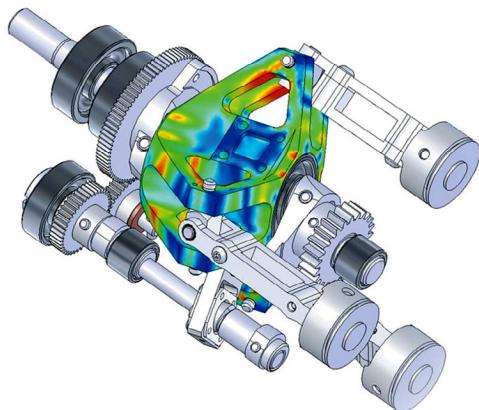
Pogodnost za opravku dopunjaju i ugrađeni signalizatori kvara. Njihovom ugradnjom

⁷ Simulacioni eksperimenti najčešće se izvode sa ciljem da se prikupe odredene informacije, čije bi dobijanje putem eksperimenta nad samim realnim sistemom bilo nepraktično ili suviše skupo. Te informacije kasnije se transformišu u odluke značajne za upravljanje realnim sistemom koji je predmet simulacionog modeliranja. Cilj simulacije jeste taj da proučimo ponašanje sistema koji simuliramo, ali i da ustanovimo kako bi se isti sistem ponašao kada bi na njega delovao neki drugi skup promenljivih okolnosti (ulaznih veličina i parametara). Simulacioni modeli prikupljaju podatke o promenama stanja sistema i izlaza, fokusirajući se na ponašanje individualnih komponenti sistema. Kod primene simulacionog modeliranja, ne može se dobiti rešenje u analitičkom obliku, u kojem su zavisne promenljive funkcije nezavisnih promenljivih, već se rešenje problema dobija eksperimentisanjem nad modelom. Pri tome, simulacioni eksperimenti daju kao rezultat skup tačaka, tj. vrednosti zavisnih promenljivih za pojedine vrednosti nezavisnih promenljivih (vreme). Simulacioni modeli najčešće su modeli dinamičkih sistema, tj. sistema koji se menjaju u vremenu. Ovi su modeli uglavnom dati u obliku konceptualnih (strukturnih) i računarskih modela. Najčešće, ali ne i generalno, simulacioni modeli su modeli sistema koji se ne mogu opisati niti rešavati matematičkim sredstvima.

⁸ Tipičan primer dobrog tehničkog rešenja jeste linijska pumpa visokog pritiska. Nasuprot linijske pumpe, rotaciona pumpa predstavlja tipičan primer „lošeg“ tehničkog rešenja s obzirom na to da pohabanost rotacione glave iziskuje njenu zamenu što zahteva značajne materijalne troškove.

se štedi na vremenu potrebnom za iznalaženje kvara.

Metoda konačnih elemenata je numerička metoda koja je nezaobilazna u analizi inženjerskih konstrukcija. Primjenjuje se u mehanici deformabilnih tela za rešavanje statičkih i dinamičkih problema i za rešavanje opštih problema kao što su proračun, temperaturna polja, proračun strujanja, elektromagnetskih polja...



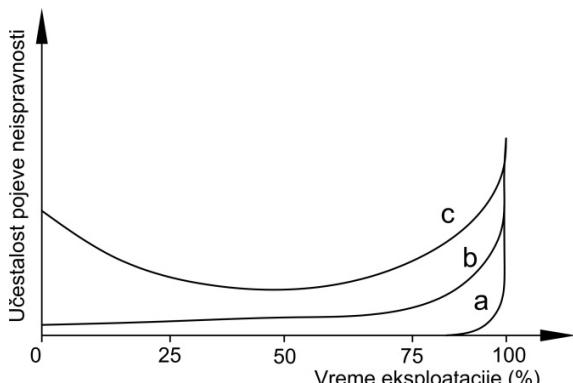
Sl. 2.5. Metoda konačnih elemenata je široko rasprostranjena metoda koju inženjeri koriste u fazi projektovanja mašina

2.3.2. Greške izrade kao uzroci tehničkih kvarova

Razmotrene specifičnosti projektantskog rada dobrim delom su važeće i za planiranje procesa izrade. U postupku planiranja procesa izrade moraju se unapred iznalaziti i definisati takvi tehnološki postupci koji će na željeni način oblikovati radni predmet.

Ilustracija greške izrade kao uzročnika tehničkih kvarova je data u nastavku na primeru tri mašine (dobre, loše i idealne). U slučaju dobre konstrukcije u početnoj fazi primene nema pojave tehničkih kvarova, da bi se kasnije tokom eksploatacije linearno, a u završnoj fazi eksponencijalno javljale neispravnosti (kritični tehnički kvarovi).

Loša (neuspela) konstrukcija ispoljava neispravnosti već u samom početku eksploatacije, a obavljanje funkcije je omogućeno samo uz radove opravki. U početnoj fazi se uz dobru organizaciju radova opravki može smanjiti učestalost neispravnosti,



Sl. 2.6. Zavisnost učestalosti pojave otkaza od kvaliteta konstrukcije
a-idealna mašina, b-uhodana dobra konstrukcija,
c-neusavršena konstrukcija

ali i pored toga nakon kraćeg perioda eksplotacije kriva učestalosti neispravnosti pokazuje tendenciju naglog porasta.

Kod idealne mašine svaki deo ima isti vek trajanja, do određenog roka rad se obavlja bez zastoja i tek na kraju vremena eksplotacije nastupaju kvarovi na svim delovima.



Sl. 2.7. Pukotina na klipu nastala kao posledica greške u materijalu (greška nastala u fazi izrade) (<http://www.rideorhide.com>)

2.3.3. Greške primene i radovi održavanja radne ispravnosti kao uzroci tehničkih kvarova

Kao posledica intenzivnog habanja i zamora materijala tokom eksplotacije dolazi do pojave istrošenost i tehničkih kvarova.

U periodu eksplotacije uzroci tehničkih kvarova se mogu grupisati u karakteristične kategorije:

- **Uobičajeni tehnički kvarovi** (Pojavljuju se u uslovima propisanog režima eksplotacije, kao rezultat trošenja. Njihova pojava se ne može sprečiti ali se može vreme pojave prolongirati.)
- **Vanredni tehnički kvarovi** (Nastaju kao posledica nestručnog rukovanja i umanjenih radova tehničkog održavanja.)



Sl. 2.8. Neispravnost nastala kao posledica nepravilnog rukovanja

- Tehnički kvarovi nastali kao rezultat **zamora ili stareња materijala** (Pojedini delovi se i pored stručne upotrebe polome. Ova pojava se javlja i uz brižljivo provođenje mera tehničkog održavanja.).



Sl. 2.9. Neispravnost sistema za upravljanje traktora JD 6820 nastala je zbog tehničkog kvara kraja spone. Tehnički kvar kraja spone nastao je kao posledica nepravlnog održavanja. Naime, manžetna kugle kraja spone nije zamenjena nakon uočenog oštećenja, što je za posledicu imalo prodror nečistoća u zonu uležištenja, te prekomerno habanje kugle.



Sl. 2.10. Neispravnost pogonskog sistema prese za seno nastalo kao posledica tehničkog kvara lančanika. Pogonski lančanik pretrpeo je veliko oštećenje. Oštećenje lančanika (pučanje zuba) nastalo je kao posledica zamora materijala, usled dugotrajnog korišćenja.

U toku obavljanja radova velike opravke postoje mogućnosti pojave tehničkog kvara. Opravljena mašina predstavlja mešavinu upotrebljavanih, osveženih i novih delova. Eventualno učinjene tehničko - tehnološke greške postaju neposredni uzroci budućih tehničkih kvarova⁹.

⁹ Tokom generalne opravke motora nisu zamenjeni vijci velike pesnice klipnjače (iako se to u radioničkom uputstvu striktno navodi). Nakon dve nedelje upotrebe traktora vijci su pukli, a klipnjača je razbila blok motora, udarivši u njega.

Sa ciljem da pomognu majstorima u pronalaženju uzroka nastanka tehničkog kvara, renomirani proizvođači delova štampaju uputstva za identifikaciju uzroka kao i načina rešavanja problema.

Primer 1 (Tekst preuzet iz : „Oštećenje klipova – uzroci i rešavanje problema“, MSI)



Sl. 2.11. Zaribavanje samo jedne strane tela klipa, bez oštećenja na suprotnoj strani

Opis kvara: Na jednoj strani tela klipa površina je potamnela i zaribana je. Zbog visoke temperature je u oštećenoj oblasti klipa materijal sastrugan sa velike površine. Na visini koja odgovara klipnoj osovinici jasno se vidi pukotina. U ovakvim slučajevima je tipično da druga strana uopšte nema oštećenja, što u početnoj fazi oštećenja važi i za zonu klipnih prstenova.

Procena stanja: Ovo je tipičan primer ribanja zbog odsustva podmazivanja i to se dešava kada se uljni film prekine samo na jednoj polovini cilindra. Oštećenje se po pravilu dešava na opterećenoj, radnoj strani tela klipa, a ređe se sreće na suprotnoj strani. Uzrok je ili slabo lokalno podmazivanje ili pregrevanje cilindra na oštećenoj strani. Premali zazor se isključuje kao potencijalni uzrok, jer i pored tragova teškog ribanja, nema oštećenja na suprotnoj strani.

Mogući uzroci oštećenja:

- Lokalni poremećaj u sistemu za hlađenje zbog nedostatka rashladne tečnosti, vazdušnog čepa, naslaga nečistoće ili neke druge neispravnosti u sistemu za hlađenje.
- Naslage nečistoće sa spoljašnje strane cilindra hlađenog vazduhom mogu izazvati lokalno pregrevanje cilindra, te prekid filma maziva.
- Oštećen ili nepravilno postavljen usmerivač vazduha kod motora hlađenog vazduhom, ili usmerivač vazduha nije postavljen.
- Kod motora gde postoji dodatno prskanje ulja iz klipnjače na opterećenu stranu cilindra, ova vrsta oštećenja se može desiti zbog začepljenog otvora za brizganje ulja ili zbog nedovoljnog pritiska ulja.
- Razređivanje ulja ili upotreba ulja neodgovarajućeg kvaliteta na prvom mestu vodi ka nedovoljnem podmazivanju opterećenog dela cilindra.

Primer 2 (Tekst preuzet iz : „Oštećenje klipova – uzroci i rešavanje problema“, MSI)

Opis kvara: Osovinica klipa prikazana na slici je polomljena u poprečnoj ravni na mestu između ležišta osovinice i male pesnice klipnjače. Kraći deo ima i uzdužnu pukotinu. Površine lomova imaju izgled karakterističan za lom usled zamora.

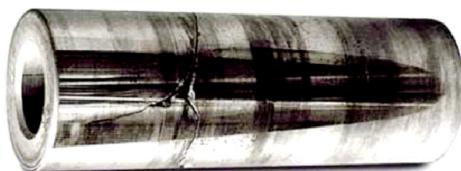
Procena oštećenja: Pod uslovom da nije reč o grešci u materijalu, lom osovinice klipa je uvek prouzrokovani prevelikim opterećenjima. Greška u materijalu se sa sigurnošću može povrditi laboratorijskim ispitivanjem. Pod prevelikim opterećenjem, ovalizacija osovinice u uležištenju u

klipu inicira pojavu uzdužne pukotine na krajevima osovinice, sa početkom ili na unutrašnjem ili na spoljašnjem prečniku. Tada se pukotina zbog zamora počinje prostirati dalje, ka sredini osovinice. U oblasti između ležišta osovinice i male pesnice klipnjače, gde je osovinica izložena najvećim naprezanjima usled smicanja i savijanja, pukotina menja pravac i postaje poprečna pukotina i na kraju dolazi do potpunog loma osovinice.

Na donjoj slici je prikazano kako inicijalna pukotina ne mora biti posledica prevelikog opterećenja, nego može biti izazvana nepravilnim postupanjem prilikom ugradnje. Na jednom kraju polomljene osovinice se jasno vidi da inicijalna pukotina potiče od udarnog oštećenja, npr. zbog udarca čekićem. Kako je rečeno, i pod normalnim opterećenjima svaka inicijalna pukotina se može razviti u lom usled zamora i na kraju dovesti do potpunog loma klipne osovinice.

Mogući uzroci oštećenja:

- Nenormalno sagorevanje i kod benzinskog i kod dizel motora, naročito detonantno sagorevanje
- Hidro-udar
- Nepravilno rukovanje sa osovinicom prilikom ugradnje



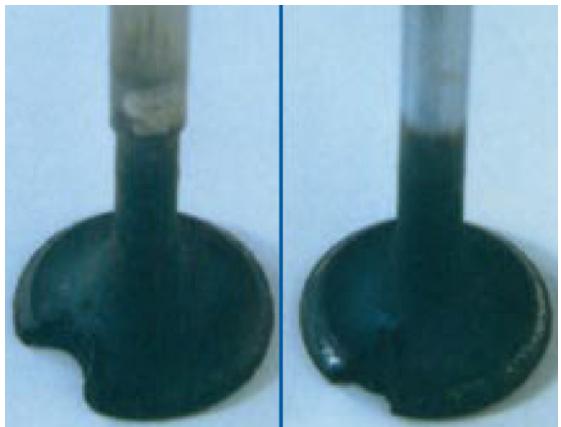
Sl. 2.12. Polomljena osovinica klipa

Primer 3 (Tekst preuzet iz : „Tabela za identifikaciju problema“, Federal Mogul Motorparts)

Simptomi: Gubitak snage, otežan rad

Uzrok: Zazor ventila je premali i drži ventil van sedišta. Stablo se zaglavljuje, loše/neravno sedište ili pogrešno centriranje sklopa ventila. Pregorevanje usled pretpaljenja. Prevelike naslage čadi koje se ljušte sa prednje strane ventila obrazujući na taj način putanju za propuštanje gasa. Tvrde čestice čadi se zabadaju u površinu sedišta dok ne nastane dovoljno uzastopnih udubljenja kako bi se formirala putanja za propuštanje gasa.

Rešenje: Proveriti da li je zazor ventila usklađen sa preporukom proizvođača. Proveriti zazor između stabla i vodice ventila kao i da li je sklop ventila na nekom mestu pogrešno centriran.



Sl. 2.13. Pećurka ventila je izgorela preko ivice ventila

3. | HABANJE I KVAROVI

3.1. TROŠENJE I OŠTEĆENJE POVRŠINA

Delovi mašina koji su u normalnoj eksploataciji¹, tokom vremena se moraju opravljati ili pak zamenjivati (škartirati). Razlog za ove intervencije se javlja iz dva osnovna razloga:

- promena prvobitnih dimenzija i
- promena mehaničkih osobina.

Tokom eksploatacije nastupanje ovih promena je uzrokovano trošenjem i pojavljuje se istovremeno. Međutim, jedna od promena je u određenom momentu dominantnog uticaja i uzrokuje potrebu za opravkom ili zamenom dela.

Na promenu dimenzije dela tokom eksploatacije dominantno utiče sila trenja, kao primarni činilac trošenja. Ova vrsta trošenja se naziva **mehaničko** trošenje ili **habanje**.

Dejstvo raznih fizičko-hemijskih činilaca uslovjava pojavu promena u materijalu, koje uzrokuju da delovi postaju nepodesni za rad. Od fizičko-hemijskih činilaca centralno mesto zauzima **korozija**. U ovom slučaju trošenje se može nazvati **hemijskim** trošenjem.

Ovakva podela trošenja nema apsolutni karakter. U realnim uslovima pri mehaničkom trošenju uočavaju se združena mehanička i hemijska dejstva. Ova dejstva mogu nastupiti pojedinačno ili, što je češći slučaj, zajednički u različitim varijantama².

U stvarnim uslovima eksploatacije pratilac mehaničkog trošenja je promena u materijalu (uglavnom u strukturi). Takođe, hemijsko trošenje izaziva promene u dimenzijama.



Sl. 3.1. Promena boje vratila turbokompresora kao posledica termičke preopterećenosti

¹ Pod normalnom eksploatacijom se podrazumeva da je mašina ili neki njen sklop izložen dejstvu spoljne sredine i opterećenjima u projektom predviđenim granicama. Uz to se podrazumeva da je mašina (sklop) podvrgnut redovnim merama tehničkog održavanja.

² Tipičan primer združenog dejstva mehaničkog i hemijskog trošenja u poljoprivredi je plužna daska. Naime, tokom rada plužna daska je izložena agresivnom dejstvu sredine u kojoj se nalazi (zemljišta) što aktivira korozione procese, međutim, ona je istovremeno izložena i abrazivnom dejstvu sredine u kojoj se nalazi.

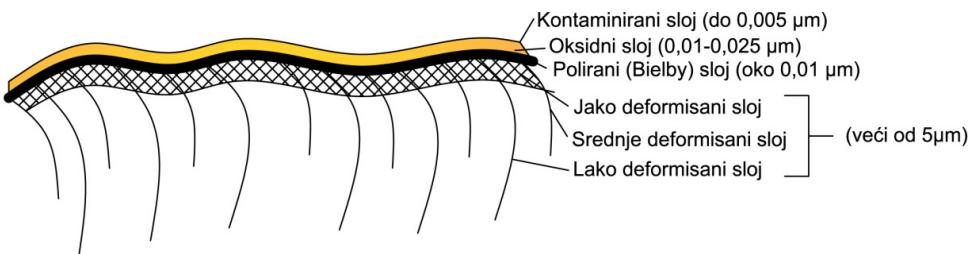
Deo koji je pretrpeo intenzivno dejstvo mehaničkog trošenja postaje neupotrebljiv prvenstveno zbog promene u dimenzijama, a ne zbog eventualnih promena u materijalu.

Kod hemijskog trošenja deo obično postaje neupotrebljiv zbog bitnih promena u materijalu (najčešće usled pogoršanja tvrdoće). Ovo trošenje nastaje kao posledica odvijanja hemijskih procesa na graničnim površinama.

Ovi procesi mogu da iniciraju trošenje (da ga pospešuju), ali takođe i da utiču na umanjenje habanja.

Kao primer iniciranja (pospešivanja) trošenja može se navesti trošenje u uslovima suvog trenja, gde nema uslova za odvođenje toplove. Na graničnoj površini se lokalno povećava temperatura do te mere da je omogućena hemijska reakcija površine metala i okolne sredine. Ovo pospešuje visok pritisak koji vlada na dodirnim površinama. Jedan od pojavnih oblika kao rezultat ovakvih delovanja je oksidacija izazvana pojavom trenja.

Međutim, kako je napred rečeno, procesi habanja mogu povoljno uticati na umanjenje trošenja. Naime, delovanjem lokalnih opterećenja u uslovima suvog trenja na površini metala se formira sloj, nastao kao posledica naglog povišenja temperature, lokalnog topljenja i brzog odvođenja toplove. Ova pojava izaziva pojavu nemogućnost vraćanja atoma u kristalnu rešetku i na taj način se formira jedan amorfni³ sloj koji se naziva *Beilbijev* sloj. U procesu razrade maštine formiranje ovog sloja stvara glatkou površinu koja uslovljava da se opterećenje raspoređuje ravnomerno po većoj površini.



Sl. 3.2. Šematski prikaz sastava površinskog sloja metala u atmosferskim uslovima

Hemijsko trošenje se uglavnom ograničava na delove koji pri normalnim uslovima eksploatacije rade u gasnoj sredini i istovremeno pri visokim temperaturama. U slučaju motora sa unutrašnjim sagorevanjem ovo se odnosi na delove cilindarske glave vezane za kompresionu komoru. Ovi delovi su istovremeno izloženi i mehaničkom trošenju (sedište ventila, žljebovi klipnih prstenova, ležaji osovnice klipa, zidovi cilindara, radne površine ventila ...). Pri takvom združenom dejstvu promene nastale kao posledica jednog uticaja deluju na promene kao posledica drugog dejstva. Na kraju jedno trošenje preuzima dominantnu ulogu i prouzrokuje neispravnost dela. Najčešće je trošenje nastalo usled mehaničkog dejstva krajnji uzročnik neispravnosti.

³ Za čvrstu supstancu se kaže da je amorfna ako njene čestice nisu uređene kao kod kristala.

Pojavama mehaničkog i hemijskog trošenja obuhvaćene su sve osnovne vrste neispravnosti u normalnim uslovima eksploracije.

Ostale vrste neispravnosti su posledica lošeg staranja o mašini u domenu tehnološke ili tehničke eksploracije. Takođe, uzroke neispravnosti treba tražiti i u greškama nastalim u procesu proizvodnje maštine ili u fazi konstruisanja.

Na trošenje delova maština utiče veliki broj činilaca :

- materijal tarućih delova (tvrdoča, žilavost..),
- kvalitet kliznih površina,
- abrazivni materijal na kliznoj površini,
- svojstva maziva,
- temperatura na kliznoj površini,
- specifični površinski pritisak,
- vreme trajanja trošenja,
- relativna brzina kretanja (tarućih površina).



Sl. 3.3. Pregoreli ventil (mogući uzroci: premali zazor ventila drži ventil otvoren, čestice čadi sprečile zatvaranje ventila, zaglavljen ventil u vođici, deformisana opruga ventila, što uzrokuje nedovoljno hlađenje)

3.2. MEHANIČKO TROŠENJE - HABANJE

I pored brižljivog ispunjavanja fabričkih uputstava koja se odnose na rukovanje, održavanje i opravku, mehanizmi maština (tarući delovi) se tokom vremena habaju. Uvođenjem sloja maziva, sile trenja, koje izazivaju habanje tarućih površina, se mogu svesti na najmanju meru. Međutim, i pored toga habanje se ne može u potpunosti eliminisati, te je stoga porast habanja neminovna.

Habanje i kvarovi su u eksploraciji veoma raznovrsni kako po uzrocima koji ih izazivaju, tako i po karakteru njihovog nastajanja. Habanje i kvarovi se mogu podeliti u tri grupe:

- **habanje i kvarovi nastali kao rezultat dugotrajnog rada mehanizma** (pojavljuju se usled dejstva sila trenja, visokih temperatura i drugih uzroka pri normalnim uslovima eksploracije. Pri tome se podrazumeva da su primenjene sve propisane mere tehničkog održavanja. Ovo habanje se može smatrati „normalnim“.),
- **habanje i kvarovi koji nastupaju brzo i često nakon kratkotrajnog perioda eksploracije mehanizma - maštine** (Ova vrsta habanja se pojavljuje uglavnom usled nepropisnog obavljanja operacija tehničkog održavanja, a ređe iz nekih drugih razloga. Tipično za ovu grupu kvarova je brzo nastupanje

neispravnosti i nose karakter havarije. Zbog toga se ova vrsta habanja naziva havarnim.).

- **habanje i kvarovi nastali kao posledica zamora materijala** (Pojedini delovi koji su duže vreme izloženi naizmeničnim opterećenjima posle izvesnog vremena naprsnu, a zatim se i polome. Ova se pojava dešava i pored brižljivo obavljenih operacija tehničkog održavanja, a uzrok kvara je zamor materijala.).

Normalno mehaničko habanje je u osnovi rezultat rada sila trenja koje se pojavljuju pri kretanju jedne površine po drugoj. Kretanje se odvija klizanjem ili kotrljanjem. U zavisnosti od uslova podmazivanja i vrste relativnog kretanja površina, mehaničko habanje može biti:

- Habanje sa trenjem klizanja (suvo, polutečno i tečno trenje),
- Habanje sa trenjem kotrljanja (suvo trenje i trenje sa podmazivanjem),
- Habanje udarnim opterećenjem,
- Habanje u čvrstoj abrazivnoj sredini,
- Habajuće dejstvo strujanja tečnosti.

Tehnički sistemi svih vrsta, bez obzira na konstrukciju, namenu i stepen razvoja imaju zajedničko svojstvo da se sastoje od većeg ili manjeg broja pokretnih mašinskih elemenata koji se zavisno od karaktera i oblika kontakta, kao i funkcije u datom sistemu mogu svrstati u nekoliko karakterističnih grupa:

- Sistemi u kojima se vrši proces prerade materijala. Ovi sistemi se međusobno razlikuju po vrstama obrade materijala (plastičnom deformacijom, rezanjem...). Zajednička im je osnovna struktura koja se sastoji od predmeta obrade, alata i sredine u kojoj se obrada vrši.
- Sistemi koji se koriste za vođenje jednog elementa po drugom (klizne staze, klizni ležajevi...).
- Sistemi u kojima se vrši prenos energije i rada. To su prenosnici snage (zupčanici, lančanici...).
- Sistemi koji se koriste za prenos informacija (breg, ekscentar, podizač...).

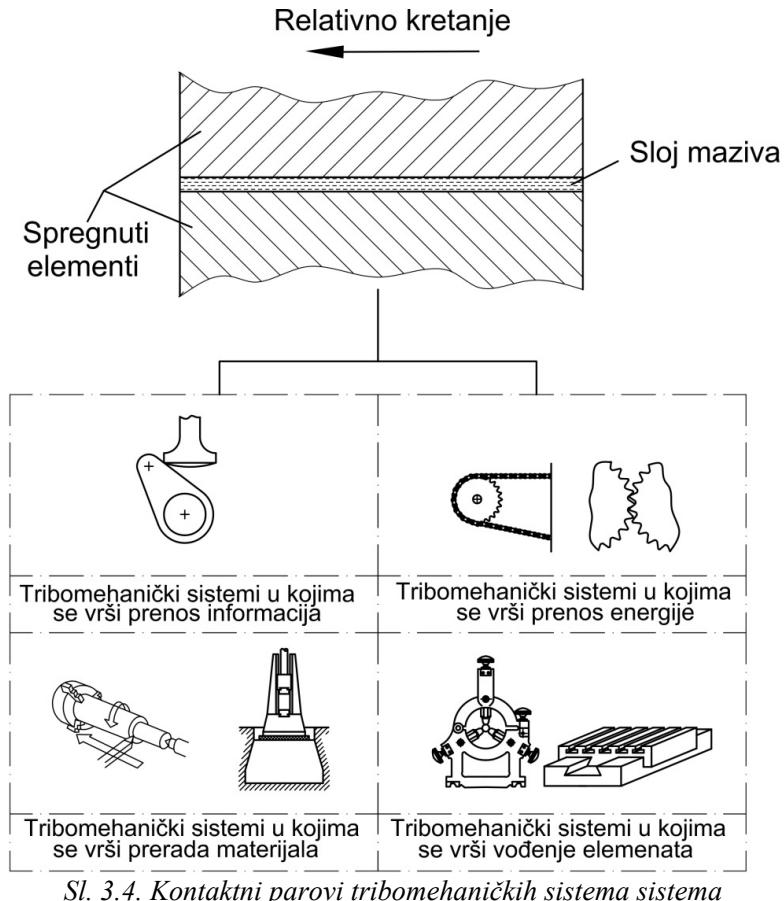
Svi navedeni sistemi predstavljaju mehaničke sisteme sastavljene od skupa elemenata povezanih odgovarajućom strukturom i funkcijom. Ovi sistemi imaju jedinstveni naziv -tribomehanički sistem⁴. Tribomehanički sistem čine dva elementa koja su u međusobnom kontaktu koji se ostvaruje preko sredstva za podmazivanje i koji se nalaze u relativnom kretanju jedan u odnosu na drugi.

Pojam tribomehaničkog sistema podrazumeva sistem čija se funkcija sastoji u pretvaranju ulaznih veličina u izlazne, tehnički korisne veličine koje se dalje koriste u procesu kretanja i rada.

U tribomehaničkim sistemima (na mestu kontakta spregnutih elemenata) odigravaju se

⁴ Tribologija je nauka i tehnologija o prenosu i rasipanju masa i energije u mehaničkim sistemima sa posebnim osvrtom na problematiku trenja, habanja i podmazivanja.

različiti procesi. **Prvi proces** se odnosi na formiranje i raskidanje frikcionih veza u zoni kontakta spregnutih elemenata⁵. Da bi se moglo ostvariti međusobno kretanje između spregnutih elemenata, neophodno je uložiti određenu količinu energije (rada) na raskidanje formiranih frikcionih veza. S obzirom na to da se formiranje i raskidanje frikcionih veza neprekidno odvija, to se sve vreme rada tribomehaničkog sistema jedan deo energije troši na savladavanje trenja⁶. Jedan od načina borbe za smanjenje rasipanja energije je podmazivanje.



Sl. 3.4. Kontaktni parovi tribomehaničkih sistema sistema

Drugi proces koji se odigrava u tribomehaničkom sistemu je kretanje masa. Naime,

⁵ Bez obzira na kvalitet obrađene površine elemenata koji se nalaze u međusobnom dodiru, na kontaktim površinama se pojavljuju neravnine (hrapavost) koje uslovjavaju pojavu diskretnog kontakta po celoj nominalnoj površini.

⁶ Smatra se da od ukupno utrošene energije koja se troši za relativno kretanje 30-50% se troši na savladavanje sile trenja.

ostvarivanjem kontakta između tarućih elemenata, dolazi i do prenosa masa sa jednog elementa na drugi. Posledice kretanja masa u tribomehaničkim sistemima je promena masa i dimenzija, odnosno razvoj procesa habanja na oba elementa u kontaktu. Ne postoji elemenat tribomehaničkog sistema na kome se ne razvija proces habanja za vreme rada sistema. Promena mase dela u dodiru, promena njihovog oblika i dimenzija dovodi vremenom do njihove nesposobnosti da vrše svoju funkciju, odnosno do prekida rada tribomehaničkog sistema i opreme u kojoj je isti sadržan. Zamenom pohabanog elementa novim, tribomehanički sistem ponovo postaje sposoban da dalje vrši svoju funkciju.

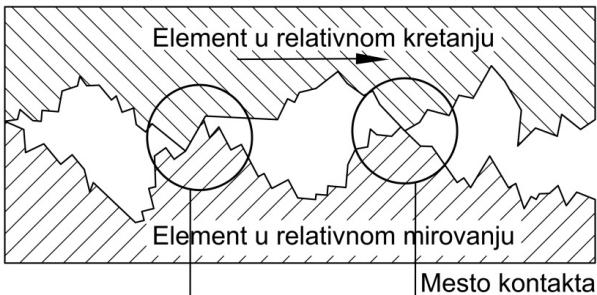
Mazivo⁷ kao treći elemenat tribomehaničkog sistema trpi promene u procesu rada. Nakon određenog vremena rada u mazivu se nalaze čestice materijala oba spregnuta elementa, a dolazi i do promene osnovnih fizičko - hemijskih karakteristika maziva (viskozitet, pH vrednost...). Zbog promene fizičko - hemijskih karakteristika, kao i neprekidnog porasta sadržaja čestica mase čvrstih tela, mazivo vremenom postaje nedovoljno kvalitetno sa gledišta vršenja funkcije (podmazivanje i odvođenje toplote) što neminovno uslovljava njegovu promenu. Ovo znači da i mazivo kao treći elemenat sistema postaje „pohabano“.

3.2.1. Habanje usled trenja klizanja

3.2.1.1. Suvo trenje klizanja

Suvo trenje nastaje u slučaju relativnog kretanja suvih (nepodmazanih) površina (**adheziono habanje**).

Intenzitet habanja, pri konstantnom opterećenju srazmeran je prednjem putu. Takođe, intenzitet habanja pri konstantnoj brzini relativnog kretanja spregnutih elemenata i temperaturi upravno je srazmerno porastu površinskog pritiska. U slučaju kada je relativna



Sl. 3.5. Suvo trenje klizanja

brzina klizanja spregnutih elemenata promenljiva, tada čak i u slučaju stalne temperature i pritiska za intenzitet habanja se ne može postaviti nikakvo pravilo. Takođe je interesantno napomenuti da koeficijenat trenja i intenzitet habanja nemaju definisane međusobne zavisnosti.

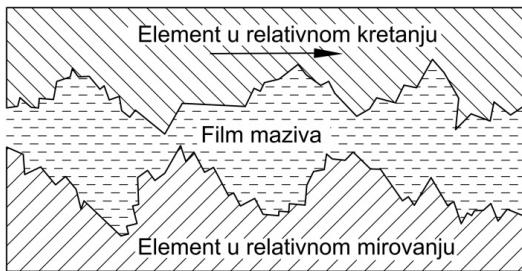
Mikroskopska ispitivanja ukazuju da se u slučaju suvog trenja klizanja površinske neravnine kliznih površina međusobno zakače i kao posledica nastaju hladne deformacije, plastične promene i smicanje. Ova pojava je slična radu turpije.

⁷ Mazivo kao treći elemenat tribomehaničkog sistema ima ulogu da: smanji trenje u zoni kontakta, uspori proces habanja elemenata u dodiru

3.2.1.2. Tečno trenje klizanja

U slučaju uvođenja maziva između kliznih površina, a koje stvara neprekidan sloj uljnog filma, habanje će biti neznatno sve dok je debljina maziva veća od visine površinskih neravnina.

U takvim slučajevima podmazivanje je savršeno i postoji stanje čistog tečnog trenja klizanja. U takvim okolnostima otpornost materijala protiv habanja nema posebnog značaja. Značajna je jedino sposobnost trajnog podnošenja naprezanja na pritisak koji se javlja u ulnjom sloju.



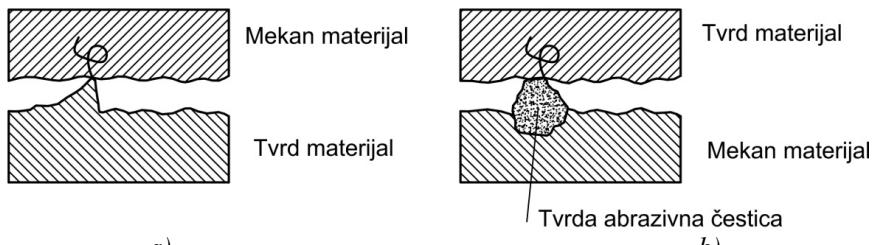
Sl. 3.6. Tečno trenje klizanja

Sredstvo za podmazivanje koje se unosi između kliznih površina često sadrži nečistoće u vidu čvrstih čestica, a koje u toku eksploracije prouzrokuju habanje. Pri tome na povećanje intenziteta habanja utiču metalne čestice, koje mogu biti prisutne kao posledica odvajanja delova kliznih površina. Sem ovoga, u mazivi sloj mogu dospeti ostaci abrazivnih čestica zaostalih iz procesa obrade, kao i čestice peska zaostale iz procesa livenja ili peskiranja (čišćenja odlivka). Ove čestice nemaju štetnog dejstva sve dok njihova veličina ne prelazi debljinu uljnog filma. Čak i u slučaju prelaska ove dimenzije, štetnih posledica nema, ukoliko je tvrdoća ovih čestica manja od najmekšeg materijala u posmatranom sistemu podmazivanja.

U slučaju da je dospela čestica čija je tvrdoća veća od tvrdoće spregnutih elemenata, tada se ona upresuje u element koji je izrađen od mekšeg materijala i dalje se javlja efekat sličan turpiji, te nastaje pojačano habanje tvrđeg elementa u sistemu (**abrazivno habanje**).

Najčešće se navode tri porekla štetnih čestica u ulnjom sloju:

- prašina,
- tvrde površinske čestice žilavog osnovnog materijala i
- oksidacione čestice kliznih površina.



Sl. 3.7. Habanje tarućih površina različite tvrdoće

a)-adheziono habanje (tvrdi materijal haba meksi); b)-abrazivno habanje (tvrdi abrazivni čestici upresovana u meksi materijal, intenzivnije se haba tvrdi materijal)

Habajuće dejstvo ovih čestica zavisi od veličine, oblika, tvrdoće i količine čestica, kao i tvrdoće i žilavosti tarućih površina spregnutih elemenata.

Abrazivno habanje je dominantan vid habanja i smatra se osnovnim uzrokom otkaza elemenata tribomehaničkih sistema. Smatra se da u ukupnom habanju elemenata i sistema abrazivno habanje učestvuje sa preko 50%.

Zapremina materijala koja se ukloni sa dela izloženog abrazivnom habanju može se izračunati prema jednačini:

$$V = k_{ab} \cdot \frac{F \cdot s}{H} \quad \dots(3.1)$$

gde je:

k_{ab} – koeficijent abrazivnog habanja

F – sila

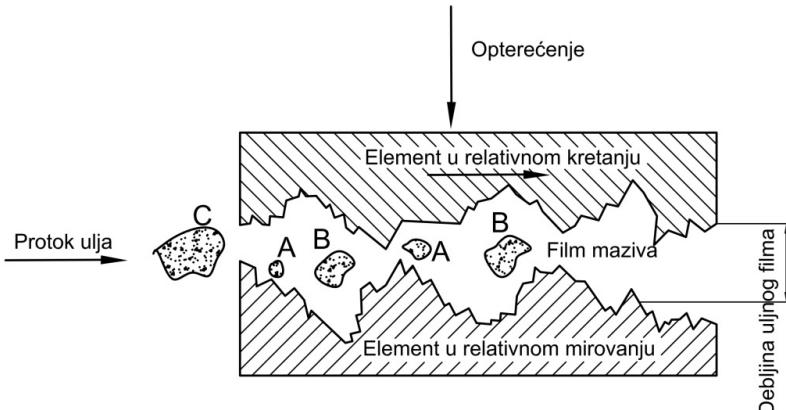
s – put delovanja

H – tvrdoća materijala

Izvođenje prethodne jednačine zasnovano je na idealizovanom modelu. Ali, i pored toga, eksperimentalni rezultati pokazuju dobro slaganje sa pomenutom jednačinom. Iz izraza sledi da je zapremina pohabanog materijala usled abrazije srazmerna opterećenju i pređenom putu, a obrnuto proporcionalna tvrdoći mekšeg materijala u dodiru.

Istraživanja pokazuju značajnu zavisnost veličine abrazivnog habanja od tvrdoće materijala. Ako se sa H_m označi tvrdoća metala, a sa H_a tvrdoća abrazivne materije, onda se u zavisnosti od odnosa H_m/H_a mogu razlikovati tri slučaja. Za $H_m > H_a$ zapremina pohabanog materijala je mala i ovakvo habanje se označava kao lako abrazivno habanje. Za slučaj $H_m < H_a$ nastaje izrazito habanje koje se naziva teško abrazivno habanje. Ova zapažanja navode na zaključak o mogućim pravcima za smanjenje abrazivnog habanja. Ispitivanja pokazuju da se lako abrazivno habanje postiže za $H_m/H_a > 0,8$. Za vrednosti odnosa $H_m/H_a < 0,8$ javlja se teško abrazivno habanje. Kao gornja granica za metale uzima se $H_m/H_a \approx 1,3$, jer se daljim povećanjem tvrdoće materijala koji se haba ne dobija znatno poboljšanje u pogledu otpornosti na abraziju.

Abrazivno habanje definiše se kao proces odstranjivanja materijala sa površina u kontaktu i relativnom kretanju i posledica je delovanja neravnina tvrde površine po površini mekšeg materijala ili delovanja tvrdih čestica različitog porekla na ili između površina materijala. Imajući u vidu činjenicu da tvrde čestice mogu biti slobodne ili vezane, zavarene ili utisnute u jednu ili obe površine, pod abrazijom se podrazumevaju različiti procesi trajnih plastičnih deformacija materijala na površini i neposredno ispod nje (rezanje, brazdanje, zadiranje i dr.). Na slici 5.16 je prikazano dejstvo abrazivne čestice u zoni kontakta.



Sl. 3.8. Abrazivne čestice u zoni kontakta

A-čestice čija je veličina manja od debljine zazora (ne utiču na abrazivno habanje); B-čestice dimenzije zazora koje ulaze u interakciju sa površinama i izazivaju abrazivno habanje; C-čestice čija je veličina veća od dimenzije zazora (ne dopire između tarućih površina)

Kod abrazivnog habanja mehanizam delovanja je čisto mehaničke prirode i zavisi od oblika abrazivnih čestica, odnosa mehaničkih svojstava čestica i mehaničkih svojstava materijala u kontaktu, opterećenja, brzine klizanja, dubine utiskivanja, itd.

Sitne čestice produkata habanja koje se najčešće delom nalaze u mazivu zajedno sa njim cirkulišu. Ako je debljina mazivog sloja dovoljno velika, čestice izazivaju neznatna oštećenja površina. Međutim, u uslovima male i nedovoljne debljine mazivog sloja pri graničnom ili nepotpunom podmazivanju i vrlo male čestice mogu dovesti do značajnijeg habanja površina. Dejstvo takvih malih, dovoljno tvrdih čestica, u dužem intervalu ima za posledicu sitne ogrebotine (riseve), najčešće na površini mekog materijala. U tim uslovima, efekat dejstva je sličan umerenom brušenju površina.

Pri promenljivim pritiscima i brzinama klizanja (npr. kod zupčanika, ležajeva i sl.) tvrde čestice većih dimenzija mogu biti uzrok ozbiljnijih oštećenja površina u uslovima promenljive debljine mazivog sloja. Pri tim uslovima čestice cirkulišu sa mazivom vršeći oštrotadiranje površina i urezivanje žlebova i brazdi.

3.2.1.3. Polutečno trenje klizanja

Čisto tečno trenje klizanja se ostvaruje samo pod određenim uslovima, te je neophodno imati u vidu pojavu nastanka polutečnog trenja u kraćem ili dužem intervalu vremena. Polutečno trenje klizanja nastaje u momentu kada se taruće površine toliko približe da dolazi do metalnog dodira.

Prelaz iz tečnog u polutečno trenje, nastaje usled prekida uljnog filma, i to:

- na visokim temperaturama i malim pritiscima (nastaje toplo polutečno trenje

klizanja pri čijem odvijanju toplotu može izazvati trenje ili drugi nezavisni izvor toplote),

- na nižim temperaturama i visokim pritiscima (nastaje polutečno trenje kao posledica visokog pritiska na habajuću površinu),
- na visokim temperaturama i pri visokim pritiscima (nastaje ekstremno granično polutečno trenje).

Pri lakom delimično tečnom trenju klizanja dejstvo tečnosti je značajno. Metalni dodir nastaje samo na vrhovima neravnina i kratkog je trajanja. Kompaktan uljni film cepa se samo na delice sekunde, a strujanje fluida se još može smatrati lamilarnim. Hlađenje je intenzivno, a pritisak je u granicama normale. Ovakvo stanje polutečnog trenja se javlja u fazama startovanja (pokretanja) ili usporavanja (zaustavljanja) relativnog kretanja tarućih površina⁸.

Vruće delimično tečno trenje klizanja se javlja kao posledica toplotne nastale usled trenja. Stepen zagrejanosti usled kratkotrajnog (blic) dodirivanja dovodi do lokalnog povišenja temperature koje može biti toliko da dovede do lokalnog topljenja materijala. Ova pojava se teško može sprečiti uljem a ni mastima s obzirom da na ovako visokim temperaturama dolazi do rastvaranja većine aditiva pa i onih koji deluju na prijanjuće svojstvo ulja. Jedino sredstva čvrste konzistencije (kao što su koloidni grafit ili molibden sulfat) su otporna na ova toplotna dejstva. Trajno rešenje ovog problema se postiže primenom mekšeg materijala za ležaje a čija niža tačka topljenja sprečava zaribavanje. U takvim slučajevima se za rukavac koristi materijal sa povećanom površinskom tvrdoćom i vrlo kvalitetno obrađenom površinom. Ukoliko visoka temperatura maziva izaziva grejanje mašinskih delova kao što se to dešava kod klipova, klipnih prstenova i slično, stabilnost maziva se postavlja kao obavezan uslov. Ovo je od posebnog značaja kod motora SUS, gde visoke temperature redovno izazivaju jaka fizička i hemijska dejstva (štetna) u cilindarskom prostoru motora.

Pri pojavi polutečnog trenja klizanja uz pojavu visokih pritisaka, metalno dodirivanje poprima stalni karakter i javljaju se velika površinska naprezanja uz minimalno proklizavanje. Ova pojava se javlja kod kotrlajućih i kliznih ležaja, zupčanika i rukavaca sa klatećim kretanjem. U ovakvim slučajevima je potrebno hlađenje ispiranjem a što se ne može postići mazivim mastima te njihovu upotrebu treba isključiti. Svojstva ulja koja se primenjuju u takvim slučajevima poboljšavaju se aktivatorima, masnim dodacima i koloidnim grafitom. Previše rafinirano ulje pogoršava uslove podmazivanja. Korisna je primena ulja sa povećanim viskozitetom (povećanje viskoziteta je moguće sve do granice pojave povećanja temperature).

Ekstremno, granično, trenje se javlja na mestima gde se pod visokim pritiskom odvija stalno proklizavanje praćeno pojmom toplotne koja se ne može kompenzirati

⁸ Kod rukavaca sa velikim brojem obrtaja, kao i kod klatećih rukavaca povećanje sposobnosti podmazivanja, kao i otklanjanje nedostataka viskoznog podmazivanja, se može postići primenom aktiviranih ili grafitiranih maziva. U slučaju malih brzina isti efekat se postiže primenom masti i gustih sredstava podmazivanja.

hlađenjem. Ovakve vrste habanja nastaju kod hipoidnog ozubljenja, pužnih prenosnika i slično, gde je metalnim trenjem obuhvaćen veći deo površine, a prekomerno razvijanje toplote obuhvata celu površinu.

3.2.2. Habanje usled trenja kotrljanja

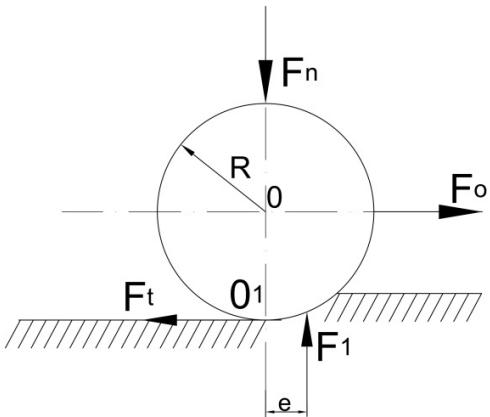
3.2.2.1. Suvro trenje kotrljanja

Efekti habanja u uslovima suvog trenja kotrljanja nastaju pod uticajem promenljivih sila, koje su upravne na površinu i koje u tački dodirivanja u tangencijalnom pravcu izazivaju naprezanje. Ovo naprezanje dovodi do pojave zamora materijala, koja u konačnom prouzrokuje ljuštenje dodirnih površina čime nastaje otkidanje sitnih čestica sa kontaktne površine. Debljina otkinutih ljuspica zavisi od efekata naprezanja koja se provociraju u površinskom sloju, od veličine površine obuhvaćene površinskom deformacijom, kao i od karakteristika materijala (definisane modulom elastičnosti).

S obzirom da je zbog pojave turbulencije pritisak promenljivog intenziteta, javlja se naizmenično opterećenje koje uslovjava pojavu zamora materijala. Promenljiva naprezanja u vidu pritiska i istezanja koja proizvode kotrljajuća tela na površini mogu da dovedu i do elastičnih deformacija usled čega nastupa (u slučaju naizmeničnog opterećenja) prestanak čistog kotrljanja i nastaje trenje između kotrljajućih površina. Ovo nakon izvesnog vremena eksploracije dovodi do gubljenja kotrljajnog sloja.

3.2.2.2. Tečno trenje kotrljanja

U slučaju da se između kotrljajućih površina nalazi tečnost (mazivo), tada je pojava ljuštenja površinskih slojeva i stvaranje „jamica“ više izražena nego kod suvog trenja



Sl. 3.9. Suvro trenje kotrljanja

definisane modulom elastičnosti)

kotrljanja. Uzrok ovoj pojavi je činjenica da kotrljajuća tela istiskuju tečnost. Sredstvo za podmazivanje većim delom struji u jednom prostoru klinastog oblika, ispred kotrljavajućih površina, a u suprotnom smeru kotrljanja. Kao posledica tog dejstva nastaje turbulencija, a usled viskoziteta maziva javlja se znatan pritisak.

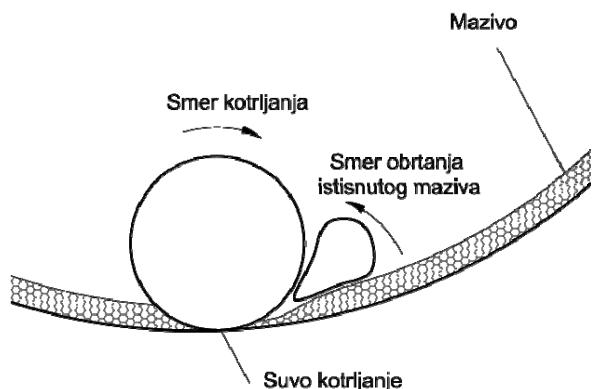
Pod dejstvom ovog pritiska sredstvo za podmazivanje dopire u najfinije pore na površini delova, u pukotine zaostale iz faze mašinske obrade (tragovi brušenja, struganja ...) i vrše njihovo proširivanje.

3.2.3. Eroziono habanje

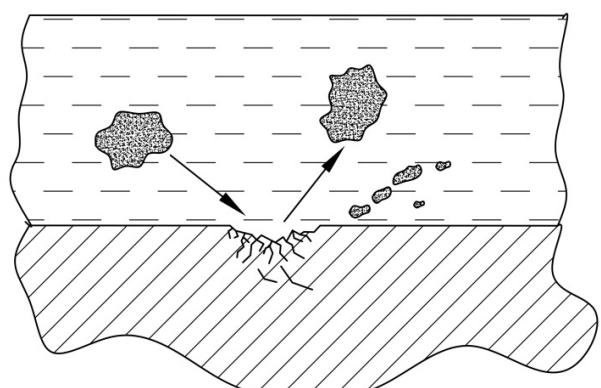
Od svih poznatih vidova habanja ovaj vid je najmanje ispitani. Neosporno se može konstatovati da protiv ovog vidiha habanja najpovoljnija svojstva pokazuju žilavi materijali koji dobro podnose i postupke hladnog oblikovanja. Značajno je da pri takvim deformacijama površine ne postanu krte. Pri pojavi habanja pod uticajem udarnog opterećenja redovno se zapažaju i efekti korozije i oksidacije.

3.2.4. Habanje u čvrstoj abrazivnoj sredini

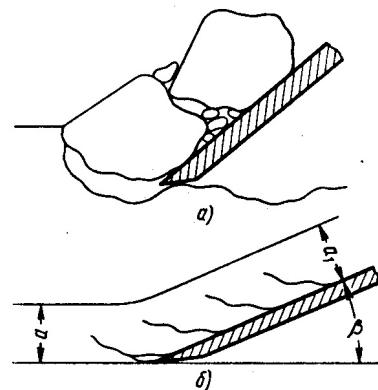
Alatke za obradu zemljišta (raonik, plužna daska, kultivatorske motičice...) obavljaju svoju funkciju u čvrstoj abrazivnoj sredini. Na habanje u takvim uslovima utiče više različitih činilaca što otežava proučavanje



Sl. 3.10. Tečno trenje kotrljanjem



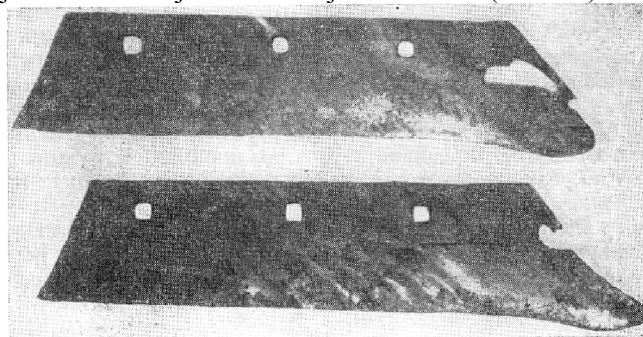
Sl. 3.11. Habanje usled udarnog naprezanja



Sl. 3.12. Dejstvo zemljišta na površinu raonika

zakonitosti procesa habanja. U slučaju raonika na habanje utiče struktura zemljišta kao čvrsta abrazivna sredina, njen sastav, vlažnost, veličina plastice, relativna brzina iste, kao i pređeni put, materijal raonika (struktura materijala, tvrdoća) i kvalitet površine (glatkoća). Pored navedenih mehaničkih dejstava, na veličinu habanja može u ovim slučajevima da utiče i zemljšna korozija.

Prema istraživanjima Vasiljeva, Ermolova i Barutina najveće habanje raonika nastaje dejstvom zemljšnih čestica čije su dimenzije 0.25-1 mm (sl. 3.13.).

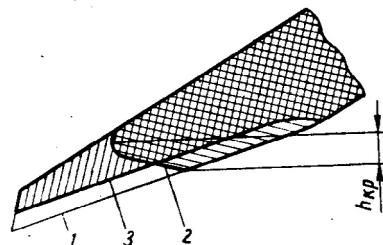


Sl. 3.13. Raonik po habanju česticama veličine 0.25-1 mm

Zatupljenje raonika karakteriše povećanje radijusa r (sl. 3.14.). Pojava radijusa posebno negativno utiče pri obradi lucerišta. Istovremeno sa zatupljenjem oštice dolazi do modifikacije leđnog ugla raonika ε_3 . Veličina ovoga ugla kod zatupljenih raonika iznosi $10 - 12^\circ$, a kod ekstremnih habanja i do 20° .

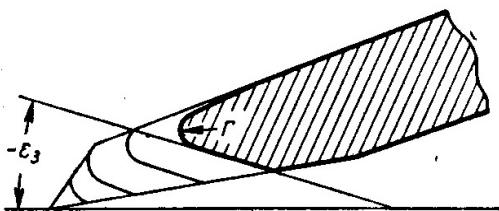
Radom raonika dolazi do intenzivnog habanja donje površine (sl. 3.15.) čime se formira potiljačna površina visine h_{kp} , te se na taj način povećava otpor rezanju. Kod raonika starijih generacija (raonika izrađenih od jednog materijala) regeneracija ovih raonika se vršila otkivanjem (kovačkim oštrenjem).

Za dugotrajniji rad raonika proizvode se dvoslojni «samooštreci» raonici. Od starog monometalnog raonika on se razlikuje nešto manjom debljinom oštice (3-3.5 mm umesto 4-5 mm kod monometalnog) i postojanjem tankog sloja tvrdog metala debljine 1.4-2.0 mm nanešenog na donjoj površini oštice raonika.



Sl. 3.14. Sečivo raonika
1-do početka rada, 2-posle
obrazovanja potiljačne površine
granične visine h_{kp} , 3-posle kovačkog
oštrenja

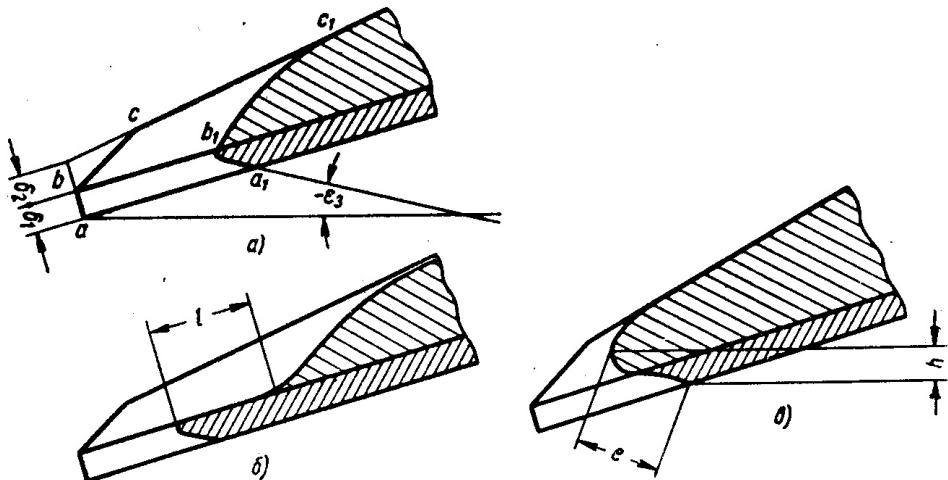
Proces habanja samooštretćeg bimetalnog raonika šematski je prikazan na slici 3.16. Oštrica raonika posle obrade određenog broja hektara poprima novu formu $a_1b_1c_1$. Pri manjem habanju sloja, oštrica obrazuje potiljačnu ivicu a_1b_1 koja je pod uglom u odnosu na dno brazde $\varepsilon_3 \approx 12^\circ$. Otpor nastao ovako formiranom potiljačnom površinom ne može bitnije da ugrozi postojani rad pluga, pošto je debljina nanešenog sloja tvrdog metala $\sigma_1 = 1.4\text{--}2 \text{ mm}$.



Sl. 3.14. Izmena profila oštice raonika obradom tvrdog glinovitog zemljišta

Presek raonika sklonog prekomernom samooštrenju prikazan je na slici 3.16.b. Povećano (prekomerno) habanje osnovnog materijala raonika uzrokuje brže trošenje gornjeg sloja, čime se povećava dužina L. Povećanje dužine L ima za posledicu stvaranje konzole tvrdog metala i njeno pucanje (skraćivanje veka trajanja raonika).

Na slici 3.16.c prikazana je šema raonika kod koje odsustvuje samooštrenje, jer se donji materijal troši brže od gornjeg čime se obrazuju povećane vrednosti dimenzija h i e.



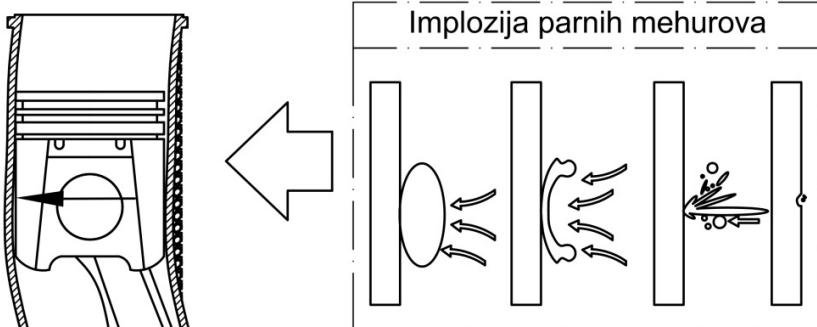
Sl. 3.16. Šema habanja bimetalnog samooštretćeg raonika
a) normalno habanje, b) presek raonika sklonog preteranom samoošterenju, c) presek raonika kod koga je izostalo samooštrenje

Intenzitet habanja duž oštice raonika nije jednak. Najintenzivnije se haba vrh raonika dok se zadnji kraj raonika troši znatno sporije

3.2.5. Habajuće dejstvo strujajuće tečnosti

Na mnogobrojnim poljoprivrednim mašinama habanje nastaje kao posledica strujanja tečnosti (delovi prskalice, pumpe...). Do habanja površine dolazi pod uticajem tečnosti koja struji velikom brzinom. Ovo se tumači fenomenom kavitacije. Kavitacija je dinamička pojava koju karakterišu hidrodinamička svojstva strujanja i fizičke osobine tečnosti. Nastaje u uslovima kada se lokalno poveća brzina strujanja tečnosti do te mere da ista izazove pad pritiska koji pri datim temperaturnim uslovima uzrokuju pojavu mehurića. Imajući u vidu da je ovo pojava lokalnog karaktera, već u sledećem trenutku se uslovi menjaju (brzina strujanja opada, pritisak opada ...) te dolazi do prskanja tog mehura. Ovaj proces se odvija veoma brzo, te se dešava da prskanje mehura dovodi do još većeg lokalnog ubrzanja tečnosti koja udara u površinu materijala izazivajući naprsline i šupljine. Kavitationsko razaranje je pojava praćena razlikom pritiska, topotom, svetlosnim efektom i električnim nabojem a praćena je i znatnim mehaničkim efektima.

Ova vrsta habanja često se javlja i na spoljašnjim površinama zida cilindra. Naime, kavitationsko habanje nastaje u pravcu upravnog na osu kolenastog vratila kao posledica vibracija, visokih frekvencija, nastalih usled pritiska sagorevanja i promene strane oslanjanja klipa o cilindar (u mrtvim tačkama). Usled vibracija (zbog inertnosti) u trenutku dolazi do odvajanja sloja tečnosti od zida cilindra. U toj oblasti zbog niskog pritiska nastaju mehurovi koji po povratku cilindra pucaju (implodiraju), što izaziva udarno delovanje rashladne tečnosti na zid cilindra. Energija udara dovodi do odvajanja sitnih delova materijala sa spoljašnjeg zida cilindra. Ovaj vid habanja karakteriše da se nastala rupa širi od površine ka unutrašnjosti materijala⁹.



Sl. 3.17. Dejstvo kavitacije na zid cilindra

Rezultati istraživanja su potvrdili da nerđajući materijali pokazuju najveću otpornost na kavitationsko dejstvo. Kod čeličnih materijala pokazalo se povoljnim legiranje sa niklom, kao i postupci koji se izvode u interesu povećanja tvrdoće.

⁹ Savremene rashladne tečnosti (antifrizi) sadrže aditive koji sprečavaju nastanak kavitacije u sistemu za hlađenje motora. Ovi aditivi se vremenom troše pa je neophodno na vreme zameniti aditiv novim (prema preporukama proizvođača, najčešće jednom u dve godine)

3.2.6. Habajuće svojstvo različitih materijala

Prema različitim vidovima habanja različiti materijali se različito ponašaju. Pri proučavanju habajućih svojstava polazi se od međusobnog dejstva materijala. Iz tog razloga, tokom razmatranja dejstva habanja, posmatraju se uzajamno dva materijala koja se nalaze u spregu. Otpornost na habanje se može povećati legiranjem. Tako na primer, sadržaj fosfora do oko 1 % povećava otpornost na habanje. Pri tome je bitno da je fosfor raspoređen u obliku fino raspoređene fosfidne mreže.

Hromovi čelici imaju izvanrednu čvrstoću, tvrdoću, otpornost na habanje i otpornost prema oksidaciji na normalnoj i povišenoj temperaturi. Sadržaj hroma od oko 0,3 % energično povećava otpornost na habanje, a posledica je uticaja hroma na formiranje sitnozrnaste strukture, kao i na stvaranje karbida uz povećanje sadržaja ugljenika, a time i na povećanje tvrdoće.

Nikl je otporan na delovanje vazduha, vlage, baza i organskih kiselina. Po mehaničkim i tehnološkim osobinama sličan je čeliku. Upotrebljava se za legiranje čelika i livenog gvožđa. Čeliku povećava čvrstoću, tvrdoću, žilavost i otpornost prema hemijskim uticajima. Ima dobra mehanička svojstva i veliku hemijsku otpornost. Upotrebljava se za izradu lopatica turbina, armatura za paru, brodskih elisa, kovanog novca i ukrasnih predmeta. Nikl, kao i silicijum pospešuju stvaranje grafitnih struktura te zbog toga ne povećavaju otpornost na habanje.

Molibden ima veliku zateznu čvrstoću koju zadržava i na povišenim temperaturama. U topлом stanju može se kovati. Koristi se za legiranje čelika. Povećava čeliku čvrstoću, tvrdoću, žilavost i otpornost prema hemijskim uticajima. Molibden je elemenat izrazite sposobnosti ka stvaranju karbida koji su otporni na visoke temperature.

Vanadijum se takođe ističe stvaranjem karbida, međutim isti sa gvožđem stvara čvrst rastvor, te se otpornost na habanje postiže pri legiranju u malim procentima (max. 0,33 %). Ima dobru čvrstoću i tvrdoću.

Habajuće svojstvo čelika zavisi od sastava, strukture, krupnoće čestica i od tehnologije proizvodnje. Čelici za valjane ležajeve legiraju se sa hromom, manganom i silicijumom, sadrže od 0,3 do 1,0 % ugljenika. Upotrebljavaju se za izradu svih vrsta valjčića, kuglica i prstenova za ležajeve. Od čelika otpornih na habanje, posebno je poznat manganov čelik Č.3160 sa 12,5 % mangana i 1,25 % ugljenika. Primenuje se za izradu delova drobilica, bagera, železničkih šina i sl. Porast procenta ugljenika povećava otpornost na habanje što je u saglasnosti sa povećanjem tvrdoće, međutim najvećoj tvrdoći ne odgovara i najveća otpornost na habanje. Postupak otpuštanja nakon kaljenja u izvesnim slučajevima povećava otpornost na habanje.

U zavisnosti od svojstava i namene, legirana livena gvođa su legirana sa hromom, molibdenom, magnezijumom, niklom i silicijumom u cilju povećanja otpornosti na habanje¹⁰, sa silicijumom i hromom radi povećanja korozione postojanosti, sa niklom, manganom, bakrom, silicijumom i hromom radi povećanja hemijske postojanosti i sa

¹⁰ Liveno gvožđe legirano sa hromom i molibdenom pokazuju najbolju otpornost na habanje.

hromom, niklom, silicijumom i aluminijumom radi povećanja postojanosti na visokim temperaturama (vatrootporni liv).

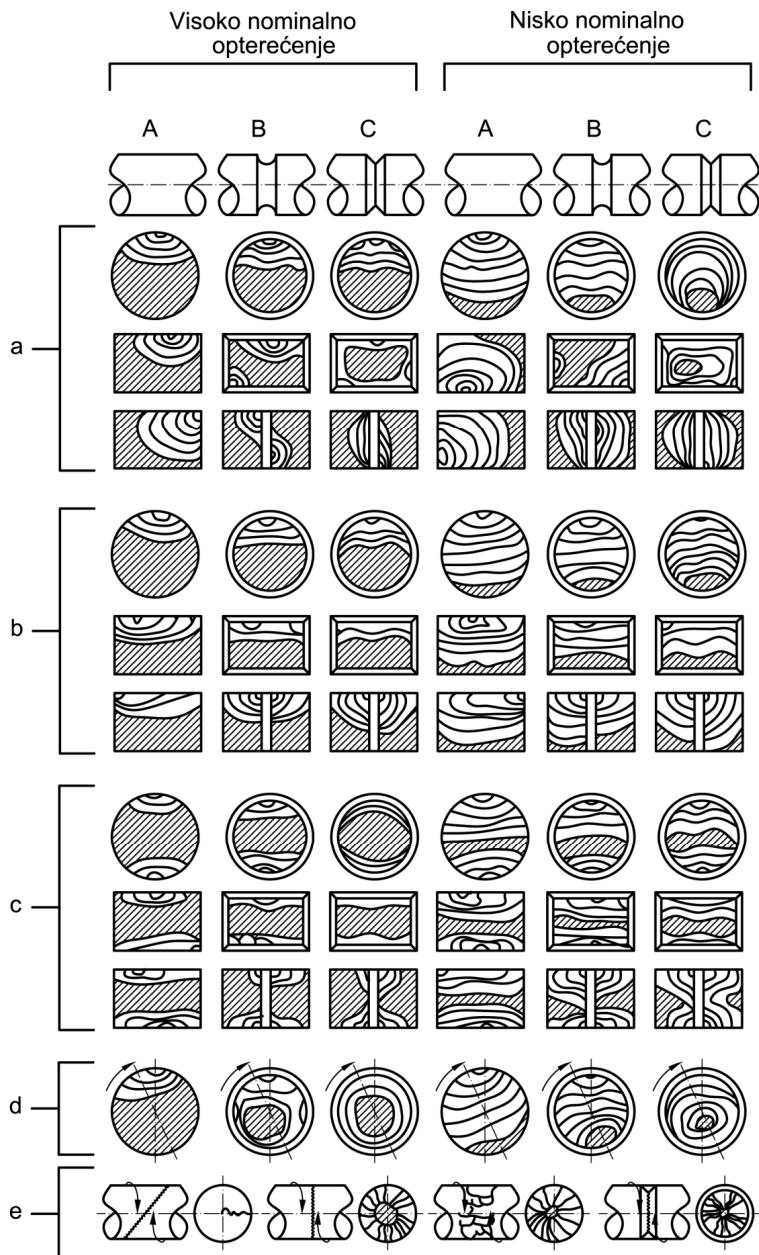
3.3. ZAMOR MATERIJALA

Pri pojavi delovanja relativno malog opterećenja koje se javlja u velikom broju ponavljanja, napregnuti deo se može prekinuti, polomiti. Lom može nastati kao rezultat velike učestalosti čak i u slučajevima kada veličina spoljnog opterećenja ne dostiže ni granicu elastičnosti. Ova specifičnost metala se naziva zamorom. Zapaženo je da 90 % nastalih lomova u praksi je izazvano zamorom materijala.

Materijal delova koji je izložen učestalom delovanju promenljivog naprezanja kod svake promene naprezanja obavlja deformacioni rad određene veličine. Ovakvim naprezanjima su izložene u toku eksploatacije većine delova mašina a naročito rotirajućih vratila.

Dimenzionisanje ovakvih elemenata se ne može izvršiti po klasičnim principima dimenzionisanja. Lomovi nastaju najčešće pod uticajem lokalnih naponi koji uzrokuju zamor materijala te kod dimenzionisanja treba računati sa njihovim maksimalnim veličinama. Smatra se da zamor materijala nastaje pojavom mikropukotina na mestima koncentracije naponi u materijalu (koje se u početku redovno ni ne primećuju). Ova se pukotina stvara na površini ili u sloju blizu površine i pod uticajem učestalog naprezanja se razvija ka unutrašnjosti, nakon što se delići materijala u unutrašnjosti (u dubljim slojevima) zamore. Lomovi usled zamora materijala imaju specifične uzroke. Proces loma sa svim pratećim uzrocima loma oslikava se na površini loma (sl. 3.18.). Procenjivanje loma nije jednostavan zadatak s obzirom da na lom može uticati više različitih uzročnika.

Pored oblika dela, na proces loma može uticati i nehomogenost materijala, kvalitet površine, zaostali naponi u materijalu, kao i vibracije koje se javljaju u toku eksploatacije. Početak loma usled zamora materijala je pukotina koja se javlja uvek na mestu najvećeg naponi. Bilo kakva površinska neravnina, dekarbonizovan sloj ili drugo mesto koncentracije naponi može da posluži kao jezgro pukotine. Oštiri uglovi, useci navoja, ubušeni uljni kanali, vodice klinova, urezi u materijalu, udarni žigovi, mikropukotine nastale usled kaljenja ili zaostale površinske neravnine usled površinske obrade mogu da budu uzročnici nastanka loma kao posledica zamora materijala. Lomovi mogu biti jednostavni ili složeni. Običan ili jednostavan lom polazi iz jedne pukotine koja se kasnije proširuje na celu površinu i deo se polomi. Kod složenog loma dve ili više pukotine se spoje u jednu jedinstvenu površinu. Pukotine polaze od ivice poprečnog preseka iz različitih tačaka i proširuju se. Složeni lom se može dobro zapaziti na ožljebljjenim vratilima gde su uglovi žljebova polazne tačke pukotina.



Sl. 3.18. Mapa makroskopskog izgleda lomova usled zamora materijala (P.P. Milela, 2013.)

A-nekoncentrisano opterećenje, B-srednje koncentrisano opterećenje, C-značajno koncentrisano opterećenje, a-naizmenično opterećenje, b-jednosmerno savijanje, c-naizmenično savijanje, d-rotacija i savijanje, e-uvijanje

3.3.1. Habanje usled površinskog zamora materijala

Površinski zamor materijala se javlja kao posledica višestrukog ponavljanja koncentrisanog i cikličnog opterećenja. U normalnim uslovima sistem opterećen ovom vrstom opterećenja može nesmetano raditi bez promena na površini. Međutim, usled ponavljanja ciklusa opterećenja i rasterećenja elemenata, tj. materijala od koga su izrađeni, nakon izvesnog vremena dolazi do otkidanja delova materijala sa površine i formiranja pukotina, pri čemu taj proces ima progresivni karakter. Naime, periodično variranje vrlo visokih naprezanja materijala od nule do maksimuma ima za posledicu zamor materijala koji je vidljiv kroz oštećenja materijala po površini i neposredno ispod nje, što izaziva uklanjanje (odlamanje) delića materijala sa površina i stvaranja karakterističnog reljefa u obliku manjih ili većih pukotina (jamica) veličine od nekoliko desetina μm do približno 0,2 mm (piting).

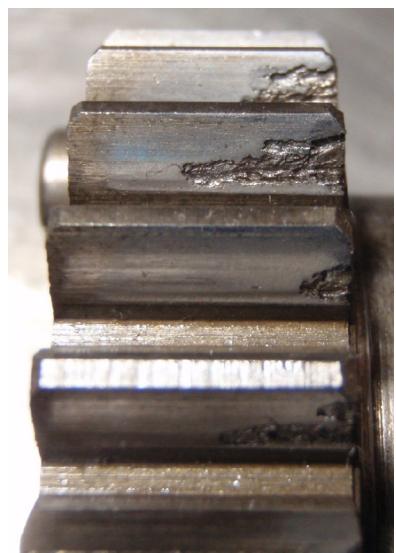
Osnovne (inicijalne) sitne pukotine formiraju se na površini ili neposredno ispod nje, i to, po pravilu, na mestima različitih nepravilnosti u strukturi kristala materijala, od kojih su najznačajnije dislokacije. Pored toga, i makro i mikro neravnine kao posledica mehaničke ili termičke obrade površina pogoduju nastanku primarnih pukotina.

Najčešće formiranje jamica kod zupčanika je oko kinematskog kruga, što se objašnjava činjenicom da se u početnoj i krajnjoj tački sprezanja opterećenje prenosi preko dva para zuba u sprezi, dok u kinematskom polu samo jedan par prenosi opterećenje, te su usled toga i kontaktna naprezanja veća.

Na početku rada, za vreme faze uhodavanja, kod novih elemenata (zupčanici, kotrljajući ležajevi, bregaste osovine, i sl.) dolazi do pojave tzv. pitinga uhodavanja ili početnog (inicijalnog) pitinga. Raspoznaće se kao oštećenje u obliku malih jamica koje su sasvim plitke i često su posledica nepravilne obrade površina. Početni piting može eliminisati početne nepravilnosti kontaktnih površina, jer prilagođavanjem površina u kontaktu i poboljšanjem mikroreljefa površina dolazi do eliminisanja lokalnih preopterećenja. U načelu se nastala oštećenja površina brzo uklanjuju normalnim habanjem površina. Ovakvo habanje ne utiče na normalne performanse i vek elemenata i sistema u celini.

Ako se nastavi dalje zamaranje materijala, formiraju se nove i proširuju postojeće pukotine, pri čemu dolazi do rasta oštećene površine. Ovo je slučaj progresivnog ili razarajućeg (destruktivnog) pitinga (sl. 3.19.).

Za slučaj teškog udarnog opterećenja, kao najnepovoljnijeg slučaja, dolazi do širenja pukotina po dubini zahvatajući široko područje materijala, što za posledicu



Sl. 3.19. Progresivni piting

može imati i lom samog elementa.

Na pojavu i razvoj pitinga posebno utiče viskoznost ulja, što se dokazuje činjenicom da sa porastom viskoznosti pretpitingove pukotine ređe i teže nastaju. Objašnjenje ovog proističe iz činjenice da ulje veće viskoznosti obrazuje deblji mazivi sloj između kontaktnih površina u relativnom kretanju, čime se smanjuje kontaktno opterećenje površina. Pri tome je otežano prodiranje ulja u pukotine i sprečen prelazak pukotine u jamicu.¹¹

3.4. ISPITIVANJE HABANJA

Metode za identifikaciju i merenje veličine habanja su složeni postupci koji zahtevaju kompleksnu analizu ispitivanog elementa ili sistema, načina njegovog funkcionisanja i uslova rada. Najčešće se ove metode dele u dve grupe. Prvu grupu čine metode koje iziskuju demontažu posmatranog mašinskog elementa u cilju analize i merenje, dok druga grupa obuhvata metode gde se identifikacija i merenje veličine habanja može obaviti bez demontaže. Druga grupa metoda ima prednost u pogledu omogućavanja identifikacije i merenja veličine habanja bez prekida rada, kao i obezbeđivanja informacija u kratkom vremenu pri različitim režimima.

Druga podela definiše direktnе i indirektnе metode. Direktnе metode su one kod kojih se veličina habanja određuje direktno, dok se kod indirektnih metoda identifikacija i ocena habanja bazira na upoređivanju sa prethodno definisanim etalonima.

Metode merenja habanja mogu biti i diferencijalne i integralne. Diferencijalne metode su one koje obezbeđuju kvantifikovanje habanja jedne ili više oblasti ispitivanja površine mašinskog elementa.

Na slici 3.20. prikazana je promena pokazatelja habanja (zazora) u funkciji vremena eksploracije. Sa slike se uočava da habanje ne pokazuje linearnost u funkciji vremena.

U prvom delu (I) krive, porast habanja je veoma intenzivan, što je posledica uhodavanja delova. Brzina habanja se izražava odnosom veličine zazora i vremena:

$$\delta = \frac{dH}{dT} \quad \dots(3.2)$$

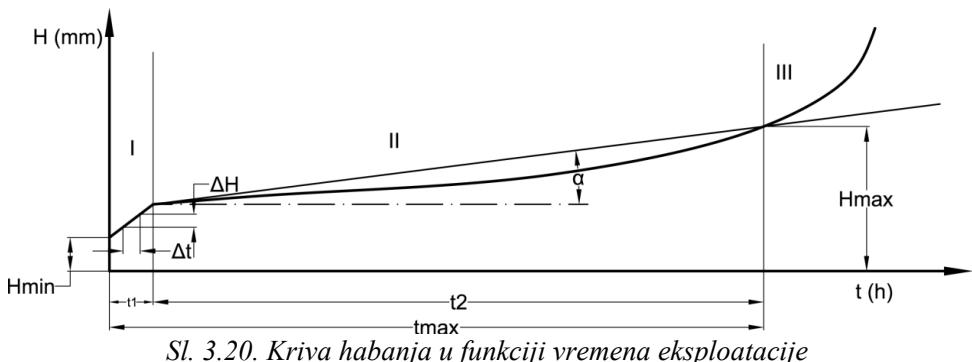
gde je :

δ - brzina habanja

dH - porast zazora usled habanja

¹¹ Pored viskoznosti, na formiranje i razvoj pitinga utiče i sastav baznog ulja sa kojim je formulisano mazivo ulje. Eksperimentalna ispitivanja su potvrđila, da je kod maziva sa parafinskom bazom nastanak i razvoj pitinga dva puta brži nego što je slučaj kod baznih ulja aromatske strukture. Jednovremeno, dokazano je da aromatske frakcije za 1,5 puta produžavaju radni vek elemenata do pojave pitinga.

dT - radni časovi eksploracije datog habanja



Sl. 3.20. Kriva habanja u funkciji vremena eksploracije

U drugoj fazi (II), habanje se sporo i ujednačeno odvija. Na brzinu habanja u ovoj fazi su od uticaja radni uslovi maštine, tačnost zazora uparenih delova, kvalitet površinske obrade, kvalitet materijala rukavca i ležaja, kao i kvalitet podmazivanja.

U trećoj fazi (III) kriva habanja se naglo uspinje i u ovom polju pouzdanost delova postaje problematična, a velika dinamička naprezanja koja nastaju usled povećanog zazora mogu izazvati lom dela. U slučaju nastavka eksploracije maštine, verovatnoća pojave havarnih kvarova se znatno povećava a time i troškovi opravki.

Ukupno vreme upotrebe dela se sastoji od zbiru vremena potrebnog za uhodavanje i vremena provedenog u korisnoj eksploraciji:

$$t_{\max} = t_1 + t_2 \quad \dots(3.3)$$

gde je :

t_1 - vreme uhodavanja (h)

t_2 - vreme provedeno u korisnoj eksploraciji (h)

Tokom eksploracije moguće je prepostaviti da će kriva u području faze (II) biti približna pravoj liniji. Tada se može prihvatići da je zazor zbir početnog zazora i tangensa ugla krive (prave) u pojedinom momentu tokom faze (II):

$$H_{\max} = H_{poc} + t_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (mm) \quad \dots(3.4)$$

gde je :

H_{poc} - vrednost početnog zazora

α - ugao uspona krive (prave)

Ugao uspona (α) krive ukazuje na veličinu intenziteta habanja odnosno brzinu povećanja zazora. Manji ugao α podrazumeva duži period eksploracije uz konstantno povećanje zazora.

Vreme korisnog rada iznosi:

$$t_2 = \frac{(H_{\max} - H_{poc})}{tg \alpha} \quad (h) \quad \dots(3.,5)$$

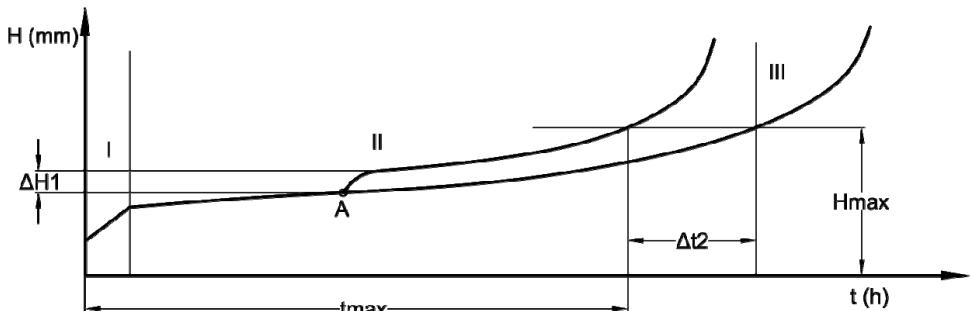
Dok je vreme upotrebe (eksploatacije) dela:

$$t_u = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{(H_{\max} - H_{poc})}{tg \alpha} \quad (h) \quad \dots(3.6)$$

S obzirom da je vreme uhodavanja mašine znatno kraće od vremena korisnog rada (eksploatacije), ono se u analizi može i zanemariti. Tada sledi da vreme upotrebljivosti jednog dela iznosi:

$$t_{\max} = \frac{(H_{\max} - H_{poc})}{tg \alpha} \quad (h) \quad \dots(3.7)$$

Uticaj preopterećenja ili neadekvatnog tehničkog održavanja na porast habanja prikazan je na dijagramu habanja naglim odstupanjem od kontinualnog dela krive (u fazi – II, sl. 3.20.). Ovo odstupanje nastaje u naznačenoj tački (A).



Sl. 3.21. Promena krive habanja usled preopterećenja ili neadekvatnog održavanja

Kao posledica preopterećenja javlja se nagli porast temperature, što neminovno dovodi do poremećaja viskoziteta korišćenog ulja, a time i sposobnosti podmazivanja. Usled ovoga, javlja se porast sile trenja što uzrokuje porast habanja. Promena habanja dobija vrednost ΔH_1 . Ova vrednost habanja ne mora da predstavlja značajnu veličinu u apsolutnim vrednostima, međutim prouzrokuje skraćenje perioda eksploracije Δt_2 . Nakon prestanka preopterećenja nastavlja se uobičajeni tempo habanja.

3.4.1. Metode identifikacije i merenja habanja na osnovu promene mase i dimenzija elemenata

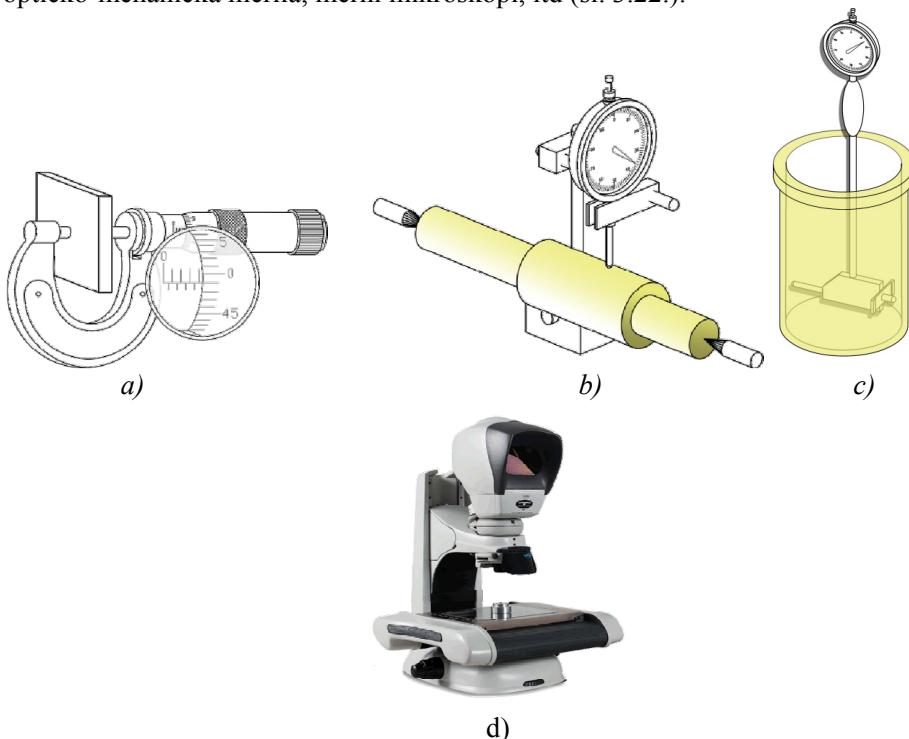
Metode identifikacije i merenja habanja putem promene mase i dimenzija najčešće su korišćene i zasnavaju se na merenju karakterističnih veličina i ispitivanju mašinskih elemenata pre i nakon eksploracije ili laboratorijskih ispitivanja.

3.4.1.1. Merenje habanja ispitivanjem promene dimenzija

Merenja habanja pomoću mernog instrumenta primenjuju se za merenje većih apsolutnih veličina habanja. Ova metoda se primenjuje za merenje promene dimenzija i oblika usled habanja. Tačnost merenja zavisi od primenjenih mernih instrumenata i obično iznosi 0,01 mm. Primenom mernih instrumenata moguće je realizovati merenja sa tačnošću do 1 µm.

Mala osetljivost mernih instrumenata¹² i mogućnost merenja samo velikih apsolutnih veličina habanja osnovni su nedostatak ovih metoda. Pored toga, nedostatak metode je problem merenja na istom mestu pre i nakon ispitivanja, kao i zavisnost od temperaturnih uslova i uslova okoline pri merenju.

Od mernih instrumenata primenjuju se granična merila, mikrometri, komparatori, optičko-mehanička merila, merni mikroskopi, itd (sl. 3.22.).



Sl. 3.22. Neki od mernih instrumenata koji se koriste za merenje veličine habanja
a) mikrometar, b) komparator, c) subitor, d) merni mikroskop

¹² Osetljivost mernog instrumenta definiše se kao odnos promene pokazivanja mernog instrumenta i promene merne veličine.

3.4.1.2. Merenje habanja ispitivanjem promene mase elemenata

Ovo je integralna metoda, jer se koristi za određivanje ukupnog habanja elementa (po svim kontaktnim površinama). Primjenjuje se za identifikaciju veličine habanja mašinskih elemenata malih dimenzija.

Osnovu metode čini merenje mase elemenata pre i nakon određenog vremenskog intervala rada. Masa pohabanog materijala skinuta sa jedinice nominalne površine dodira za jedinicu puta predstavlja intenzitet habanja.

Metoda se svrstava u red jednostavnijih, manje osetljivih i manje preciznih, sa izvesnim ograničenjima u pogledu primenljivosti. Metoda se ne može primenjivati za elemente izrađene od poroznih materijala (npr. sinterovani materijali). Pored toga, ukoliko do promena dimenzija elemenata dolazi ne samo zbog odvajanja materijala, već i usled plastičnih deformacija, metoda ima ograničene mogućnosti i nije preporučljiva za primenu.

3.4.1.3. Merenje habanja profilometrom

Profilometar se koristi za određivanje veličine habanja merenjem parametara hrapavosti i valovitosti površine pre i nakon eksploatacije. Princip rada profilometara je na induktivnom, laserskom ili drugom principu. Klasični profilometri (slika 3.23.) primenjuju dijamantsku iglu sa radijusom vrha ispod $10\mu\text{m}$ i omogućavaju uvećanje pomeranja od 2000 do 12000 puta po vertikali, odnosno $50 \div 1800$ puta po horizontali.

Dobra strana ove metode je njena velika osetljivost i visoka tačnost, sa mogućnošću očitavanja veličina i ispod $1\mu\text{m}$. Imajući u vidu da se merenje može obaviti na više različitih mesta, metoda pruža mogućnost kompletiranja slike habanja elemenata i definisanja mesta intenzivnijeg habanja. Nedostatak ove metode je što nije moguće obaviti merenje uvek u istom preseku.



Sl. 3.23. Profilometar „Talysurf”

3.4.2. Metode identifikacije i merenja habanja preko produkata habanja u mazivu

Habanje je nepoželjan, ali i neminovan pratilac rada tehničkih sistema. Habanje može biti normalno i intenzivno što zavisi od njegove brzine odvijanja. Normalno habanje karakterišu produkti habanja koji su mali po dimenzijama i njihov priraštaj je konstantan u jedinici vremena. Intenzivno habanje se odlikuje naglim porastom

količine metala u ulju i povećano učešće produkata habanja većih dimenzija. Pojava čestica habanja velikih dimenzija predstavlja prvi indikator oštećenja površina. Takođe, pojedine vrste habanja imaju karakteristične oblike čestica, koje mogu ukazati na potencijalni uzrok habanja.

Za vreme analize stepena habanja nekog sistema, prvi korak predstavlja određivanje nivoa kontaminiranosti ulja produktima habanja, tj. određivanje broja metalnih čestica, jer se ovim ispitivanjem dobija najveći broj informacija. Realizacija ispitivanja se vrši pomoću uređaja-brojača čestica (sl. 3.24).

Neophodan uzorak ulja za analizu je 100 ml, dok se čistoća ulja iskazuje putem skale (tzv. ISO kod) koja je definisana standardom ISO 4406. ISO kod sadrži tri broja (npr. 21/17/12¹³) prilikom čega:

- prvi broj označava broj čestica po 1 ml ulja dimenzija jednakih ili većih od 4µm,
- drugi broj predstavlja broj čestica po 1 ml ulja dimenzija jednakih ili većih od 6µm,
- treći broj ukazuje na broj čestica po 1 ml ulja dimenzija jednakih ili većih od 14µm.



Sl. 3.24. Portable uređaj za merenje broja čestica "Parker"

Tab. 3.1. Označavanje broja čestica prema ISO 4406

ISO kod	Broj čestica (min-max)	ISO kod	Broj čestica (min-max)
10	5-10	18	1.300-2.500
11	10-20	19	2.500-5.000
12	20-40	20	5.000-10.000
13	40-80	21	10.000-20.000
14	80-160	22	20.000-40.000
15	160-320	23	40.000-80.0000
16	320-640	24	80.000-160.000
17	640-1.300		

¹³ Kodni broj 21/17/12 znači da je broj čestica većih od 4µm između 10.000 i 20.000, većih od 6 µm između 640 i 1.300 i većih od 14 µm između 20-40.

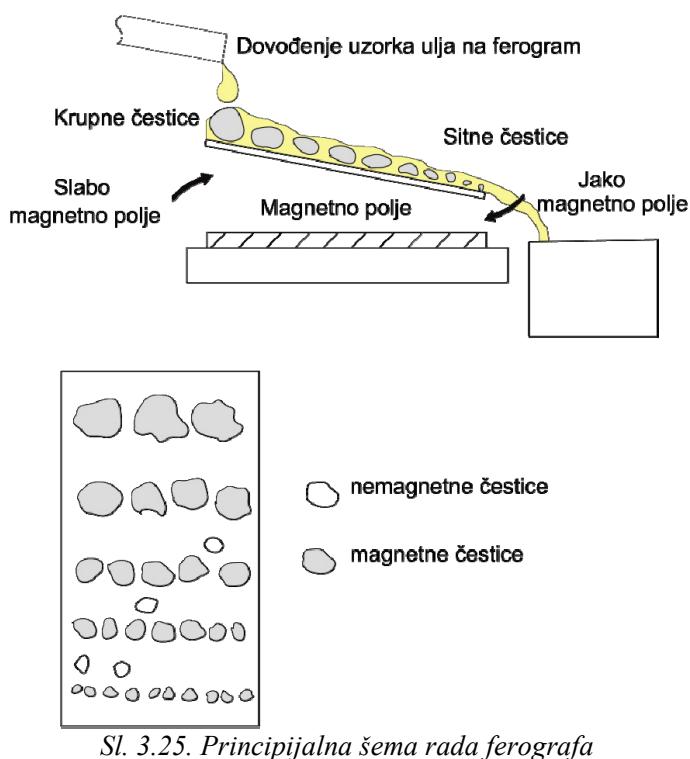
Primena brojača čestica i ISO koda za određivanje broja čestica predstavlja kvantitativnu metodu koja ne može identifikovati poreklo čestica. Ali, moguće je identifikovati povećano učešće čestica većih od 30 µm, što ukazuje na prisustvo abnormalnog habanja i koje su uzročnik havarije sistema. Ulje nije za dalju upotrebu ako u sebi sadrži ovakve produkte habanja.

Iako je svako mazivo svojstveno samo sebi, kao i uslovi u kojima se koristi, ipak se mogu usvojiti preporuke za nivoe čistoće pojedinih tipova ulja i njihove primene.

Tab. 3.2. ISO kodovi čistoće ulja (Perić S., 2013.)

Vrsta ulja	12/9/7	14/11/8	16/13/10	18/15/11	20/17/ 13	22/19/ 15	24/21/ 17	26/23/ 17
<i>Motorno</i>	Vrlo čisto	Čisto	Zaprano					
<i>Menjačko</i>	Vrlo čisto	Čisto	Zaprano					
<i>Hidraulično</i>	Vrlo čisto	Čisto	Zaprano					
<i>Turbinsko</i>	Vrlo čisto	Čisto	Zaprano					

Za otkrivanje uzroka abnormalnog habanja primarna metoda je ferografija, jer je zbog velike osetljivosti pogodna za rano otkrivanje procesa habanja. Kao metoda, ferografija se bazira na primeni uređaja (ferografa) u kojem se usled dejstva magneta izdvajaju čestice habanja suspendovane u ulju. Analitičkom ferografijom¹⁴ se omogućava određivanje veličine, sastava, oblike i teksture čestica. Ona obezbeđuje izdvajanje: feroprodukata habanja, produkata habanja nemagnetnih materijala (bakar, aluminijum, hrom, legure obojenih metala), ferooksida



¹⁴ Postoji još i ferografija sa direktnim očitavanjem, kojom se definiše trend habanja.

(koji ukazuju na neodgovarajuće uslove podmazivanja, sadržaj vlage ili pregrevanja ulja) i kontaminate (prašina, pesak i sl.). Analitička ferografija bazira se na analizi ferograma koji se dobija propuštanjem uzorka ulja preko staklene ploče ispod koje se nalazi magnet. Na početku staklene pločice (dejstvo magnetnog polja je najslabije) talože se krupnije čestice. Dalje duž pločice (proporcionalno se povećava intenzitet dejstva magnetnog polja) talože se sve sitnije čestice. Dobijena ploča sa izdvojenim (nataloženim) i raspoređenim česticama po veličini naziva se ferogram (slika 3.25.).

Na bazi koncentracije sitnih (P_{small}) i krupnih čestica (P_{large}) na ferogramu, određuju se:

Indeks intenziteta habanja S_{wi} (Severity of Wear Inex):

$$S_{wi} = (P_{large} + P_{small}) \cdot (P_{large} - P_{small}) = P_{large}^2 - P_{small}^2 \quad \dots(3.8)$$

Koncentracija čestica habanja W_{PC} (*Wear Particle Concentration*) i prosečna veličina čestica P_{LP} (*Percentage Large Particles*):

$$W_{PC} = P_{large} - P_{small} \quad \dots(3.9)$$

$$P_{LP} = \frac{P_{large} - P_{small}}{P_{large} + P_{small}} \cdot 100 \quad (\%) \quad \dots(3.10)$$

Porast navedenih veličina ukazuje na pojačano i/ili nedozvoljeno habanje.

4. | HEMIJSKO TROŠENJE – KOROZIJA

Korozija kao pojava ima više definicija. Po jednoj od njih, korozija je propadanje metala koje se javlja kada metal reaguje sa okolinom u kojoj se nalazi. Koroziji su podložni svi metali i legure, a univerzalnog materijala pogodnog za svaku primenu nema. Zlato na primer, poznato po svojoj otpornosti na atmosferske uticaje, korodira ako se izloži dejstvu žive, čak i na sobnoj temperaturi.

Sa druge strane, gvožđe pak ne korodira u živi, ali lako podleže koroziji u uobičajenim atmosferskim uslovima.

ISTORIJA SPOZNAJE O KOROZIJI

Još u starom veku bilo je poznato da materijali u atmosferi propadaju. *Platon* (400. god. pre n.e) opisuje (pogrešno) rđanje gvožđa kao forma taloženja metala. Rimljanim je bilo poznato da bakar, oovo i gvožđe propadaju i ako nisu u upotrebi. *Lavoasier* je 1789. godine prvi uočio da u procesu stvaranja korozije učestvuje i kiseonik. *Faradej* je 1820. godine proučavao elektrohemisiko rastvaranje metala. *Devi* je 1824. godine pokušao da kontroliše koroziju bakarnih obloga na ratnim brodovima. Od 1845. godine propadanje metala posredstvom hemijskih odnosno elektrohemiskih reakcija se naziva korozija¹.

Kao rezultat dejstva korozije javljaju se zastoji u radu maštine. Međutim, to je samo jedna od posledica. Ekonomski posledice razvoja korozionih procesa rezultiraju čitavim nizom drugih troškova:

- troškovi zamene korodirane opreme i delova,
- troškovi zbog predimenzionisanja elemenata konstrukcije, zbog uvažavanja očekivanog dejstva korozije,
- troškovi preventivne zaštite (bojenje, konzervacija, metalizacija, galvanizacija),
- troškovi usled prekida rada zbog loma izazvanog korozijom,
- troškovi zbog smanjenja efikasnosti opreme (npr. produkti korozije umanjuju efikasnost razmene toplice),
- troškovi zbog gubitaka produkata proizvodnje usled dejstva korozije (pujanje recipijenata ili cevovoda za transport produkata),
- troškovi zbog nemogućnosti upotrebe drugih poželjnih materijala zbog loše otpornosti na koroziju,
- posredne štete nastale kao posledica havarije opreme ili delova opreme usled dejstva korozije.

Osim navedenih ekonomskih posledica, korozija može imati i socijalno-društvene posledice, a sa stanovišta bezbednosti, neočekivani lom može da izazove požar,

¹ Lat. corrodere = nagristi

eksploziju, oslobođenje u atmosferu otrovnih gasova ili tečnosti, lom noseće konstrukcije i slično.

EKONOMSKE POSLEDICE KOROZIJE

U eri naučno-tehničke revolucije stručnjacima staje na raspolaganju brojna saznanja o konstrukcionim osobinama materijala. Međutim, korišćenje samo ovih saznanja, nije dovoljno. Naime, konstruktorima su dobro poznate mehaničke osobine konstrukcionih materijala i pri projektovanju ih uzimaju u obzir, dok se o hemijskim osobinama materijala i sredine u kojoj se oni nalaze u periodu eksploatacije ne vodi dovoljno računa. Kako hemijske osobine materijala dolaze do izražaja tek tokom eksploatacije, eventualno nastala šteta se teško otklanja.

Na osnovu podataka industrijski razvijenih zemalja, štete od korozije mogu dostići 1 - 4 % nacionalnog dohotka. Na osnovu procene engleskih stručnjaka, 30 % ovih šteta se moglo izbeći svestranim korišćenjem naučnih dostignuća na polju korozije i zaštite od nje.

NACE (Međunarodno udruženje za koroziju) objavilo je podatak da je SAD 1976. godine pretrpelo štetu u vrednosti od 70 milijardi dolara kao posledica korozije, 1982. 126 milijardi dolara, a 1998. 276 milijardi dolara. Najveće štete su u oblasti vodovoda i kanalizacije, zatim sledi oblast odbrane i putnička vozila.

4.1. OBLICI KOROZIJE

Korozija se javlja u više različitih oblika. Klasifikacija korozije se obično bazira na jednom od sledećih faktora:

- Mehanizmu delovanja korozije (hemijska i elektro-hemijska),
- Prirodi sredine u kojoj se korozija razvija (vlažna² i suva³),
- Izgledu korodiranog područja metala (uniformna⁴ i lokalna⁵).

² Za pojavu vlažne korozije potrebna je tečnost ili vlaga. Ovaj vid korozije preovladava kao oblik u svakodnevnom životu.

³ Suva korozija nastaje usled reakcije sa gasovima na visokoj temperaturi. Sreće se kao specifičnost koja je u modernim tehnologijama sve više prisutna.

⁴ Uniformna (ravnomerana) korozija nastaje kada metal korodira jednakom brzinom po celoj površini izloženoj dejstvu korozivne sredine.

⁵ Lokalnu (koncentrisanu) koroziju karakteriše mala korodirana površina (gde su se stekli uslovi za pojavu korozije). Lokalna korozija se može rasčlaniti i na mikroskopsku i makroskopsku. Kod mikroskopske lokalizovane korozije količina rastvorenog ili na drugi način transformisanog metala je mala. Kod ovog vida korozije, mogu se desiti znatna oštećenja pre uočavanja dejstva korozije, odnosno pre nego što dejstvo korozije postane vidljivo golim okom. Makroskopska može da se pojavi u vidu rupičaste (piting) korozije, koja se inicira poremećajem strukture na lokalnoj površini i razvija se izjedanjem zdravog materijala.

4.1.1. Elektrohemijska (galvanska) korozija

Elektrohemijska korozija se javlja u prisustvu nekog elektrolita i uvek je praćena pojavom električne struje, zbog čega je poznata i kao elektrolitička korozija. Kao elektroliti mogu poslužiti: kiseline, baze, nihovi rastvori, soli rastvorene u vodi, gasovi rastvoreni u vodi itd.

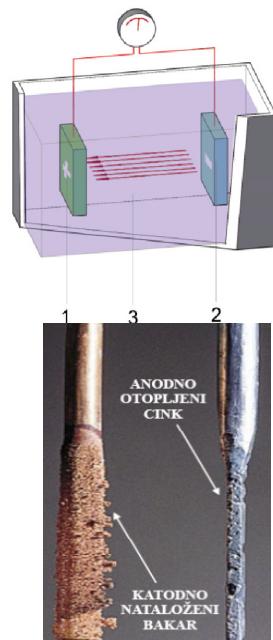
Kod elektrohemijske korozije, hemijska energija se pretvara u električnu energiju usled mnoštva mikrogalvanskih elemenata, koji se stvaraju na površini metala u prisustvu elektrolita. Ovaj fenomen prvi je zapazio *De La Riva*, prilikom proučavanja i ispitivanja galvanskih elemenata. Pločica cinka uronjena u kiselinu (H_2SO_4) ponašaće se kao anoda kada je vezana sa bakarnom pločicom koja je u ovom galvanskom elementu katoda. Pločica cinka brzo se rastvara dok su se na pločici bakra mogla zapaziti samo izdvajanja mehurića vodonika.

Ako se razni metali potope u rastvor sopstvene soli normalne koncentracije pa proučava ponašanje svakog od njih, moguće je ustanoviti skalu - niz. Ova skala predstavlja skalu električnih potencijala. Ona je izuzetno bitna zbog toga što od nje zavisi ponašanje spoja dva različita metala, odnosno koji od njih će biti anoda a koji katoda. Na osnovu toga je moguće utvrditi tok korozije. U tabeli 4.1. je prikazan električni potencijal nekih metala.

Tab. 4.1. Električni potencijal različitih vrsta metala

Metal	Električni potencijal	Metal	Električni potencijal
Magnezijum	-1,55	Olovo	-0,13
Aluminijum	-1,23	Vodonik	+0
Cink	- 0,70	Antimon	+ 0,28
Hrom	- 0,60	Bakar	+ 0,34
Gvožđe	-0,44	Živa	+ 0,78
Kadmijum	- 0,40	Srebro	+ 0,80
Nikl	- 0,25	Zlato	+ 1,50
Kalaj	- 0,14		

U seriji eksperimenata, *De La Riva* je zapazio da se na pločici cinka koja nije u spregu sa pločicom bakra (znači nije u galvanskom paru) takođe mogu zapaziti mestimična



Sl. 4.1. Fenomen elektrohemijske korozije
1-bakar, 2-cink, 3-sumporna kiselina

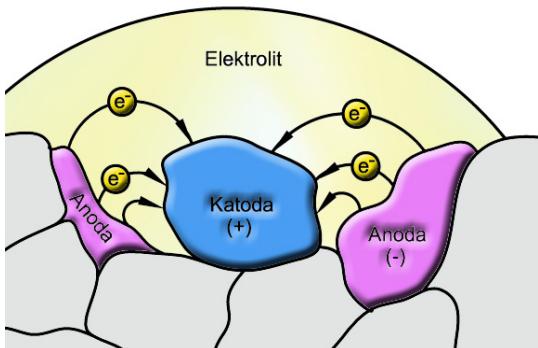
izdvajanja mehurića vodonika. Ovakav vid izdvajanja je u slučaju površinski nečistog cinka postajao intenzivniji. Ovakvu pojavu je protumačio na sledeći način: nečistoća koja se nalazi na površini cinka (površini metala) aktivira se kao katoda (mikro katoda) dok cink zadržava ulogu anode.

U realnim uslovima, na primeru gvožđa, proces elektrohemijске korozije odvija se u dve faze :

- u prvoj fazi na površini gvožđa koje je u dodiru sa vazduhom dolazi do formiranja finog nevidljivog sloja oksida, debljine 10^{-5} mm. Ovaj oksidni sloj u normalnim uslovima štiti metal od dalje korozije. Ovo objašnjava zbog čega metal u normalnim uslovima suvog vazduha ne korodira.
- u slučaju kada vazduh sadrži dovoljan procenat vlage, vodenu paru, počinje da teče elektrohemijski proces na površini metala. Počinje da teče električna struja između sloja oksida i gornje površine metala, koja razara metal povećavajući pri tome oksidni sloj (korodira). Dakle, korozija nastaje pri kontaktu gvožđa, vode i kiseonika iz vazduha. Gvožđe u vodi je nerastvoreno ali su elektroni⁶ slobodno pokretljivi kao kod svih metala. Kada je gvožđe u kontaktu sa vodom, elektroni teže da se odvoje i pređu u vodu, tako da joni metala ulaze u rastvor, a površina metala postaje pozitivno nanelektrisana. Ukoliko nema vode, elektroni nemaju uslove da trajno prelaze i zbog toga proces brzo postaje uravnotežen.

U slučaju vlažnog lima, zbog prisustva vlage u vazduhu, milioni malih lokalnih elemenata (mikrogalvanski elementi) pokazuju tendenciju progresivnog razvoja procesa korozije. Elektroni se kreću kroz lim do gornje površine kapljice, gde stupaju u kontakt sa kiseonikom iz vazduha. Kiseonik se puni negativnim nanelektrisanjem i dovodi do uspostavljanja hemijskog lanca, reakcije koja daje energiju za razaranje metala. Metal se trajno razara i stvara smešu gvožđe-oksida i hidroksida, a što se naziva rđa. Prema tome oksidni sloj postaje katoda a čisti metal anoda (pozitivna) jednog malog galvanskog elementa. Pri tome, vodena para iz vazduha deluje kao elektrolit. S obzirom da je oksidni sloj jako higroskopan, on apsorbuje (privlači) vlagu tako da se stvaraju uslovi da započeti proces brzo napreduje. Mehanizam delovanja mikrogalvanskog elementa je isti kao i kod regularnog (pravog- makro) galvanskog elementa (gde su prisutna dva raznorodna metala).

Elektrohemijска корозија није увек последица постојања микрогалвanskog elementa (који ствара један метал са својим oksidom) већ исто тако може настати и као последица

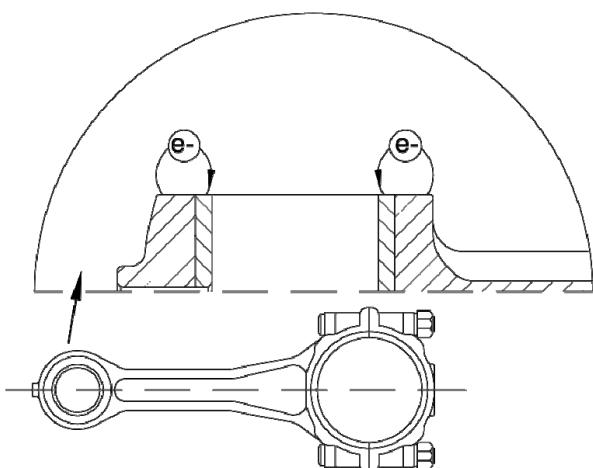


Sl. 4.2. Mikrogalvanski element

⁶ negativno nanelektrisane čestice atoma

spajanja delova izrađenih od različitih metala (javlja se makrogalvanski elemenat). Kao primer ovakvog makrogalvanskog elementa je mala pesnica klipnjače (koja čini anodu) sa upresovanom bronzanom čaurom (koja čini katodu), a vlažan produkt sagorevanja koji sadrži i kiseline postaje elektrolit. U takvim uslovima odmah započinje proces galvanske korozije. Galvanska korozija se raspoznaje po povećanom trošenju u blizini spoja dva metala. Ista se može izbeći izolacijom ili pak ograničenom upotreboom spojeva različitih metala a naročito kada se ovi nalaze veoma udaljeni u naponskom nizu (kada se javlja velika razlika u naponskom potencijalu, tab. 4.1.).

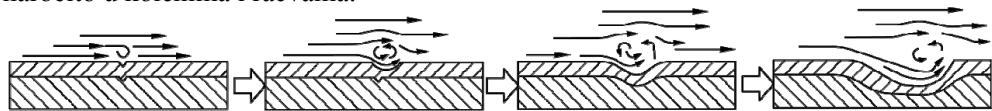
Karakteristično je da galvanska korozija izaziva isključivo trošenje jednog elementa u paru, a to je onaj metal koji bi sam korodirao brže u korodivnom sredstvu (kada bi se sam potopio). Taj metal se naziva aktivniji metal, a u paru sa „plemenitijim“ metalom korodira čak brže nego kada se sam potopi u korodont što se tumači specifičnostima elektrohemiskog karaktera procesa. Utvrđeno je da je brzina korozije upravo proporcionalna veličini udela površine „plemenitijeg“ metala u paru.



Sl. 4.3. Makrogalvanski element (mala pesnica klipnjače-čaura)

4.1.2. Eroziona korozija

Prilikom kretanja erozionog materijala preko površine metala dolazi do propadanja površine usled kombinovanog dejstva korozija i habanja. Habanje i korozija se javljaju u združenom dejstvu te je teško razgraničiti pojedinačne uticaje - posledice. Dejstvo erozije se objašnjava pojavom uklanjanja zaštitnog filma odnosno zaštitnog sloja oksida ili korozionih produkata koji se nalaze na površini metala relativno čvrsto povezani sa njim. Eroziona korozija u opštem slučaju ima izgled plitkih rupa zaobljenog dna. Nagrizanje se ispoljava u smeru strujanja tečnosti, zatim u pravcu turbulentcije, hidrodinamičnog udara, na mestima naglog skretanja tečnosti i slično. Ovakav vid nagrizanja se javlja kod pumpi, rotora mešalica, zatim u cevovodima, a naročito u kolenima i račvama.



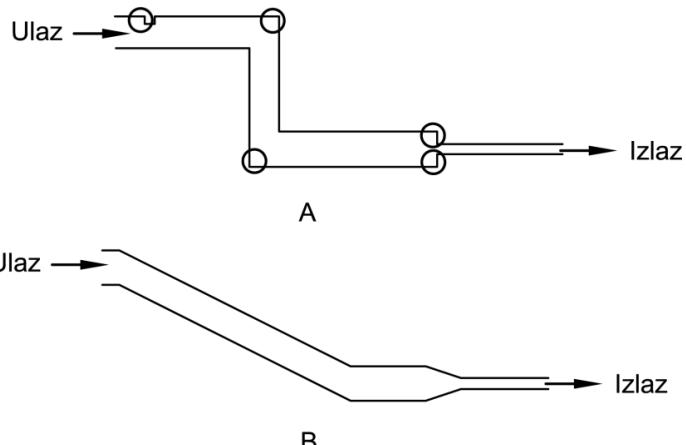
Sl. 4.4. Mehanizam erozione korozije

Suspenzija koja se kreće u cevovodima velikom brzinom, a koja u sebi sadrži čvrste čestice, vrlo verovatno će prouzrokovati probleme erozionog habanja.

Dejstvo erozije i šteta od nje se može delimično ublažiti konstrukcionim prilagođavanjima u smislu tehničkih rešenja i izborom materijala (otpornih na ovu vrstu korozije).

Posebnim vidovima erozije se mogu smatrati kavitaciona i freting korozija. Poznata dejstva kavitacije mogu da izazovu lokalne deformacije površina metala i efekte slične udaru čvrstih čestica ili mlaza kod erozije. Kod freting korozije (korozija izjedanja) hemijsko dejstvo korodonta se povećava sa ubrzanjem metala koji se nalazi u spregu prouzrokovano relativnim kretanjem⁷. Intenzitet dejstva freting korozije se smanjuje upotrebom tvrdih materijala, zatim konstrukcijom u kojoj se trenje svodi na najmanju moguću meru, a veliku ulogu u sprečavanju ove pojave ima pravilno i kvalitetno podmazivanje.

Freting je karakterističan oblik korozije između kontakata električne instalacije mašina. Naime, vibracije koje nastaju tokom rada mašine izazivaju mikrokretanje između kontaktora. Ovo dovodi do grebanja produkata korozije (oksidnog sloja) sa površine kontakata i formiranje novog oksidnog sloja. Nakon određenog vremena, količina produkata korozije se nakupi u tolikoj meri da se prekine kontakt između kontaktora (sl. 4.7.).

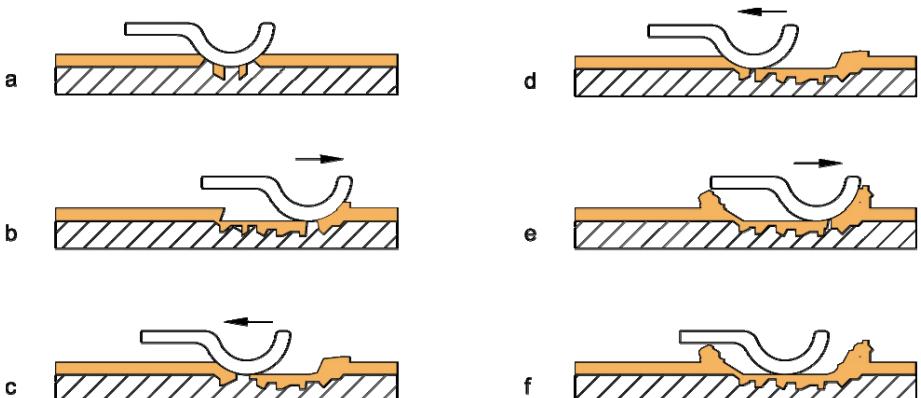


Sl. 4.5. A-Loša konstrukcija (podložna erozionoj koroziji), B-Dizajn cevi otporan na erozionu koroziju



Sl. 4.6. Sijalica izložena freting koroziji

⁷ Najčešće oscilatornog karaktera sa malim amplitudama i frekfencijom pri čemu se efekat pojave reakcije takođe tumači uklanjanjem zaštitnog sloja.



Sl. 4.7. Mehanizam nastanka freting korozije na kontaktoru električne instalacije
 a-kontakt metal na metal, b-e-vibracija maštine izaziva mikrokretanje priključka na kontaktoru što dovodi do uzastopnog narušavanja i formiranja novog oksidnog sloja (nakupljuju se produkti korozije između kontaktora), f-debljina sloja produkata oksidacije je tolika da nema čistog kontakta između kontaktora

4.1.3. Korozija u džepovima

Uslovi sredine u džepovima-pukotinama, mrtvim uglovima i sl. mogu da budu sasvim različiti od onih na čistoj, otvorenoj površini bez obzira na to što se nalazi u neposrednoj blizini. U naznačenim mestima mogu da se razvijaju daleko agresivnije sredine i da se javi izrazito lokalizovana korozija. Ovi džepovi se obično javljaju kod zaptivki, na brušenim spojevima, kod zavrtnja, zakivaka i slično. Takvi džepovi se mogu obrazovati i u naslagama nečistoća, korozionih produkata, ogrebotinama u zaštitnom filmu itd. Ovakav vid korozije se pripisuje jednom ili više uzroku kao što su:

- promena kiselosti u džepu,
- nedostatak kiseonika u džepu,
- aktivnost izrazito koroziono aktivnih jonskih grupa,
- nedostatak inhibitora korozije u džepu.

Slično ostalim oblicima lokalne korozije, i korozija u pukotinama se ne zapaža kod svih kombinacija metala i korozionih sredina. Neki materijali su podložniji od ostalih, a to su naročito oni koji zavise od zaštitnog oksidnog sloja nastalog dejstvom kiseonika a kojim se postiže njihova koroziona postojanost (nerđajući čelici, titan i slično). Legiranje sa ovakvim materijalima može poboljšati otpornost na ovaku vrstu habanja. Konstrukcionim poboljšanjima u smislu izbegavanja džepova, kao i održavanjem čistoće površina znatno se mogu ublažiti efekti ove korozije.

4.1.4. Rupičasta korozija

Rupičasta korozija se karakteriše pojmom rupica na površini metala. Ove rupice se oblikuju različito, a od stvorenog oblika zavisi dalji tok odvijanja procesa. To je vrlo

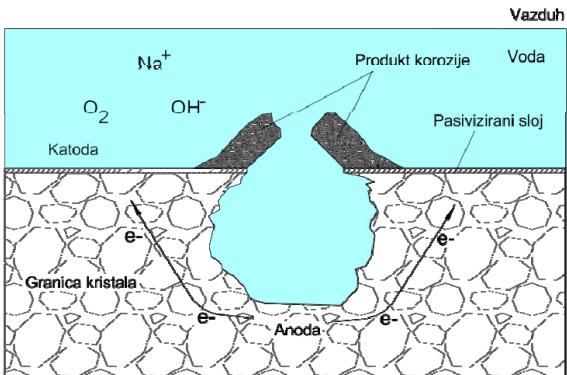
opasan oblik korozije čija se brzina povećava sa rastom temperature. Rupičasta korozija uzrokovana je kada postoji velika katodna i mala anodna površina, zbog čega je jačina napada anode velika.

Da bi se pojava rupica svela na najmanju meru, neophodno je održavati površinu čistom i koristiti homogene materijale. Dakle čiste i jako polirane površine metala su u opštem slučaju daleko otpornije od hrapavih površina. Rupičasta korozija je obično proces koji dugo traje i tek nakon dužeg perioda eksploatacije (nekoliko meseci ili godina) postaje vidljiv golim okom. Male dimenzije rupica kao i male količine metalova rastvorenog njenim nastankom otežava uočavanje u početnom stadijumu. Kod rupičaste korozije dubina rupice je najčešće znatno veća od preseka. Naizgled, radi se o bezopasnom oštećenju, međutim ono može biti veoma veliko.

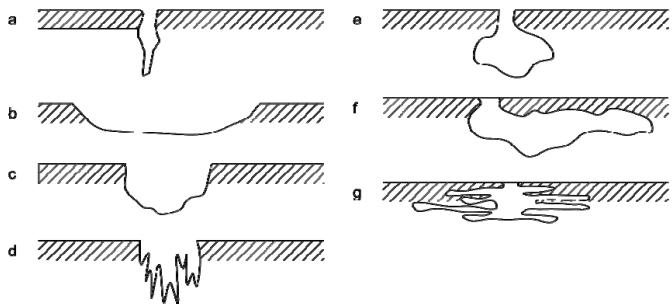
Naime, rupice koje nastaju na površini obično su skrivene slojem korozionih produkata koji ne štite metalnu podlogu od dalje korozije. Zbog toga rupičasta korozija obično ostaje neotkrivena sve dok ne dođe do perforacije zida.

Ovaj vid korozije često se javlja na cevovodima. Čista površina i izbor materijala za koji se zna da je otporan na rupičastu koroziju (materijali legirani sa hromom, molibdenom i niklom), smanjenje agresivnosti korozione sredine (snižavanje temperature, povećanje pH vrednosti i deareacije), primena inhibitora ili katodna zaštita su jedini način zaštite od ovog vida korozije.

Većina korozionih oštećenja nerđajućeg čelika nastaje u neutralnim do kiselim rastvorima koje sadrže jone hlora. Na gvožđu i aluminiju dolazi do rupičaste korozije u alkalnim rastvorima, slično kao i kod nerđajućeg čelika, ali u manje agresivnim uslovima.



Sl. 4.8. Mehanizam rupičaste korozije



Sl. 4.9. Oblici rupičaste korozije
a-uska i duboka, b-široka i plitka, c-elipsasta, d-vertikalna,
e-ispod površine, f-ugaona ispod površine, g-horizontalna

4.1.5. Ljuspanje ili selektivno luženje (rastvaranje)

Ljuspanje je površinska korozija koja započinje na čistoj površini, ali čiji rast nastaje ispod nje. Ljuspanje je najraširenije na valjanim metalima u dodiru s morskom vodom i s kiselinama. Od pitinga se razlikuje po tome što nagrizanje ima slojevit karakter i izjedeni su čitavi slojevi materijala. Ovako napadnut materijal se raspoznaće po površini koja je neravna, hrapava i koja se obično ljuspa kao da je pokrivena plikovima (potklobučena).

Ovaj tip korozije se obično sreće kod aluminijumskih legura, a najbolji vid odbrane od ovakvog vida korozije je termička obrada ili adekvatno legiranje.

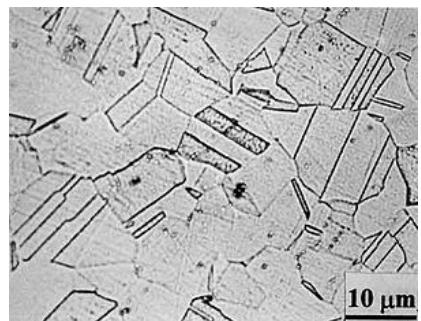
Selektivno luženje predstavlja u suštini uklanjanje jednog metala iz legure. Najčešće se sreće kod legura bakar - cink kada se naziva i decinkifikacija. Ovaj tip korozije je izuzetno razoran s obzirom da metal čini poroznim i izrazito se pogoršavaju mehaničke osobine, a jedini je lek izbor odgovarajućeg materijala.

4.1.6. Međukristalna korozija

Kod hlađenja rastopljenog metala nastaje njegovo očvršćavanje, koje započinje u mnogobrojnim slučajno raspoređenim jezgrima. Oko svakog jezgra se izgrađuje atomska rešetka te jezgro prerasta u zrno. Raspored i rastojanje između slojeva atoma su u svakom zrnu isti za dati metal. Međutim, zbog slučajnog rasporeda jezgara atomske ravni dvaju susednih zrna najčešće se ne uklapaju. Ta površina dodira između dva susedna zrna se naziva granica zrna. Granica zrna obiluje nepravilnostima atomske rešetke pa su zbog toga najosetljivije na napad korozionog medijuma. Na granici zrna se može iz datih razloga formirati elemenat ili pak obrazovati jedinjenja.

Korozija ovog tipa se generalno javlja usled činjenice da koroziono sredstvo najpre napada fazu na granici zrna ili zonu neposredno uz nju, koja je izgubila elemenat neophodan za adekvatan otpor prema koroziji.

U ozbiljnim slučajevima pojave intergranularne korozije, kompletna zrna su pomerena usled razaranja njihovih granica.



a)



b)

Sl. 4.10. Intergranularna korozija
a-normalna struktura metala, b-struktura metala napadnuta intergranularnom korozijom

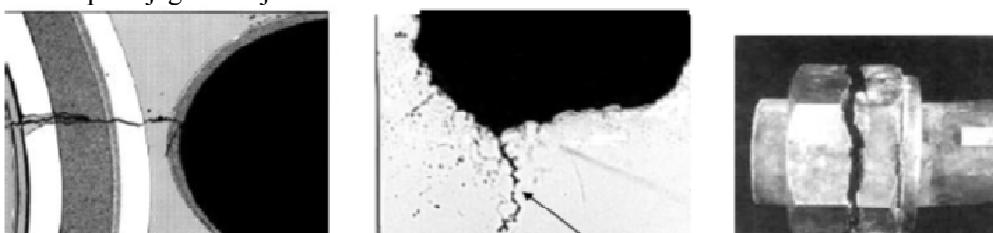
Kod takvih slučajeva sama površina metala izgleda hrapava, što je primetno golin okom. Osetljivost i podložnost intergranularnoj koroziji je prateći efekat termičke obrade, zavarivanja ili otpuštanja i može de se koriguje naknadnom termičkom obradom ili pak korišćenjem modifikovanih legura.

Intergranularna korozija se najčešće javlja kod nerđajućih čelika, legura na bazi aluminijuma i nikla.

4.2. KOMBINOVANO DEJSTVO KOROZIJE I NAPREZANJA

Sadejstvo korozije i naprezanja materijala će u izvesnom broju slučajeva dovesti do loma materijala. Na ovaj uticaj su osjetljive mnoge legure, ali je relativno mali broj kombinacija korodont - legura kod kojih se to jako izražava. Naprezanja koja uzrokuju prskanje i lom materijala javljaju se najčešće usled dopunske hladne obrade, zavarivanja ili termičke obrade a može da bude izazvano i spoljnim faktorima u procesu eksploracije opreme. Prskotine nastale usled kombinovanog dejstva korozije i naprezanja mogu da se prostiru intergranularno, između zrna ili translatorno, preko zrna a često se javlja tendencija njihovog grananja.

Metodi sprečavanja prskanja usled kombinovanog dejstva korozije i naprezanja obuhvataju odstranjanje naprezanja, uklanjanje kritičnih elemenata okolne sredine ili izbor otpornijeg materijala.



Sl. 4.11. Pukotine nastale kao rezultat kombinovanog dejstva korozije i naprezanja

Specifičan vid prskanja pod kombinovanim dejstvom korozije i naprezanja je tzv. korozioni zamor a evidentno je da koroziono sredstvo može i za polovinu da smanji period eksploracije do loma u slučaju eksploracije u suvoj sredini. Deo koji se slomio usled korozionog zamora ima na prelomu vidljive korozione produkte.

Pri oceni loma treba biti obazriv pošto i površina preloma usled normalnog zamora može da korodira u međuvremenu pre nego što se mesta preloma pregledaju.

Metode sprečavanja su usmerene na sprečavanje prskotine u začetku i to konstruktivnim rešenjima, kao i površinskom zaštitom s obzirom da je veoma teško sprečiti širenje jednom započete pukotine.

5. | OPRAVKA POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Opravka predstavlja tehničku aktivnost kojom se neispravna mašina ponovo osposobljava za rad. Ovako definisan pojam opravke u užem smislu predstavlja radioničku aktivnost, koja se sprovodi isključivo sa ciljem ponovnog osposobljavanja neispravne mašine za rad. Šire posmatrano, delatnost remontnih radionica obuhvataju i druge aktivnosti tehničkog karaktera:

- osposobljavanje mašine za rad (opravka),
- rekonstruktivni zahvati na mašinama i
- izrada novih delova i proizvoda zavisno od nivoa tehničke opremljenosti.

Aktivnosti koje se izvode nad pohabanim elementom ili delom mašine, sa ciljem da se postigne kvalitet blizak ili istovetan kvalitetu novog elementa, naziva se **osvežavanje**.

Aktivnosti osvežavanja sprovode se na osnovu unapred definisane tehnologije. U opštem slučaju, osvežavanje predstavlja veliku opravku sklopa ili cele mašine.

Opravka dela ili mehanizma mašine predstavlja aktivnost koja se izvodi na bazi maksimalnih mogućnosti postojećeg tehničko-tehnološkog okruženja, a ne na bazi tačno utvrđenih tehnoloških postupaka. Pri tome se postizanje vrednosti početnog stanja radne ispravnosti ne postavlja kao krajnji i isključivi cilj. Ukoliko je mašinski deo ili konstruktivni elemenat takvog tehničkog radnog stanja da otklanjanje tehničke neispravnosti nije ekonomski moguće, takav deo se proglašava škartom i zamenuje novim, rezervnim delom¹.

5.1. OSNOVI TEHNOLOGIJE OPRAVKE MAŠINA

Tehnologija rada u procesu opravke mašina predstavlja složen sistem. Remontna radionica započinje svoj rad u prijemnom odeljenju (prijemom mašine). O prijemu se sastavlja zapisnik gde se registruje stanje mašine u momentu predaje (eventualno nedostajući agregati itd.). Nakon toga se, čišćenjem mašina priprema za demontažu. Demontirani delovi se Peru i odmašćuju. Ova operacija je neophodna jer se defektaža delova može kvalitetno izvoditi samo nad opranim delovima.

U postupku defektaže delovi se svrstavaju u tri grupe i to:

- ispravni delovi,
- neispravni delovi koji se mogu osvežiti i
- neispravni delovi koji se ne mogu osvežiti (nije ekonomski opravdano) – škart.

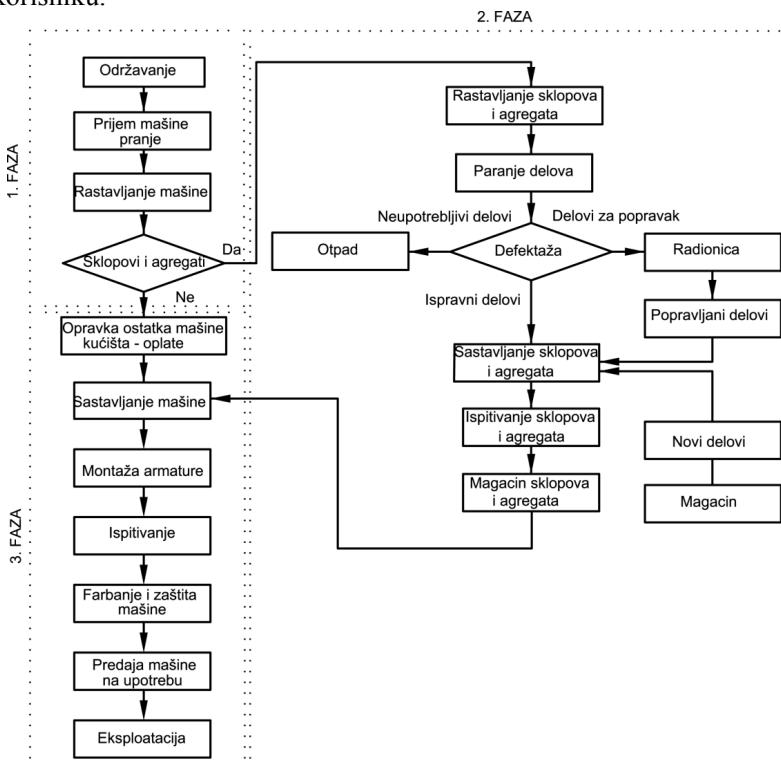
Sa defektaže se ispravni delovi upućuju u odeljenje pripreme (isti se mogu bez naknadne dorade ponovo ugraditi).

¹ Rezervnim delom se naziva onaj mašinski deo koji se ugrađuje na mesto škartiranog dela. Pri tome poreklo rezervnog dela može biti od proizvođača mašine ili delova (originalan rezervni deo) ili iz sopstvenih mašinsko-remontnih kapaciteta.

Delovi koji se ne mogu dovesti osvežavanjem u ispravno stanje (škart delovi), zamenjuju se iz magacina, novim rezervnim delovima i predaju se, takođe, odeljenju pripreme. Delovi koji su u procesu defektaže vrednovani kao mogući za osvežavanje upućuju se na postupak osvežavanja ili restauracije. Postupak osvežavanja zahteva postojanje različitih odeljenja u okviru remontne radionice. Broj i tehnička opremljenost ovih odelenja je karakteristika remontne radionice i predstavlja značajan parametar na osnovu koga se definiše njen remontni kapacitet.

Osveženi delovi se nakon tehničke kontrole upućuju u pripremno odeljenje, a odatle po unapred pripremljenoj dinamici u odeljenje montaže².

Po završetku montaže, mašina se pušta u probni rad i započinje faza uhodavanja ili razrade (u slučaju motora vrši se proba na dinamometarskoj kočnici). Generalna opravka se završava farbanjem maštine nakon koje sledi završna kontrola i isporuka maštine korisniku.



Sl. 5.1. Algoritam opravke tehničkih sistema (Čala I.)³

² Montaža se u savremeno opremljenim radionicama obavlja po lančanom postupku gde je odvojena montaža agregata ili sklopova i podsklopova, a na završnu montažu pristižu konstruktivne celine.

³ Faza 2 može se realizovati i na drugoj lokaciji. Ukupno vreme trajanja opravke izvedene

Tehnološka šema opravke ukazuje na mnoštvo tehničkih, organizacionih i ekonomskih zadataka koje treba uspješivo rešavati (sl. 5.1.). Ovo ukazuje na složenost i sveobuhvatnost tehnologije opravke mašina, te su neophodna poznavanja određenih tehnoloških principa i postupaka. Sa druge strane, neophodno je detaljno poznavanje funkcionisanja mašine u tehnološko-eksploatacionom smislu, kako bi se tokom generalnih opravki vršile delimične (ili potpune) rekonstrukcije ili supstitucije elemenata (u pojedinim slučajevima i celih agregata). Ovakav zahvat iziskuje poznavanje osnovnih elemenata funkcionisanja mašine, kao i detaljnu konstruktivnu izvedbu mašine. Osim navedenog, kao zahtev se postavlja i poznavanje principa uparivanja, odnosno određivanja minimalnih zahteva kod uparivanja. Naime, neophodno je poznavanje maksimalno dozvoljenih zahteva (ugradbeni zazor) koji još tehnički zadovoljavaju funkcionalnost, a sve u cilju ekonomičnosti rekonstrukcije.

Takođe, treba imati u vidu da mašina za vreme obavljanja intervencija opravki nije uključena u tehnološki proces proizvodnje (ne proizvodi). Sa tog stana, treba nastojati da se vreme opravke mašine maksimalno skrati. Ovaj zahtev se može zadovoljiti samo uz pretpostavku dobre organizacije rada, kao i planskim pristupom opravci mašine (serijska opravka više jedinica istovremeno snižava troškove opravke).

U toku izvođenja radova tehničkog održavanja često se otkrivaju neispravni ili oštećeni delovi (napukli delovi cevi za gorivo, ulubljeni limeni omotači, oštećeni vijci ...). Ovakvi delovi se opravljaju, osvežavaju ili zamjenjuju novim rezervnim delovima. Ovakve intervencije koje se obavljaju u sklopu sistema tehničkog održavanja nazivaju se **malim opravkama**.

Opravke koje zahtevaju veći obim radova, uz pomoć kojih se ponovo osposobljavaju sklopovi ili mehanizmi mašina za normalno funkcionisanje nazivaju se **srednjim opravkama**. Ove opravke se najčešće izvode po unapred predviđenom planu, te se prepišu sa radovima tehničkog održavanja. Shodno tome, teško je povući jasnu liniju između intervencija koje spadaju u tehničko održavanje i onih koje spadaju u male ili srednje opravke.

U toku permanentne eksploatacije nastupa takva faza istrošenosti u kojoj se više ne može radovima održavanja i tekućim opravkama obezbediti radno stanje mašine koje bi zadovoljilo zahtevima ekonomične eksploatacije. Upareni delovi (ugradbeni zazor) usled habanja i deformacija odnosno promene geometrijskog oblika gube prvobitne karakteristike.

Ukoliko je ovaj proces zahvatio veći broj uparenih delova mašine, ukupan zbir svih nastalih zazora će izazvati takve učestale zastoje koji isključuju daljnju mogućnost ekonomične upotrebe mašine. U takvim slučajevima se mašina potpuno rasklapa i svaki deo se posebno podvrgava defektaži. Oštećeni ili neispravni delovi se osvežavaju ili zamjenjuju novim rezervnim delovima i ponovo se uspostavlja prvobitna vrednost ugradbenih zazora prema fabričkim normativima. Ovaj vid procesa opravke

individualnom metodom obuhvata 1+2+3 fazu rada. Kod opravke bazirane na agregatnoj zameni ukupno vreme opravke obuhvata 1+3 fazu rada.

kojim su obuhvaćeni svi delovi mašine i kojim se karakteristike radnog stanja koriguju i dovode na prvobitne ili blisko prvobitnim vrednostima naziva se **velikom ili generalnom opravkom**.

5.2. PODELA SISTEMA OPRAVKE POLJOPRIVREDNE TEHNIKE

Tokom eksploatacije i pored preventivnog održavanja, dolazi do pojava otkaza. Takve pojave neispravnosti iziskuju određene tzv. korektivne intervencije i opravke, koje se ne mogu planirati, niti predvideti, ali koje po obimu posla i angažovanim sredstvima mogu dostići vrlo velike razmere, pa čak i razmere generalnog remonta.

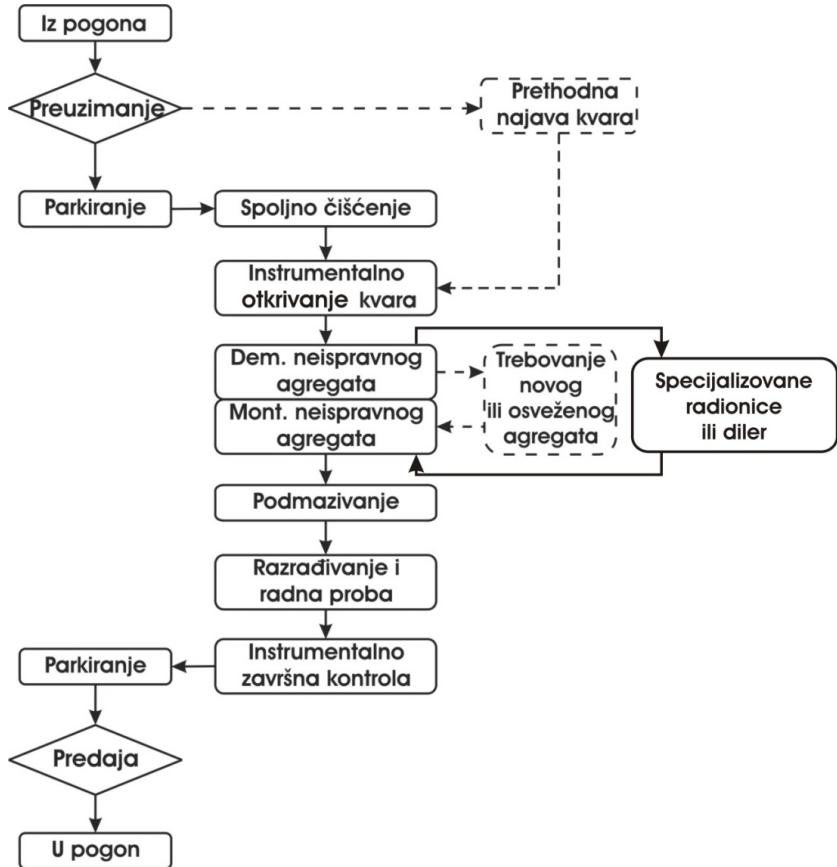
Korektivno održavanje (čest naziv „opravka“) predstavlja skup svih postupaka kojima se mašina iz stanja „u otkazu“ vraća u stanje „u radu“, odnosno kojima se, nakon narušavanja, ponovo uspostavlja njegova radna sposobnost. U praksi su najčešće zastupljena tri sistema opravke:

- Sistem pojedinačne opravke,
- Sistem opravke specijalizovan po sklopovima i
- Sistem opravke na bazi zamene agregata.

Po organizovanosti, pojedinačna opravka predstavlja najjednostavniji vid opravke. Ovakav način opravke obavlja grupa radnika univerzalne stručnosti. Ova grupa radnika obavlja celokupnu tehnologiju opravke počevši od prijema mašine, rasklapanja, pranja i čišćenja delova, defektaže, do bravarskih radova, montaže, razrade i primopredaje. Jedino za obavljanje strugarskih poslova i mašinske obrade pojedinačnih delova koriste usluge specijalizovanih radionica uslužnog tipa.

Sistem opravke specijalizovan po sklopovima, predstavlja razvijeniju formu u odnosu na pojedinačnu opravku. U ovom sistemu, opravke obavljaju grupe radnika koje su specijalizovane po sklopovima i konstrukcionim celinama. Prednost ovakvog sistema opravke predstavlja rad sa specijalizovanim grupama radnika čime se utiče na poboljšanje kvaliteta izvršenih poslova i povećanje efikasnosti rada.

Sistem opravke baziran na agregatnoj zameni predstavlja najefikasniji oblik opravke. U ovom sistemu, opravka se svodi na zamenu neispravnog agregata (na primer elektropokretača motora). Izuzet, neispravan, agregat odnosi se u specijalizovano odeljenje gde se vrši njegova opravka. Nakon izvršene opravke, agregat se odnosi u magacin rezervnih agregata. Prednost ovakvog sistema opravke jeste brzina izvođenja. Problem u organizovanju ovakvog vida opravke jeste potreba obezbeđivanja zaliha rezervnih agregata, čija vrednost značajno prevazilazi vrednost pojedinačnih delova. Iz tog razloga, ovakav vid opravke moguće je organizovati jedino u uslovima unificiranog mašinskog parka, sa većim brojem mašina istog modela (na primer: na deset traktora istog tipa postoji opravdanost obezbeđivanja jednog elektropokretača). Takođe, ovakav vid opravke je teško organizovati u remontnim radionicama uslužnog tipa (koje usluge pružaju trećim licima), jer je teško utvrditi cenu izvršene opravke (vrednost izuzetog agregata).



Sl. 5.2. Procesna šema opravke na bazi zamene delova i agregata

5.3. PRIJEM MAŠINE

Remontna radionica svoj rad započinje prijemom mašine u prijemnom odeljenju, gde se izrađuje zapisnik o prijemu. U zapisniku se pored osnovnih podataka o mašini (vlasnik, model, tip, časovi rada...), evidentira razlog zbog kojeg se traži usluga (vrsta neispravnosti). Pored toga, u prijemni list unose se svi relevantni podaci koji se odnose na uslove rada mašine, kao i o simptomima koji su prethodili pojavi kvara (da li su postojali eventualni simptomi koji su prethodili nastanku stanja u otkazu – karakteristični zvuci, vibracije i sl.).

Iako se prijemu mašine često ne pridaje dovoljno pažnje, ovo predstavlja jednu od najbitnijih karika u tehnologiji opravke. Razlog ovome jeste činjenica da od kvaliteta izvršenog prijema u mnogome zavisi vreme koje će mašina provesti na liniji održavanja radne ispravnosti. Iz tog razloga, na prijemu se angažuju radnici koji imaju bogato iskustvo i znanje, kako bi na osnovu simptoma dali ocenu o mogućim uzrocima i uputili mašinu u odgovarajuće odeljenje. Takođe, od velikog značaja je da

predaju mašine u radionicu obave njeni korisnici koji su u stanju da daju što vernije podatke vezane za nastalu neispravnost.

5.4. PRANJE DELOVA MAŠINE

Mašinu koja dolazi na opravku pre početka radova demontaže treba očistiti. Po rastavljanju mašine, sa delova se, takođe, odstranjuju nečistoće. Čišćenjem nerasklopljene mašine, stvaraju se uslovi povoljni za demontažu. Rasklopljeni delovi se obavezno čiste pre nego što se pristupi defektaži. Na zaprljanim, zamašćenim delovima se ne mogu izvoditi radovi merenja, čak je i vizuelna globalna procena otežana. Nečistoće na delovima mašina mogu biti anorganskog i organskog porekla. Anorganske nečistoće su: prašina, kamenac, različiti oksidi metala. Organske nečistoće su: mineralna ulja, masti životinjskog i biljnog porekla itd.

Shodno prirodi nečistoća, postupak odstranjivanja istih se može podeliti u tri grupe:

- pranje vodom,
- odmašćivanje i
- odstranjivanje oksida (čišćenje).

5.4.1. Pranje vodom

Pranje mašina pre rasklapanja obavlja se vodom ili vodenom parom. Kod oba postupka fluid za pranje (voda ili gas), se nalazi pod pritiskom 8 - 10 bara. Za pranje



Sl. 5.3. Uredaj za pranje vodom „KARCHER HDS 2000 SUPER“⁴



Sl. 5.4. Stacionarni uređaj za pranje „KARCHER SB WASH 5/10 F V“⁵

⁴ Karcher HDS 2000 SUPER ima ugrađena dva elektromotora, dve pumpe visokog pritiska, elektronski nadzor rada. Na ovoj mašini moguće je rad dva manipulanta istovremeno. Poseduje trofazni pogonski elektromotor, protok vode 800-1850 lit/h, a radni pritisak se kreće u granicama 30 - 180 bar, maksimalna temperatura vode 155/80 °C, snaga 13,4 kW, maksimalna potrošnja goriva brenera 13,4 kg/h, rezervoar goriva D2 25 lit, dva rezervoara deterdženta 25 + 25 lit, težina 280 kg.

⁵ Karcher SB WASH 5/10 F V je stacionarna mašina za pranje vozila samoposluživanjem. Napaja se strujom 400V/50 Hz, protok vode 500 lit/h, radni pritisak 100 bar, temperatura grejanja vode 60°C, snaga 3,2 kW, utrošak goriva grejača 4 lit/h, težina 280 kg.

vodom se najčešće koristi tzv. hladna peronica. Peronica može biti izgrađena na slobodnom prostoru ili u zatvorenom objektu. Betonski pod zatvorene peronice izvodi se sa padom prema sredini podne površine (sl. 11.9.). Na najnižoj tački poda ugrađen je taložnik (kako se odvodni kanal ne bi zapušio). Najčešće se u perionici ugrađuje i rezervoar za vodu veće zapremine iz kojeg centrifugalna pumpa crpi vodu (kapacitet pumpe je obično 60 - 120 l/min.). U slučaju klipne pumpe, ispred potisnog voda se preporučuje ugradnja vazdušnog kazana. Ako se raspolaze sa kompresorom odgovarajućeg kapaciteta nije potrebna pumpa koja je inače veliki potrošač vode. U tom slučaju se pranje može izvesti pomoću pištolja za pranje pod velikim pritiskom. Cev mlaznice pištolja veže se na vodovodnu mrežu. Kroz cev za vazduh se pušta vazduh pod pritiskom što ubrzava vodenu struju i vrši razbijanje mlaza u sitne kapljice. Raspršeni mlaz uveliko povećava produktivnost i ekonomičnost vodenog pranja. Nakon pranja mašine se suše vazdušnom strujom.

U mnogim mašinskim parkovima (ili radionicama) peronice su izgrađene na slobodnom prostoru. Takva peronica se zimi redovno ne može koristiti zbog stvaranja leda na mašini.

U praksi su mnogo ekonomičnije peronice koje koriste vodenu paru. Postoje različite izvedbe takvih peronica. Pokretan uređaj za pranje sa parom sastoji se iz rezervoara za vodu gde su ugrađene vodogrejne cevi. Voda se zagreva uljnim gorionikom. Kompressor za pogon gorionika sa rezervoarom za vazduh smešten je iza rezervoara za vodu. Para se razvija u komori smeštenoj u grejnoj cevi. S obzirom na mobilnost uređaja ovakve peronice su se pokazale naročito pogodnim u objektima koji oskudevaju vodom.

5.4.2. Odmašćivanje

Poznato je više postupaka za odmašćivanje delova. Prema radnom sredstvu razlikuje se:

- pranje sa organskim rastvaračem,
- pranje sa baznim rastvorom,
- pranje sa emulzijom,
- elektrolitsko odmašćivanje,



Sl. 5.5. Uredaj za pranje vodenom parom „SteamJet 8000D“⁶

⁶ „SteamJet 8000D“ namenjen je pranju vozila koristeći vodenu paru visokog pritiska 101 - 130 bar i niske potrošnje vode (300 - 600 cm³/min.), čime se utiče na smanjenje zagađenja životne sredine. Vreme zagrevanja vode je 1-2 min što mu daje značajne prednosti u odnosu na starije generacije uređaja za pranje kojima je za zagrevanje bilo potrebno oko 15 minuta. Za poboljšanu efikasnost zaštite metalnih površina moguće je korišćenje spreja sa tečnim voskom.

- mehaničko odmašćivanje i
- odmašćivanje sa ultrazvukom.

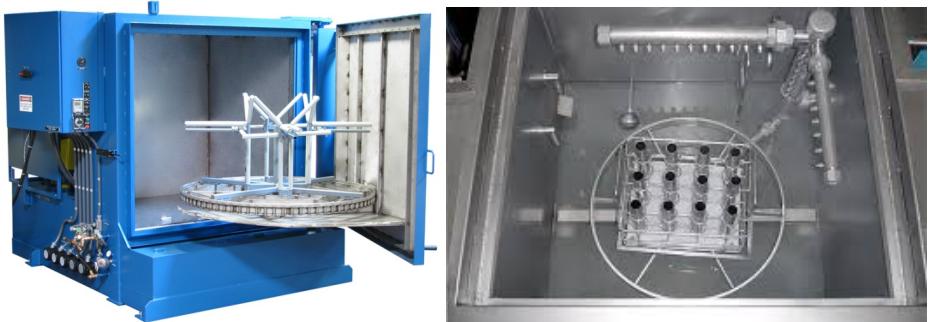
U praksi se od organskih rastvarača još uvek koristi odmašćivanje sa benzinom i petrolejom. Pored toga što su ti rastvarači lako zapaljivi, masne nečistoće brzo zagađuju tečnost te se ne dobija željeni efekat i kvalitet pranja.



Sl. 5.6. Kupatilo za ručno pranje delova

Preporučljivo je koristiti hlorirane ugljovodonike. Iz te grupe se uspešno može koristiti trihloretilen (C_2HCl_3). U uređajima u kojima se koristi trihloretilen vrši se zagrevanje tečnosti. Prema stepenu zagrejanosti, postoje uređaji koji rade sa parom, tečnošću ili kombinovano.

Bazični rastvorovi za odmašćivanje se takođe koriste u zagrejanom stanju 80–90 °C. Primjenjuju se vodeni rastvorovi. Stvoreni sloj sapuna sa opranih delova odstranjuje se pranjem sa čistom vodom. Pranje se izvodi u zatvorenim praonicama (sl. 5.7.).



Sl. 5.7. Zatvorena pronica delova

5.4.3. Odstranjivanje oksidnih slojeva

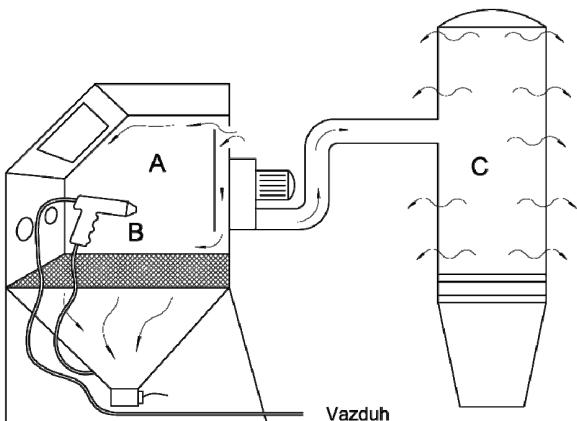
Postupci odmašćivanja ne odstranjuju slojeve oksida, a što se kod nekih tehnoloških postupaka opravke pojavljuje kao zahtev (galvanizacija⁷, farbanje itd.). Oksidni slojevi se mogu odstranjivati mehaničkim i hemijskim postupcima. Kod mehaničkog uklanjanja oksidnog sloja koristi se mehanički alat (ručni ili mašinski).

Takođe, veoma uspešno se može upotrebiti postupak peskiranja (sl. 5.8.). Taj postupak se koristi i za pripremu površina za plastificiranje i metalizaciju. Peskiranje se izvodi pod vazdušnim pritiskom uz korišćenje abrazivnog sredstva.

Kod hemijskog odstranjivanja oksidnog sloja sa delova proizvedenih od legura gvožđa koristi se kupatilo sa vodenim rastvorom sumporne ili sone kiseline.

Sumporna kiselina se razblažuje do 25 %, a sona se koristi u koncentraciji 32 - 36 %. Rastvor se zagreva 80-90°C (50°C kod sone kiseline).

Po odvojenju taloga-sloja oksida, predmeti se ispiraju mlazom vode pod pritiskom. Ovaj postupak se ne može primeniti kod predmeta sa fino obrađenim površinama.



Sl. 5.8. Šema opreme za peskarenje
A-komora za peskarenje, B-pištolj, C-filter izlaznog vazduha

5.5. DEFEKTAŽA

Proces opravke mašina započinje otkrivanjem kvara na mašini ili delu maštine. Defektaža se izvodi na detaljno očišćenoj mašini ili mašinskom delu. Značaj defektaže koja prethodi opravci ogleda se u mogućnosti donošenja pravilne procene mogućnosti ponovne ugradnje delova, potrebe za njihovim osveženjem (restauracijom) ili škartiranja pojedinih istrošenih elemenata. Pored toga, defektaža predstavlja preduslov za sastavljanje normativa potrošnog materijala i rezervnih delova, za organizaciju rada, kao i za rešavanje određenih problema vezanih za pitanja garancije i cene.

Imajući u vidu prethodno rečeno, može se sumirati nekoliko tehničkih i ekonomskih zahteva, koji se postavljaju pred defektažu:

⁷ Galvanizacija – prekrivanje metalne površine tankim slojem cinka, kalaja, kadmijuma, bakra, nikla ili hroma putem elektrolize.

- Klasiranje i ocenjivanje delova treba da izvodi kvalifikovani kontrolor koji nije pod uticajem proizvodnje.
- Ocena i klasiranje treba da se izvodi na bazi uputstva za defektažu, primenom odgovarajućih mernih instrumenata i uredaja.
- Rezultate defektaže treba registrovati.
- Rezultate defektaže treba predstaviti na način koji omogućava analizu rezultata (Na osnovu učestalosti kvarova važnijih elemenata, korišćenjem registrovanih podataka treba izraditi vremenske i materijalne normative.).
- Dokumentacija defektažnog postupka ne sme biti glomazna (treba da bude pogodna za obradu u sklopu već postojećeg sistema obrade podataka).

Nabrojene stavke ukazuju na to da defektaža predstavlja kompleksan zadatak. Prilikom formiranja defektažnog sistema, kao osnovno pravilo se nameće definisanje mernih mesta na proveravanom delu (broj i raspored), izbor mernog instrumenta i jedinstvenost kriterijuma prilikom kontrole.

Otkrivanje kvarova i neispravnosti izvodi se na nerasklopljenoj mašini. U toku defektaže neretko se obavljaju montažni radovi ograničenog obima, da bi se utvrđili zazori između spregnutih elemenata ili specifičan položaj između njih. Postupak defektaže koji se sprovodi u toku velike opravke je specifičan. Sprovodi se na rasklopljenoj mašini u vidu pojedinačne kontrole svakog dela maštine. U toku defektaže delova maštine (koja je upućena na veliku opravku) utvrđuju se nastali kvarovi i propisuju odgovarajući tehnički postupci opravke. S obzirom na to da je jedna mašina sastavljena iz više stotina delova, otkriveni kvarovi se registruju na defektažnoj listi (sl. 5.9.). Na osnovu toga se mogu planirati potrebne aktivnosti opravke. Iz tog razloga posebna pažnja se posvećuje pravilnom izvođenju defektaže.

Demonstrirani delovi maština se u toku defektaže grupišu u tri grupe:

- ispravni delovi koji se mogu ponovo ugraditi,
- neispravni delovi koji se opravljaju ili osvežavaju i
- delovi za škartiranje koji se ne mogu opravljati (umesto kojih se ugrađuju novi delovi).

Unutrašnja manipulacija delova se izvodi po navedenim grupama. Škartirani delovi se prikupljaju i odvajaju na posebno mesto. Preporučuje se obeležavanje škart delova jarko crvenom bojom. Delovi koji se mogu doraditi ili osvežiti, privremeno se mogu uskladištiti u magacinu radionice odakle se upućuju u odgovarajuća odeljenja regeneracije. Delovi za koje je predviđeno osvežavanje obeležavaju se ceduljama sa naznakom tehničkog postupka opravke.

Prilikom defektaže kvarovi se javljaju u vidu: pohabanosti (umanjenja mase i dimenzija), deformacije oblika, loma, pukotina, kao i u vidu fizičko-hemijskih promena materijala. U cilju obezbeđivanja tačnosti i jednobraznosti sprovođenja kontrolnih zahvata, neophodno je pre samog izvođenja defektaže propisati pojedinačna mesta kontrole, metodiku merenja, maksimalne dozvoljene vrednosti

habanja⁸ i kriterijume za škartiranje.

Kvarovi se mogu ustanoviti:

- okularno (pomoću lufe),
- mernim instrumentima i
- mernim uređajima.

Remontna radionica:	List defektacije br. 4		Br. rad. naloga:																																															
Deo — sklop: bregasta osovina „Perkins“																																																		
Normalne dimenzije <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rukavci</th> <th>Ležaji</th> <th>B regovi</th> <th>Ostupanja</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 $\Phi 47,5 -0,025$</td> <td>$\Phi 47,60 +0,08$</td> <td>Usisni h_t $38,15 -0,1$</td> <td>X=0,04</td> </tr> <tr> <td>2 $\Phi 47,25 -0,025$</td> <td>$\Phi 47,34 +0,08$</td> <td>Izduvni h $38,15 -0,1$</td> <td>Y=0,02</td> </tr> <tr> <td>3 $\Phi 46,73 -0,025$</td> <td>$\Phi 46,84 +0,08$</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Zazor: 0,1—0,21</td> </tr> </tbody> </table>				Rukavci	Ležaji	B regovi	Ostupanja	1 $\Phi 47,5 -0,025$	$\Phi 47,60 +0,08$	Usisni h_t $38,15 -0,1$	X=0,04	2 $\Phi 47,25 -0,025$	$\Phi 47,34 +0,08$	Izduvni h $38,15 -0,1$	Y=0,02	3 $\Phi 46,73 -0,025$	$\Phi 46,84 +0,08$			Zazor: 0,1—0,21																														
Rukavci	Ležaji	B regovi	Ostupanja																																															
1 $\Phi 47,5 -0,025$	$\Phi 47,60 +0,08$	Usisni h_t $38,15 -0,1$	X=0,04																																															
2 $\Phi 47,25 -0,025$	$\Phi 47,34 +0,08$	Izduvni h $38,15 -0,1$	Y=0,02																																															
3 $\Phi 46,73 -0,025$	$\Phi 46,84 +0,08$																																																	
Zazor: 0,1—0,21																																																		
Rukavci ležaja bregaste osovine <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ovalnost</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maks. dozv. ovalnost</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>			1	2	3	A				B				Ovalnost				Maks. dozv. ovalnost	0,1	0,1	0,1	B regovi bregaste osovine <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ustini</th> <th>Izduv.</th> <th>Izduv.</th> <th>Ustini</th> <th>Ustini</th> <th>Izduv.</th> <th>Izduv.</th> <th>Ustini</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Visina brega</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Minimálna visina brega</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> <td>37,9</td> </tr> </tbody> </table>			Ustini	Izduv.	Izduv.	Ustini	Ustini	Izduv.	Izduv.	Ustini	Visina brega									Minimálna visina brega	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
	1	2	3																																															
A																																																		
B																																																		
Ovalnost																																																		
Maks. dozv. ovalnost	0,1	0,1	0,1																																															
	Ustini	Izduv.	Izduv.	Ustini	Ustini	Izduv.	Izduv.	Ustini																																										
Visina brega																																																		
Minimálna visina brega	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9																																										
Opravka:																																																		
L e ž a j i b r e g a s t e o s o v i n e <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ovalnost</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maks. dozvolj. ovalnost</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Zazor: ležaj osovine</td> <td>0,305</td> <td>0,305</td> <td>0,305</td> </tr> <tr> <td>Maks. dozvolj. zazor</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					1	2	3	A				B				Ovalnost				Maks. dozvolj. ovalnost	0,1	0,1	0,1	Zazor: ležaj osovine	0,305	0,305	0,305	Maks. dozvolj. zazor																						
	1	2	3																																															
A																																																		
B																																																		
Ovalnost																																																		
Maks. dozvolj. ovalnost	0,1	0,1	0,1																																															
Zazor: ležaj osovine	0,305	0,305	0,305																																															
Maks. dozvolj. zazor																																																		
Opravka:																																																		
Datum	Potpis defektanta		Potpis kontrole																																															

Sl. 5.9. Primer defektažne liste

⁸ Maksimalno dozvoljeno odstupanje od dimenzije, oblika i položaja za pojedinačne delove, mogu se naći u tehničkoj dokumentaciji koju isporučuje proizvođač „Mere i zazor“

5.5.1. Okularna - vizuelna defektaža

Ova vrsta kontrole može se primenjivati samo za ustanovljavanje grubih kvarova (sl. 5.10.). Vizuelnom metodom se na zadovoljavajući način mogu ustanoviti kvarovi kao što su: oštećenje navoja, grube deformacije, lomovi, zaribavanje, tragovi korozije...



Sl. 5.10. Vizuelno uočljivi kvarovi

a-pohaban navoj vijka, b-naprsnuće klipa, c-lom zubaca zupčanika, d-abrazivno habanje kliznog ležaja

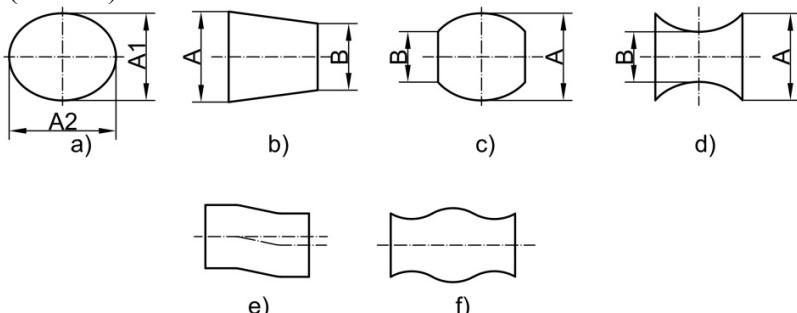
Detaljna defektaža ovom metodom zahteva veliko strpljenje i stručnost. Rutinirani defektator lako zaključuje, da li je potrebno primeniti instrumentalnu kontrolu ili koristiti drugu odgovarajuću kontrolnu metodu.

5.5.2. Instrumentalna defektaža

Za proveru pohabanosti, deformisanosti ili postojanja pukotina na delovima, neophodni su odgovarajući kontrolni (merni) instrumenti. Prilikom sproveđenja defektažnih radova (osim nekih specijalnih) najčešće se koriste instrumenti koji se primenjuju i u fazi izrade delova (fabrikacije).

- **Provera zazora, dimenzija i oblika.**

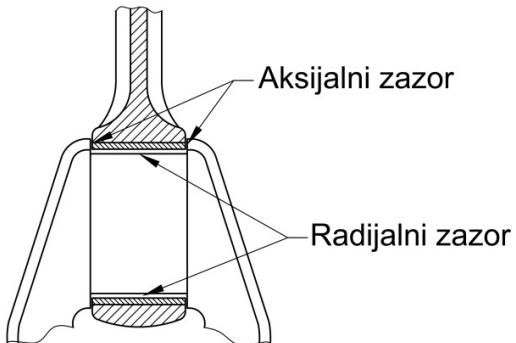
Zajedno spregnute (upasovane) površine rotacionih tela, nemaju ravnomerno habanje. Pohabana površina može da bude: eliptična, konusna, konveksna, konkavna, savijena i talasasta (sl. 5.11.).



Sl. 5.11. Habanje rotacionih tela

a-eliptična, b-konusna, c-konveksna, d-konkavna, e-savijena, f-talasasta

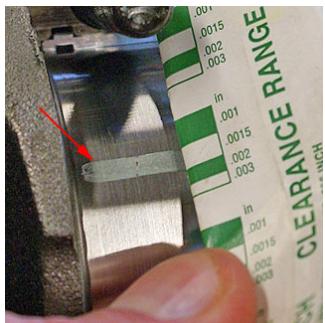
Kontrola pohabanosti ovakvih delova se izvodi: merenjem zazora, dimenzija i oblika. Merenje zazora može se izvesti merenjem pojedinačnih dimenzija spregnutih elemenata ili u sklopu, njihovom delimičnom montažom. Na slici 5.12. prikazana je velika pesnica klipnjače u spregu sa letećim rukavcem kolenastog vratila. Kod velike pesnice klipnjače utvrđuje se radikalni⁹ i aksijalni zazor¹⁰. Na slici 5.13. prikazana je kontrola zazora u sklopu i to kontrola radikalnog zazora primenom kalibrirane plastične žice (a) i aksijalnog zazora primenom mernog (kontrolnog) listića (b).



Sl. 5.12. Radikalni i aksijalni zazor velike pesnice klipnjače

⁹ Radikalni zazor je zazor između kliznog ležaja velike pesnice klipnjače i letećeg rukavca kolenastog vratila.

¹⁰ Aksijalni zazor je zazor između bočnih površina velike pesnice klipnjače i ramena kolenastog vratila.



a)

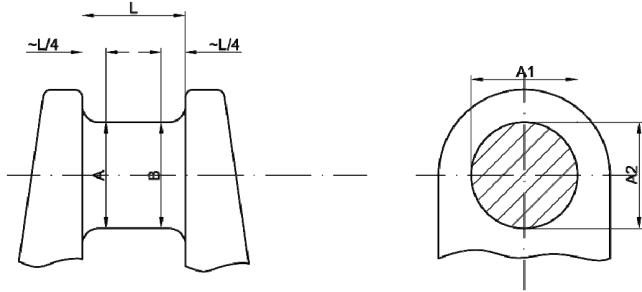


b)

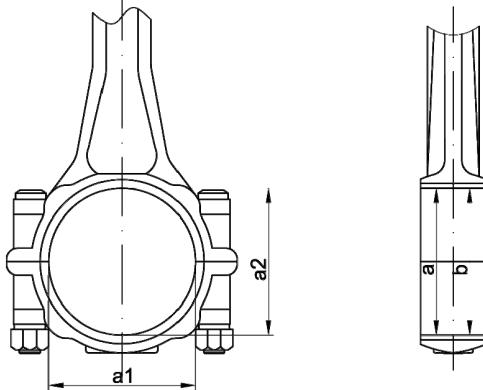
Sl. 5.13. Kontrola zazora velike pesnice klipnjače
a-radijalni zazor, b-aksijalni zazor

Kontrola zazora primenom kalibrirane, plastične žice, vrši se na taj način što se skine poklopac velike pesnice klipnjače. Na rukavac se postavi kalibrirana žica, vrti poklopac i vijci velike pesnice stegnu na propisani moment pritezanja. Nakon ponovnog skidanja poklopcia, ispresovana žica se upoređuje sa etalonom. Aksijalni zazor velike pesnice klipnjače kontroliše se na taj način što se klipnjača u sklopu sa kolenastim vratilom gurne u krajnji levi ili desni položaj, a zatim se pomoću mernih listića meri rastojanje između suprotnog boka klipnjače i ramena kolenastog vratila motora.

Ukoliko se zazor utvrđuje merenjem, tada je u toku merenja potrebno utvrditi spoljašnji prečnik rukavca i unutrašnji prečnik rupe (provrta) posteljice čaure ležajeva. Sva merenja se vrše u minimalno dve ravni i dva međusobno upravna pravca. Proseci ovih merenja daju vrednosti prečnika.



Sl. 5.14. Merenje spoljašnjeg prečnika (primer: leteći rukavac kolenastog vratila motora)



Sl. 5.15. Merenje unutrašnjeg prečnika (primer: velika pesnica klipnjače)

Vrednost zazora (radijalno odstupanje) utvrđuje se na osnovu razlike proseka unutrašnjeg i spoljnog prečnika.

U nekim slučajevima (npr. na jako opterećenim ležajima radilice) može da se javi potreba za kontrolom minimalnog i maksimalnog radijalnog zazora. Vrednost maksimalnog zazora se određuje iz razlike prečnika prvrtka i rukavca merenih u različitim ravnima (A-a ili B-b). Ekstremne vrednosti uzimaju se iz mera koje su dobijene u istim ravnima A, B, C. Naime, ne bi imalo smisla uporediti vrednosti prvrtka u ravni A sa vrednošću mera rukavca u ravni C.

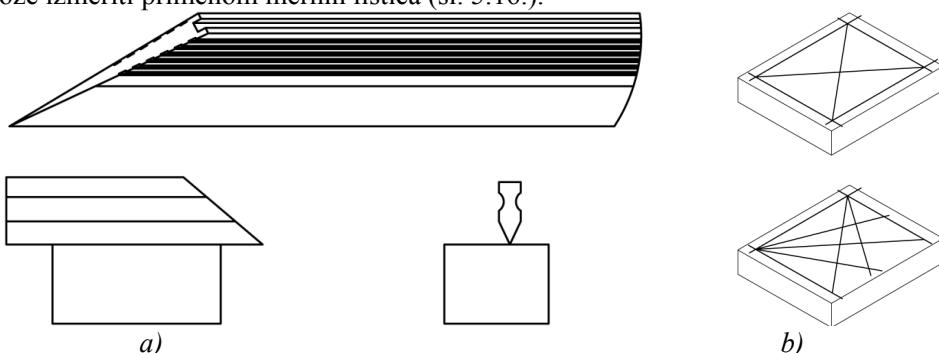
Ovalnost rukavaca ili prvrtka utvrđuje se iz razlike prečnika izmerenog u pravcu a1 i a2 (A1 i A2), izmerenih u ravnima a, b (A, B). Maksimalna ovalnost rukavaca ili rupe utvrđuje se kao najveća vrednost izmerenih razlika.

Konusnost rukavaca ili prvrtka dobija se kao razlika prečnika izmerenog u pravcu „1“ ili „2“ u ravnima A i B. Veća vrednost predstavlja maksimalnu konusnost. U slučaju potrebe za većom tačnošću može se izvoditi merenje i na međupravcima između pravca „1“ i „2“.

Ukoliko je to potrebno, rezultati merenja pokazuju se na listi habanja. U listu habanja treba svakoj vrednosti (izmerenoj i izračunatoj) obezbediti odgovarajuću kolonu. Izračunata tabela prilaže se uz defektažnu listu.

- **Provera ravnosti**

Delovi mašina tokom eksploracije mogu da se deformišu što je često posledica mehaničkih i termičkih naprezanja¹¹. Kontrolu ravnosti površina moguće je izvršiti pomoću radioničkog lenjira, komparatora ili metodom tuširanja. Najjednostavniji metod merenja ravnosti površina je metoda lenjira. Naime, ravan (radionički) lenjir se postavlja na zaptivnu površinu i posmatra se veličina svetlosnog procepa. Zazor se može izmeriti primenom mernih listića (sl. 5.16.).

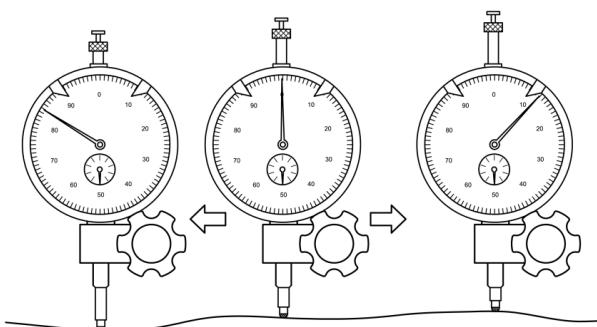


Sl. 5.16. Kontrola ravnosti

a-kontrola ravnosti primenom radioničkog lenjira, b-različiti pravci kontrole ravnosti

¹¹ Ovo je posebno izraženo kod zaptivnih površina na bloku motora ili na cilindarskoj glavi.

Drugi precizniji način kontrole ravnosti površine vrši se primenom komparatora¹². Kontrola se vrši na taj način što se komparator pomera duž ispitivane površine (u različitim pravcima). Tokom kontrole, nosač komparatora se oslanja na odgovarajuću baznu ravan. Granični položaj kazaljke u različitim položajima komparatora registruju pozitivna i negativna odstupanja ravnosti površine koja se kontroliše. Sabiranjem apsolutnih vrednosti maksimalnih odstupanja dobija se vrednost odstupanja od ravnosti.



Sl. 5.17. Kontrola ravnosti komparatorom

Postoje i drugi široko rasprostranjeni načini kontrole ravnosti. Ravnost se može utvrditi nanošenjem tankog sloja tuša (prusko plavo) na ravnu etalon-površinu (sl. 5.18). Zatim se umerenim i konstantnim pritiskom trlja ispitivana površina po etalonu i nakon toga posmatra izgled ispitivane površine. Obično se uočavaju tri različito obojene zone:

- Blago obojene zone (zone koje su bile u kontaktu sa baznom površinom-najispupčenije, potisnule su tuš u stranu),
- Intenzivno obojene zone (zone koje su neposredno uz prethodno navedene ispučene zone),
- Neobojene zone (najdublje zone do kojih tuš nije dopreо)

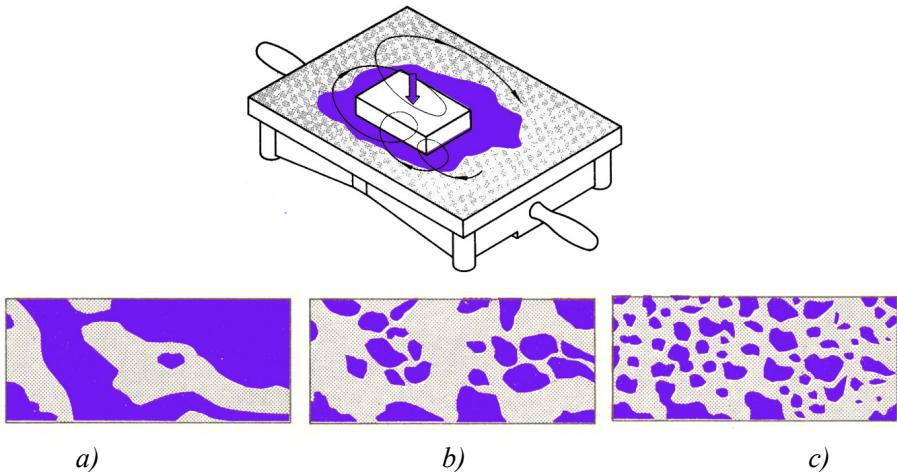
U praksi se umesto boje za identifikaciju deformisanosti (odstupanja od ravnosti) primenjuje abrazivna pasta (mešavina motornog ulja i grubljih abrazivnih čestica sredstva za poliranje) nanešena na ravnu staklenu površinu. Trljanjem ispitivane površine, u trajanju oko 10 minuta, na ispitivanoj površini jasno se uočavaju ispolirane zone. Analizom rasporeda neispoliranih ostrva, donosi se odluka o potrebi ravnjanja. Opisana metoda ima široku primenu u kontroli ravnosti cilindarske glave motora.

- **Kontrola pukotina**

Otkrivanje napuklih mesta na površinama delova i obeležavanje istih u toku defektažnih radova ima poseban značaj s obzirom na to da i male pukotine mogu biti uzročnici ozbiljnim lomovima. Za otkrivanje pukotina razrađene su različite metode. U okviru metalografskog ispitivanja ova problematika se detaljno izučava. Ovdje treba skrenuti pažnju na jednostavne metode koje se mogu u praksi uspešno primeniti. Najjednostavniju metodu iz te grupe predstavlja postupak sa krečnim mlekom. Deo

¹² Komparatori su merni instrumenti koji nisu namenjeni merenju apsolutne veličine nekog predmeta, već njegovo odstupanje od dimenzija, oblika i položaja (tačnost merenja komparatora je najčešće 0,01 mm)

koji se proverava zagreva se u emulziji ulja za bušenje, zagrejane na 100-120°C u trajanju od 20-30 min. Nakon toga se deo pažljivo prebriše i prevlači krečnim mlekom koje se dobija saturiranjem praha krede u alkoholu ili benzину. Nanošenje krečnog mleka najlakše se izvodi pomoću pištolja za farbanje. Posle sušenja dela u pukotine upijeno ulje na beloj površini jasno očrtava pukotine u vidu uljne mrlje.



*Sl. 5.18. Identifikacija odstupanja površine od ravnosti metodom tuširanja
a,b-velike ofarbane i neofarbane površine ukazuju na odstupanje od ravnosti, c-
ravnomerno raspoređene ofarbane površine ukazuju da je površina ravna*

U drugom postupku se koristi fluorescentna (penetrirajuća) tečnost kao indikator. Penetrirajuća tečnost može se pripremiti mešanjem mineralnog ulja velike penetracione (upijajuće) sposobnosti sa petrolejom u odnosu 15:85%. Mašinski deo se potapa u ovu tečnost i zatim se obriše. Upijena tečnost svetli fluorescentno ako se osvetli kvarcnom lampom. Prednost ovih postupaka se ogleda u tome što oni iskazuju pukotine na svim vrstama materijala.

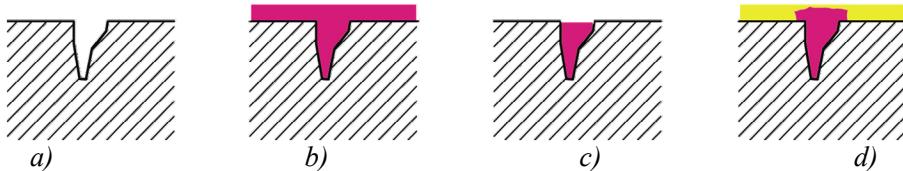
Metoda penetrirajućih tečnosti se upotrebljava za otkrivanje površinskih pukotina, kao što se otvorene pukotine, pore i sl., u materijalima koji nisu porozni. Ovaj postupak pogodan je za otkrivanje prskotina širine veće od 1 μm i dubine od 10 μm. Ova metoda ima praktično neograničeni opseg primene (obojeni i crni metali, magnetni i nemagnetni, plastični materijali, staklo, keramika i sl.). Najbolji rezultati se ostvaruju pri radnoj temperaturi 10-40°C.

Postupak se izvodi u nekoliko koraka:

1. Površina se očisti od svih nečistoća, masti, korozije i dr. (sl. 5.19., a),
2. Penetraciona tečnost se nanosi na površinu (sl. 5.19., b),
3. Nakon nekog vremena (3-4 minuta, bolji rezultati se ostvaruju ukoliko se vreme udvostruči) površina se očisti od penetracione tečnosti (penetrant je zadržan u greškama) (sl. 5.19., c),
4. Nanese se razvijač (sl. 5.19., d),

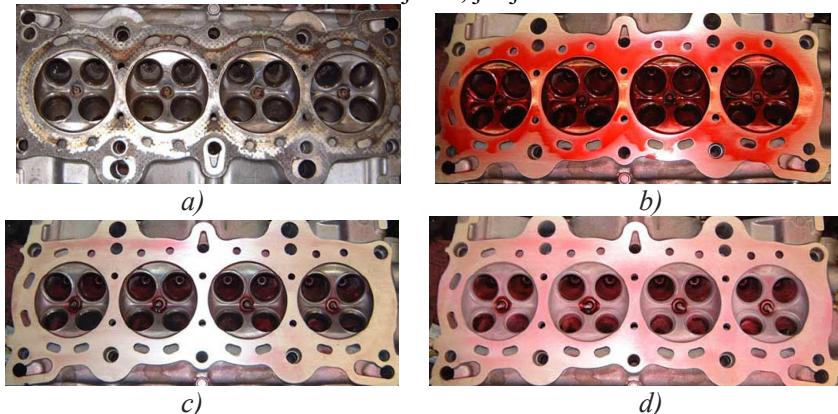
5. Pregled objekta radi uočavanja eventualnih grešaka.

Ukoliko na površini ispitivanog materijala postoji pukotina uočiće se penetrant uz nju. Penetrirajuće tečnosti su jarkih boja, a za još bolju uočljivost koriste se fluorescentni penetranti.



Sl. 5.19. Postupak ispitivanja penetrirajućim tečnostima

Na slici 5.20. prikazan je postupak ispitivanja pukotina cilindarske glave primenom penetrirajuće tečnosti. Pre nanošenja boje (penetrirajuće), potrebno je ispitivanu površinu detaljno očistiti od svih nečistoća (delova zaptivača, gareži, korozije i sl.). Prilikom čišćenja potrebno je posebno biti oprezan kako se ne bi „zatvorile“ (prekrile) eventualne pukotine, što bi značajno otežalo njihovu identifikaciju. Ovo je posebno značajno kod delova izrađenih od aluminijuma, jer je mek.



Sl. 5.20. Postupak ispitivanja cilindarske glave primenom penetrirajuće tečnosti
a) cilindarska glava pre čišćenja, b) nakon nanošenja boje (penetrirajuće tečnosti), c)
cilindarska glava nakon brisanja viška boje, d) nakon nanošenja razvijачa

Pouzdana metoda za potvrđivanje postojanja pukotina je tzv. „Magnaflux“ metod, primenljiv na blokovima od livenog gvožđa, kao i na ostalim magnetičnim delovima: klipnjačama, kolenastim i bregastim vratilima itd. Način je vrlo efikasan, ali zahteva

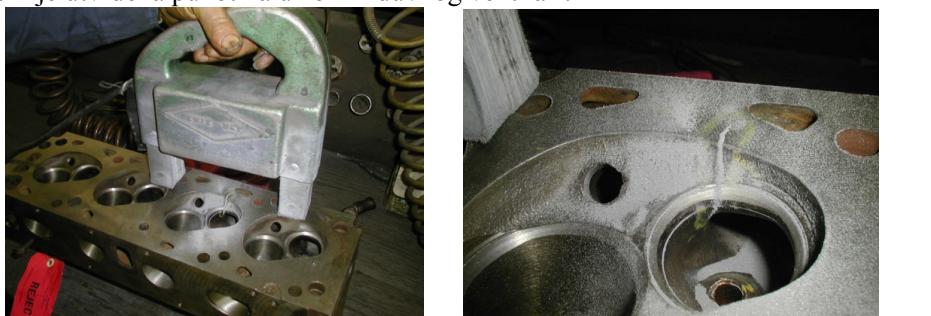


Sl. 5.21. Oprema za Magnaflux metod ispitivanja postojanja puktina

specijalnu instalaciju i obučeno osoblje (sl. 5.21).

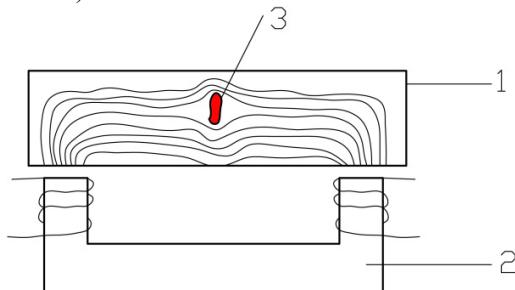
Princip se zasniva na prostiranju magnetnog fluksa koji skreće i prekida se u namagnetisanom delu u kojem je pukotina ili greška. Deo se pospe tankim slojem praha gvožđa. Na mestu pukotine prah gvožđa se nagomilava. Nagomilavanje gvoždenog praha je izrazitije ukoliko je pukotina bliža površini.

Na slici 5.23. prikazan je metod utvrđivanja pukotina cilindarske glave primenom „Magnafluxa“. Testom je utvrđena pukotina u zoni izduvnog ventila¹³.

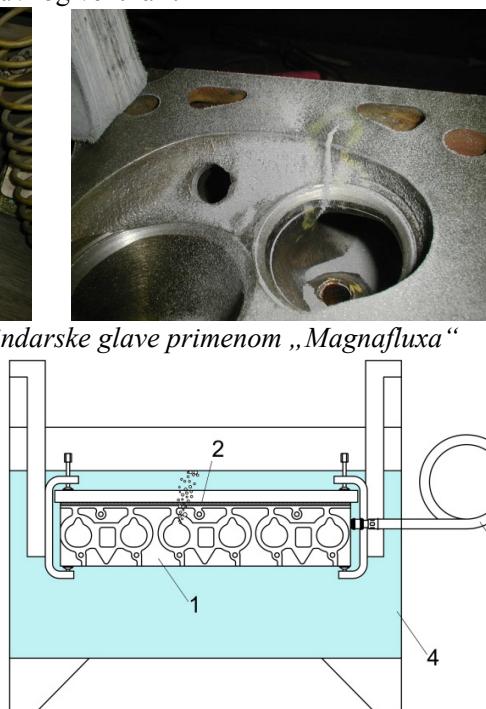


Sl. 5.23. Kontrola naprslina cilindarske glave primenom „Magnafluxa“

Pored ovih brzih metoda za detekciju pukotina u postupku defektaže, u praksi se uspešno primenjuju i metodi hidrauličnog ispitivanja. Ovom metodom se mogu kontrolisati mikropukotine u šupljim delovima (na primer glava motora itd.). Kao tečnost se koristi voda kojom se pune šupljine mašinskog dela i koji se kasnije izlaže pritisku. U tu svrhu se podesnim pločama zatvaraju svi otvori za prolaz vode sa donje i bočnih strana. Priključak za



Sl. 5.22. Magnetno ispitivanje
1-ispitivani materijal, 2-elektromagneti, 3-greška u materijalu



Sl. 5.24. Kada za hidrotest cilindarske glave
1-Ispitivana cilindarska glava, 2-Zaptivna ploča, 3-Dovod vazduha (0,5-1,0 MPa), 4-Kada sa vodom (90°C)

¹³ Cilindarska glava najčešće puca u zoni između usisnog i izduvnog ventila, što je posledica velike temperaturne razlike između njih.

vazduh pod pritiskom koji se kreće od 0,5 do 1,0 MPa (oko tri puta veći pritisak od pritiska rashladne tečnosti) postavlja se na mesto izlaska rashladne tečnosti iz cilindarske glave (kućište termostata). Glava se potapa u kadu sa vodom zagrejanom na temperaturu od 90°C. Izlazak mehurića vazduha i pad pritiska pokazuje postojanje pukotina na zidovima glave motora (sl. 5.24).

5.6. ŠKARTIRANJE

Škartiraju se oni delovi kod kojih se tehnologijama opravke ne mogu na zadovoljavajući način vratiti prvobitne karakteristike. Prilikom škartiranja pored tehničko-tehnoloških razmatranja uvažavaju se i ekonomski aspekti. Troškovi opravke treba da su niži od nabavne vrednosti novog dela. Od tog principa se odstupa jedino u slučaju kada se deo ne može nabaviti ili se opravkom postiže kvalitet bolji od originala.

Prilikom ocene ekonomičnosti treba uporediti nekoliko elemenata.

- Troškovi novog dela :
 - A1 - vrednost materijala i troškovi uložene energije u proizvodnji novog dela,
 - M1 - troškovi mehaničke obrade (radni čas, režija, lični dohodak itd.),
 - B1 - ostali troškovi (transport, ambalaža).
- Troškovi opravke dela :
 - A2 - vrednost materijala i troškovi utrošene energije u opravku (regeneraciju) dela,
 - M2 - troškovi mehaničke obrade (radni čas, režija, LD itd.),
 - B2 - ostali troškovi (transport, ambalaža).

Ukoliko je :

$$A_1 + M_1 + B_1 < A_2 + M_2 + B_2 - \text{deo se škartira}$$

Ukoliko je :

$$A_1 + M_1 + B_1 > A_2 + M_2 + B_2 - \text{tada se razmatra mogućnost opravke.}$$

U slučaju delova izrađenih od skupog materijala sa složenom tehnologijom opravke najčešće se odlučuje za opravku.

S druge strane, opravka serijskih (jeftinih) delova je neekonomična. Na karakter odluke često deluje veliki broj faktora npr. mašina je iz uvoza, starije proizvodnje za koju se ne može ili se vrlo teško nabavlja potreban deo. Hitnost osposobljavanja maštine zbog realizacije poljoprivrednih radova u optimalnom agrotehničkom roku itd.

Ovi elementi mogu biti odlučujući. Iz tog razloga neretko se odlučuje i za neekonomičnu opravku.

5.7. OPRAVKA DELOVA MAŠINA

Opravka delova se izvodi po prethodno utvrđenom tehnološkom postupku. Pre početka opravke potrebno je izvršiti detaljnu pripremu svih faza u okviru prihvaćenog tehnološkog postupka (izbor i priprema odgovarajućeg alata, repromaterijala, dokumentacije maštine itd.)

Najveći efekti u snižavanju troškova opravke cele mašine mogu se ostvariti primenom postupka regeneracije delova. Zbog toga delove koji se mogu regenerisati ne treba škartirati.

Pri utvrđivanju remontne tehnologije polazi se od tehnološkog postupka proizvodnje novog dela. Međutim, najčešće remontna radionica ne raspolaže sa mogućnošću primene tehnološkog postupka primjenjenog u postupku izrade novog mašinskog dela, niti raspolaže sa radioničkim crtežima. U takvim slučajevima, u okviru remontne radionice često se javlja potreba izrade radioničkog crteža na bazi modela¹⁴. Za pravilno sprovođenje odabranog tehnološkog postupka opravke neophodni su i drugi podaci najčešće vezani za svojstva materijala (bez njih se teško mogu izvoditi postupci kao što je navarivanje materijala, termička obrada itd.). U takvim slučajevima remontne radionice mogu koristiti metalografska ispitivanja uslužnih laboratorija ili da sami sprovode uobičajene brze metode za orijentaciono utvrđivanje nepoznatih svojstava materijala.

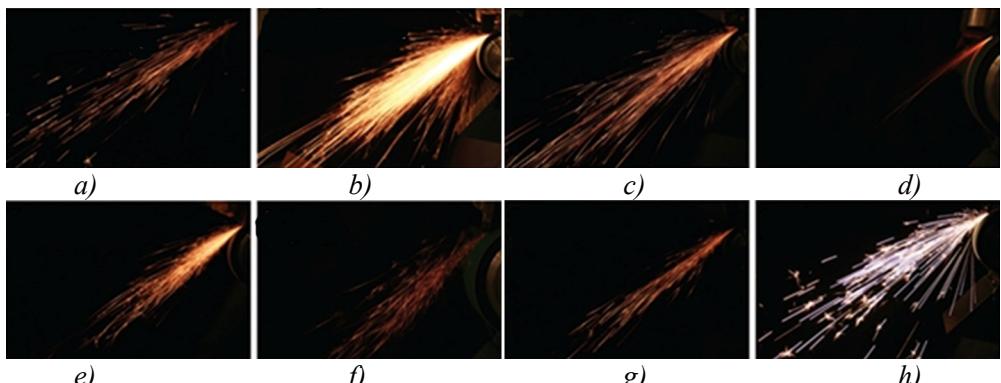
U praksi su poznate metode koje se baziraju na proceni slike varničenja ispitivanog materijala, upoređenje sa materijalom poznatih karakteristika (tretiranje nepoznatog materijala različitim kiselinama ili rastvorima soli i posmatranjem reagovanja na nepoznatom materijalu i probnom komadu poznatog sastava) kao i postupak rastvaranja metala kiselinama.

Metodom varničenja moguće je brzo utvrditi približan sastav čelika. Ova metoda ne može da zameni egzaktnu laboratorijsku analizu, već samo daje mogućnost da se po potrebi u pogonu sa malo uloženih sredstava utvrdi približan sastav i vrsta čelika (sl. 5.25).

Kod ove metode pri brušenju, usled trenja, čestice čelika u usijanom stanju se odvajaju u obliku snopa varnica. Snopovi varnica za razne vrste čelika se razlikuju po obliku putanje, izgledu i boji, što se koristi za međusobno razlikovanje čelika. Čestice čelika koje su nastale usled trenja pri brušenju se usijavaju do temperature sagorevanja ugljenika iz čelika. Pri tome se stvara gasovit ugljendioksid koji ima veću zapreminu od ugljenika. S obzirom na povećanje zapremina stvara se unutrašnji pritisak koji utiče na izgled varnice.

Postupak pri ispitivanju je jednostavan: uzorak od čelika čiji se sastav određuje prisloni se uz tocilo srednje krupnoće zrna. Pritisak na uzorak mora biti takav da se pri brušenju dobije pravilan snop varnica. Poželjno je da je prostorija u kojoj se radi zamraćena, odnosno samo pozadina iza varničnog snopa, kako bi se lakše mogla uočiti slika putanje snopa varnice, kao i njen oblik.

¹⁴ S obzirom da se radionički crteži izrađuju najčešće na bazi pohabanih, deformisanih ili polomljenih delova, za izradu radioničkih crteža neophodno je veliko iskustvo, kao i sposobnost dedukcije neposrednog izvršioca. Ovo posebno dolazi do izražaja kod velikih havarnih habanja i u uslovima kada nedostaju pojedini delovi mašinskih elemenata.



Sl. 5.25. Određivanje vrste materijala metodom varničenja (Hobart Institute of Welding Technology)

a-meki čelik do $0,20\%C$ (duga žuta iskra), b-čelik sa visokim sadržajem mangana (svetložute do bele iskre, malo razgranate), c-tvrdi čelik sa preko $0,45\%C$ (žute, linijske, razdvojene, lako uočljive iskre), d-nerđajući čelik (veoma male iskre, formiraju prave linije), e-srednje tvrdi čelik sa $0,20-0,45\%C$ (žute, linijske iskre), f-liveno gvožđe (zakrivljene, žute, slabo osvetljene iskre), g-CrMo čelik (male iskre, slabo razgranate), h-titaniumski čelik (veoma svelte, bele iskre sa zvezdicama na kraju)

5.7.1. Opravka osovina i vratila

U poljoprivrednim mašinama koristi se veliki broj elemenata tipa osovina. Ovde se pod imenom osovina (vratila)¹⁵ uopšteno podrazumevaju delovi kružnog ili prstenastog preseka čija je dužina u odnosu na prečnik velika. Osovina (vratilo) može biti nepokretna, rotirajuća ili pokretna.

Najčešći kvarovi na osovinama su :

- Osovina je savijena ili uvijena (vratilo).
- Pohabani su rukavac, rebra ožljeblijenih vratila, nalegajuće cilindrične površine, bregovi bregastih vratila ili konusne površine.

¹⁵ Razlika između osovina i vratila je u nameni i vrsti opterećenja. Osovine su mašinski elementi koji se koriste za povezivanje drugih elemenata i prevashodno je opterećena na smicanje. Vratila su mašinski elementi namenjeni prenosu obrtnog momenta i prevashodno su opterećeni na uvijanje.

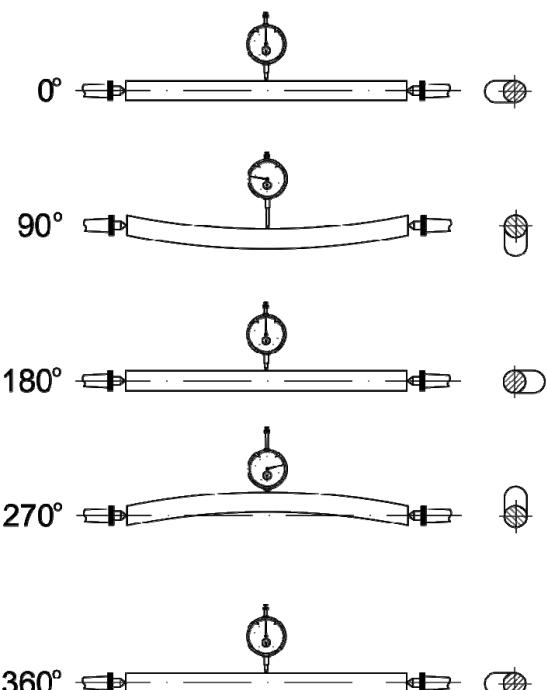
- Pohabane su ili oštećene rupe osovina sa unutrašnjim navojima ili rukavci sa spoljnim navojem.
- Oštećene su ili pohabane upuštene staze usadnih klinova ili ubušene rupe.
- Deformisani su krajevi osovina ili rupa za centriranje (bazne površine).
- Osovina je polomljena ili napukla.

Tokom eksploatacije, osovine (vratila) su izložene složenim opterećenjima koja mogu dovesti do njihovog savijanja. Kontrola savijenosti osovina (vratila) vrši se primenom komparatora (sl. 5.26.).

Ispravljanje osovina ravnanjem predstavlja najprostiji vid opravke postupkom trajne deformacije oblika. Grubo ravnanje se izvodi u hladnom ili zagrejanom stanju u zavisnosti od dimenzija, a sa ciljem otklanjanja većih iskrivljenja ili uvijenosti. Fino ravnanje se izvodi u hladnom stanju. Cilj finog ravnanja je da se nakon sprovedenog postupka osovina vrati u prvobitno stanje (u granicama fabričkih tolerancija mera i oblika). U jednostavnijim slučajevima, ravnanje se može izvesti na ploči udarcima čekića, na strugu sa kliznim ležištim (koji je namenjen izvođenju obrade manje tačnosti) ili pod presom. Deo se ne sme neposredno izlagati udarcima čekića pošto bi to prouzrokovalo trajne deformacije (hladno oblikovanje) i velika lokalna naprezanja. Ovo se izbegava postavljanjem mekšeg materijala na predmet koji se ispravlja.

Ispravljanje na strugu se izvodi pritiskom preko poprečnog suporta¹⁶ na osovini koja se nalazi između dva šiljka, potiskivačem (izrađenim od bronce ili mekog čelika) koji je pričvršćen u nosač noža.

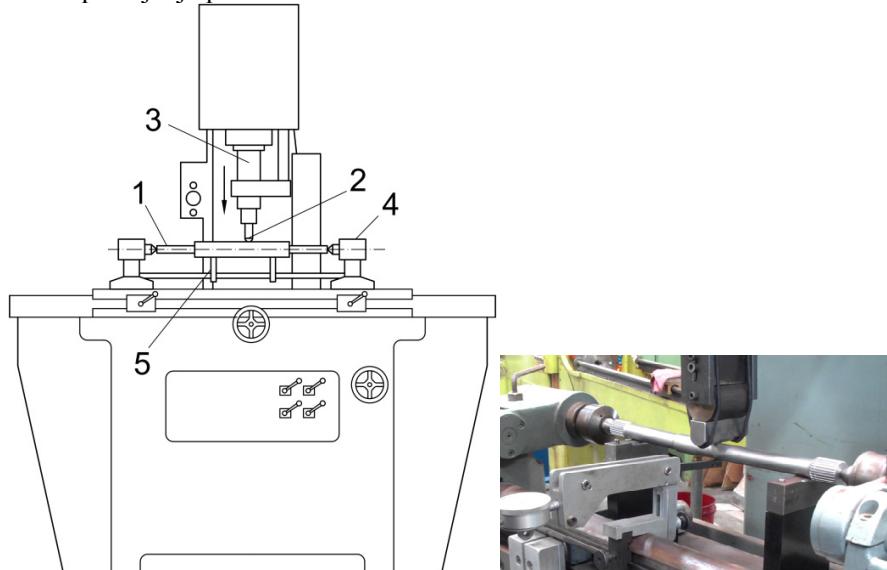
Osovina većih dimenzija se ispravlja pod presom preko odgovarajućih podmetača (sl. 5.27.). Po završetku ispravljanja, osovine (vratila) koje su izložene većim naprezanjima podvrgavaju se termičkom postupku kojim se deo rasterećuje od



Sl. 5.26. Metod utvrđivanja iskrivljenosti osovine (vratila)

¹⁶ Deo nosača alata na strugu koji obezbeđuje pomeranje držača noža upravno na osu rotacije glavnog radnog vretena (obratka)

unutrašnjih napona. Ovakve delove pre montaže treba ispitati kako bi se utvrdilo eventualno postojanje pukotine.



Sl. 5.27. Presa za ispravljanje osovina (tačnost ispravljanja $\pm 0,025$ mm)
1-Osovina (vratilo), 2-potiskivač, 3-hidraulični cilindar, 4-šiljci za centriranje, 5-podupirač

5.7.1.1. Opravka glatkih osovina

Osovine se obično izrađuju između dva šiljka, postavljena u prethodno ubušene rupe za centriranje. U postupku montaže, ubušene rupe za centriranje često se oštećuju. U toku opravke za centriranje treba koristiti fabričke bazne površine. Ukoliko su rupe za centriranje oštećene, remont se započinje njihovom obradom. U tom postupku jedan kraj osovine se prihvata u „tačne“ čeljusti stezne glave, dok se drugi kraj podupre linetom. Po završenoj kontroli centriranja (komparatorom) oštećena rupa za centriranje se doraduje strugarskim nožem (pod uglom, sa zakošenim nosačem alata). Nakon odgovarajuće dorade rupe za centriranje, osovinu se prihvata između dva šiljka i izvodi se provjera centričnosti komparatorom.

Česti su kvarovi osovine u vidu pohabanosti tarućih površina. U jednostavnijim slučajevima, gde se ne postavlja zahtev standardne zamjenjivosti, izvodi se obrada pohabanog rukavca na pravilan geometrijski oblik sa dovođenjem na remontnu (opravnu, specijalnu) meru.

Ukoliko se zahteva i opravka svojstva površinske otpornosti, tada se remont osovine završava odgovarajućom tehnologijom površinskog legiranja.

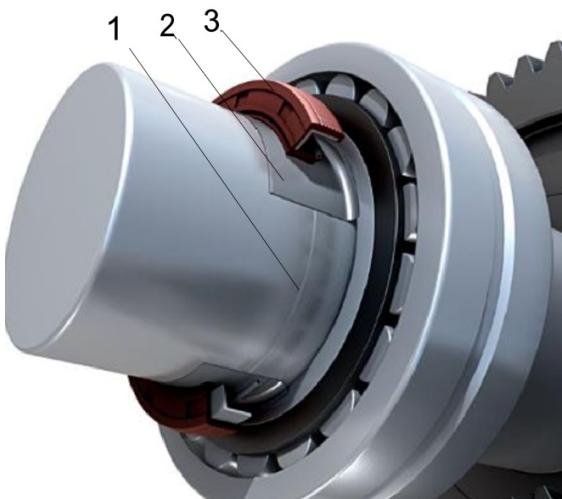
Dorada pohabanog rukavca na meru koja udovoljava zahtevima standardne zamene izvodi se plastičnom deformacijom oblika, primenom čaura, navarivanjem,

nanošenjem metalnog sloja galvanskim postupkom, niklovanjem i nanošenjem sintetičkih materijala¹⁷. Odluku o primeni odgovarajućeg postupka donosi se na osnovu poznavanja svojstava materijala i uslova rada osovine (naprezanja, broja obrtaja, radne temperature itd.).

U slučaju pohabanosti zaptivnih površina vratila moguće je primeniti brzu metodu opravke primenom tzv. „Speedi-sleeve“ čaura (sl. 5.28). Naime, radi se o tankozidnim čaurama, debljine zida 0,28 mm, namenjenih reparaciji pohabanih vratila standardnog prečnika 11,91-203,33 mm (izvor: SKF). „Speedi-sleeve“ čaure izrađuju se od visoko kvalitetnog nerđajućeg čelika SAE 304, površinske hrapavosti 0,25-0,5 µm. Ugradnja čaure se vrši na hladno (kako ne bi došlo do deformacije nakon hlađenja). Ugradnju čaure moguće je izvršiti na neobrađenu (pohabanu) površinu, ukoliko srednji prečnik pohabane površine vratila odgovara zahtevima za ostvarenje preklopног spoja standardne dimenzije čaure. U suprotnom, potrebno je površinu obraditi na popravnu meru a zatim ugraditi čauru (odgovarajuće dimenzije).¹⁸

Postupak montaže sastoji se od sledećeg (sl. 5.29.):

- Čišćenje pohabane površine (obrusiti neravnine)¹⁹,
- Izmeriti prečnik pohabanog dela vratila u dve ravni i minimalno tri pravca (usvojiti srednji prečnik),
- Odabrati čauru u tabeli standardnih dimenzija čaure (ukoliko ne postoji odgovarajuća neophodno je obraditi površinu na prvu odgovarajuću dimenziju),
- Bez poravnavanja pohabane površine montirati čauru (Ukoliko se radi o manjim oštećenjima nije potrebna nikakva ispunjačna neravnina, kod umerenih



Sl. 5.28. „Speedi-sleeve“ čaura (izvor: SKF)
1-oštećenje na zaptivnoj površini vratila, 2-čauru, 3-aksijalna zaptivka (semering)

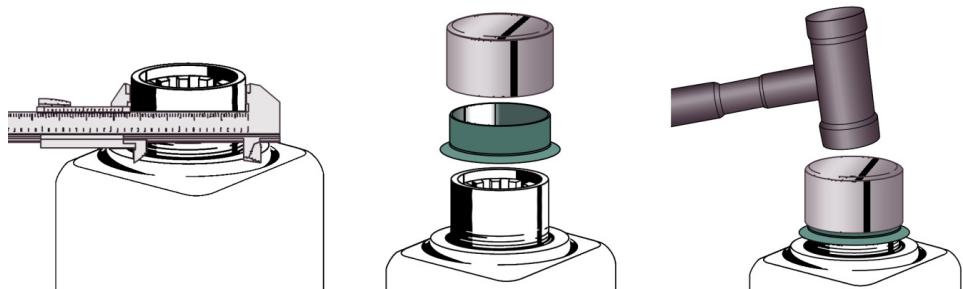
vratila odgovara zahtevima za ostvarenje preklopног spoja standardne dimenzije čaure. U suprotnom, potrebno je površinu obraditi na popravnu meru a zatim ugraditi čauru (odgovarajuće dimenzije).¹⁸

¹⁷ Više o metodama regeneracije pohabanih delova dato je u poglavlju „5.10. Regeneracija mašinskih delova“

¹⁸ Pri ovome treba uzeti u obzir da je neophodna zamena aksijalne zaptivke (semeringa) odgovarajuće dimenzije.

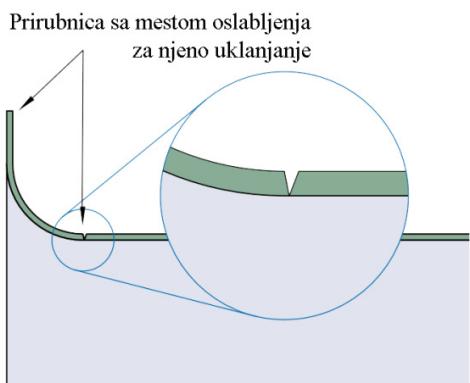
¹⁹ Čaure se ne mogu ugrađivati preko navoja, žljebova za klin, ožljebljenih delova vratila jer dolazi do deformacije čaure.

oštećenja zaptivne površine neravnine je moguće popuniti sa odgovarajućom silikonskom ispunom. Kod velikih oštećenja površina se ispunjava primenom tečnog metala (metalni git), a zatim odmah (pre otvrđnjavanja) se postavlja čaura).



Sl. 5.29. Postupak ugradnje „Speedi-sleeve“ čaure (izvor: SKF)

- Ukoliko je potrebno, ukloniti prirubnicu čaure korišćenjem klešta. Prirubnica se odvaja od čaure po pripremljenom žljebu na njoj (sl. 5.30.).
- Uveriti se da ne postoje neravnine koje mogu oštetiti zaptivač.



Sl. 5.30. Prirubnica „Speedi-sleeve“ čaure (izvor SKF)

5.7.1.2. Opravka ožljebljenih vratila

Česti su kvarovi na ožljebljenim vratilima koji se pojavljuju u vidu pohabanosti žljebova (rebara). Žljebovi se mogu izrađivati sa uskim tolerancijama (npr. spoj između zupčanika i vratila menjača u prenosniku snage) sa mogućnošću pomeranja zupčanika po vratilu. Profili žljebova mogu biti različiti. Neujednačeno habanje rebara žljebastih vratila može biti posledica (na primer u slučaju zupčanika) postojanja asimetričnosti dejstva sile koja deluje na mašinski deo.

Ožljebljeni spojevi se najčešće izrađuju sa mogućnošću standardne zamene. Ovom zahtevu se mora uđovoljiti i nakon izvršenog remonta dela.

Rebra na vratilima koja su izrađena bez termičke obrade se mogu doraditi (nanošenjem materijala) postupkom ručnog navarivanja. Po završenom postupku navarivanja, vratilo se termički rasterećuje od nastalih unutrašnjih napona. Nakon termičke obrade vratilo se kontroliše i eventualne deformacije se otklanjam ispravljanjem. Obrada vratila se izvodi na strugu dovođenjem mere na originalnu vrednost. Rebra se doraduju između šiljaka na glodalici korišćenjem podeonog aparata.

Prvo se vrši obrada pohabanih delova (nenavarenih površina) sa dubinom zahvata koji će i na najpohabanjim mestima ostvariti čistu površinu. Posle odstranjanja svih pohabanih površina na bokovima rebara sledi gruba obrada navarenih površina i konačna obrada na završne mere. Zaobljenja između bočnih površina rebara (žljebova) izvodi se profilnim glodalom.

Ovim postupkom opravke najviše napregnuta površina (strana koja je okrenuta u smeru obrtanja) izrađuje se od osnovnog materijala.

Pored navarivanja,²⁰ opravka ožljebljenih vratila može se izvršiti primenom tečnog metala. Osnovna prednost ovog postupka jeste brzina izvođenja, bez deformacija predmeta nastalih kao posledica zagrevanja (više o ovoj metodi u poglavljju „5.10. Regeneracija mašinskih delova“).

5.7.2. Opravka cilindričnih otvora

U toku opravke maštine često se javlja zadatak obnavljanja cilindričnih provrta (otvora ili rupa). Najčešći kvar koji nastaje na provrtima je habanje, nastalo kao posledica trenja ili korozije.

U zavisnosti od vrste naprezanja i zazora „upasivanja“ kvarovi na provrtima mogu nastati i kao posledica udarnih opterećenja. Način obrade otvora u postupku remonta odabira se u zavisnosti od dimenzija otvora i uslova rada. Ukoliko se mogućnost standardne zamjenjivosti ne postavlja kao uslov, u pojedinim slučajevima, izvodi se obrada otvora na remontnu meru.

Ako se otvor mora remontovati na prvobitnu meru, tada se to može izvesti primenom čaure ili nanošenjem metalnog sloja (popuna) uz naknadnu obradu na originalnu meru. Popunjavanje metalnim slojem (posebno u slučaju otvora malih dimenzija) teže se izvodi nego kod delova tipa osovine (spoljne mere).

5.7.2.1. Opravka otvora skidanjem strugotine

Postupkom obrade skidanjem strugotine otvori se mogu dorađivati na remontne mere. Tehnologija obrade zavisna je od dimenzija i tolerancije otvora. Postupci obrade otvora se mogu podeliti u dve glavne grupe:

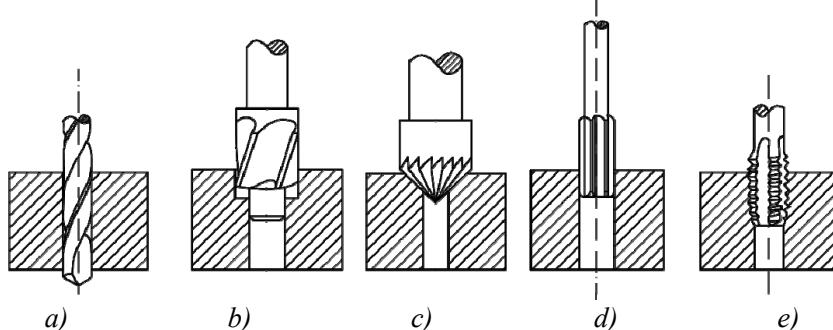
- Izrada otvora (rupa) u punom materijalu i
- Dorada već postojećeg otvora.

Prilikom remonta se obično izvodi dorada pohabanog otvora. Najprostiji način dorade pohabanog otvora predstavlja obradu razvrtanjem na remontnu meru. Troškovi opravke u takvim slučajevima obično nisu veliki. Međutim, zbog povećanja dimenzija potrebno je menjati i dimenzije spajajućeg dela (npr. rukavca), što dovodi do povećanja troškova.

²⁰ Nedostatak ovog postupka ogleda se u tome da se tokom navarivanja osnovni materijal termički optereti. Nakon hlađenja dolazi do deformacije vratila i pojave zaostalih unutrašnjih naprezanja. Ovo zahteva dodatne operacije u vidu termičke obrade (opuštanje) i ispravljanje postupcima hladne deformacije.

Obrada cilindričnog otvora (rupe) najčešće se sastoji od bušenja i nekoliko operacija dorade što zavisi od stepena pohabanosti i tražene tačnosti mere (sl. 5.31). Na primer:

- bušenje i upuštanje,
- bušenje i provrtanje,
- bušenje, upuštanje i razvrtanje,
- bušenje, upuštanje i urezivanje navoja.



Sl. 5.31. Osnovne operacije koje se primjenjuju pri uzradi nove ili opravci postojeće rupe (ovora)
a-bušenje, b-cilindrično upuštanje, c-konusno upuštanje, d-razvrtanje, e-urezivanje navoja

U postupku bušenja i izvođenja sekundarnih operacija dorade treba koristiti bazne površine koje su korišćene i u postupku izrade dela (površine naleganja, stezanja, centriranja itd.).

5.7.2.2. Opravka bušenih otvora primenom čaure

Ukoliko se izvodi opravka pohabanog cilindričnog otvora na originalnu meru, sa ciljem mogućosti standardne zamene u otvor (rupu) se postavlja čaura.

„Čaurenje“ se može izvoditi :

- pomoću čaure sa tankim zidom,
- čaurom sa prirubnicom,
- čaurom sa navojem,
- konusnom čaurom.

Čaura sa tankim zidovima se koristi u slučajevima kada se rupa koja se želi opravljati, zbog nedovoljne debljine zida, može samo u maloj meri povećati. Opravka se vrši na sledeći način (sl. 5.32):

- Pohabani otvor se razvrti na remontnu dimenziju (a) (sa tolerancijom H7) i konusno se obori ivica otvora kao priprema za zavarivanje (b).
- Izrađuje se čep sa ubušenim otvorom u centru, oborenih ivica (sa tolerancijom n6) (c).
- Čep se upresuje u rupu, a potom zavari (d).

- Centriranjem po ubušenoj rupi u čepu se vrši prethodno bušenje sa dodatkom za razvrtanje (e), i konačno razvrtanje na originalnu meru (f).

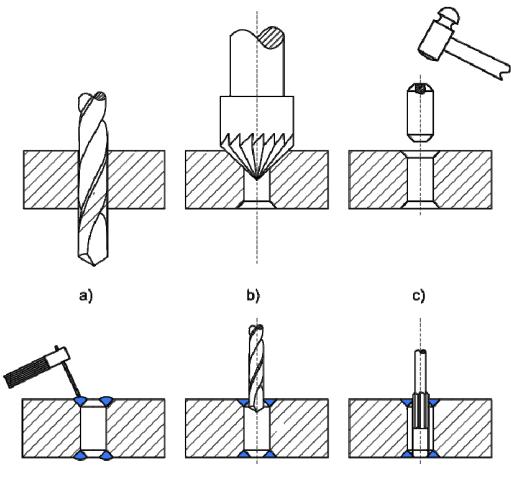
Navedeni redosled je potreban zbog toga što se direktno upresovana čaura tankih zidova (zbog tesnog naleganja) lomi, a njen fiksiranje zbog debljine zida može pouzdano izvesti samo postupkom zavarivanja.

Remontovanje pohabanog otvora čaurom sa prirubnicom izvodi se u slučajevima kada zidovi rupe podnose bušenje na veće remontne dimenzije i primenu čaure odgovarajuće debljine zida.

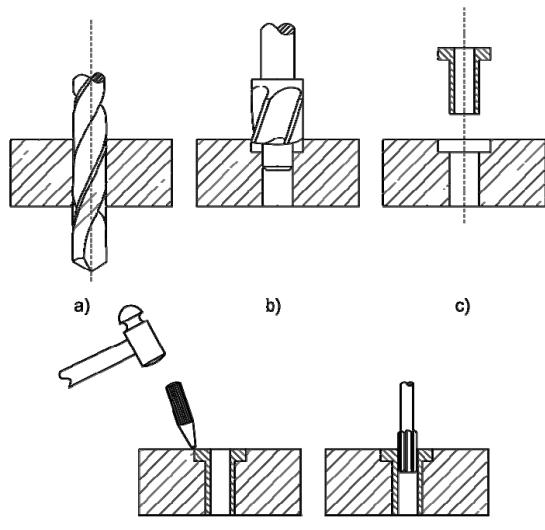
Redosled remontovanja je sledeći:

- Bušenje pohabanog otvora na remontnu meru (sl. 5.33a),
- Cilindrično upuštanje otvora na meru prirubnice (b),
- Izrada čaure sa prirubnicom, obrađene spolja na meru sa naleganjem koje odgovara čvrstoj vezi prečnika remontne dimenzije otvora ($H7/n6$). Otvor čaure se izrađuje sa dodatkom za razvrtanje (c),
- Upresovanje čaure (d),
- Osiguranje čaure od samoispadanja (e) i
- Dorade na željenu meru (f).

Prilikom izrade čaure обратити пажњу на паралелност зида чауре и



Sl. 5.32. Opravka otvora čaurom tankih zidova
a-razbušivanje otvora, b-upuštanje ivica, c-upresovanje čepa, d-zavarivanje upresovanog čepa, e-bušenje otvora, f-razvrtanje otvora na konačnu meru



Sl.5.33. Opravka čaurom sa prirubnicom
a-razbušivanje pohabane rupe, b-cilindrično upuštanje, c-upresovanje čaure sa prirubnicom, d-osiguranje prirubnice od samoispadanja, e-razvrtanje otvora na konačnu meru

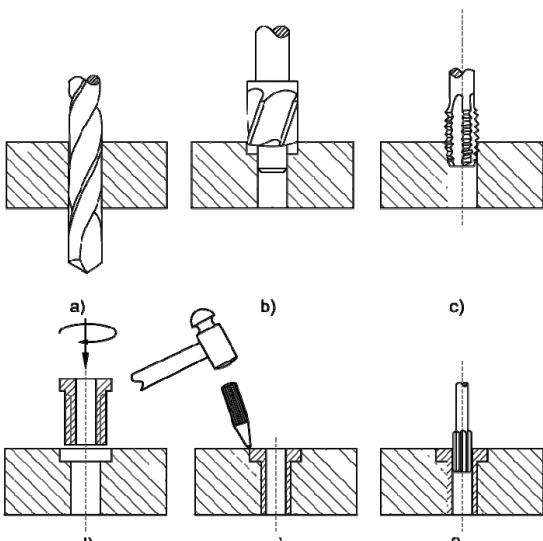
ose otvora (saosnost).

Čaura sa navojem se koristi kada se položajna tačnost otvora koji će se remontovati ne postavlja kao uslov i kada fiksiranje čaure putem čvrstog spajanja zbog toplotnog širenja ne zadovoljava.

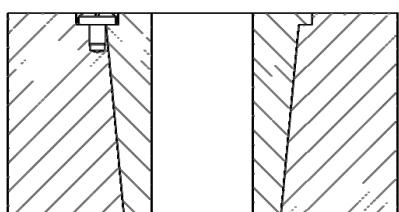
Redosled opravke je sledeći :

- Rupa se izbuši na remontnu meru (sl. 5.34a), upusti (b) i ureže se navoj (c),
- Izrađuje se čaura sa spoljnim navojem (čvrsto naleganje),
- Uvrne se čaura (d), fiksira se presovanjem (e) i po potrebi razvrne na konačnu meru (f).

Konusna čaura se ređe koristi za opravku pohabanih prvrta zbog toga što je tačna izrada takvih površina teža. Konus čaure treba da ostvari naponsku vezu. Čaura se upresuje u otvor i osigura zavrtnjem (sl. 5.35).



Sl. 5.34. Opravka čaurom sa navojem
a-razbušivanje pohabane rupe, b-cilindrično
upuštanje, c-izrada navoja, d-uvrtanje čaure sa
navojem, e-osiguranje čaure od
samoodvrtanja, f-razvrtanje otvora na konačnu
meru



Sl. 5.35. Opravka otvoram
konusnom čaurom

5.8. OPRAVKA DELOVA MOTORA SUS

S obzirom na to da su motori SUS najkompleksniji sistemi savremenih poljoprivrednih mašina, u nastavku će biti date osnovne postavke remonta pojedinih elemenata motora SUS, a koje se mogu kao takve primeniti i na drugim sistemima poljoprivrednih mašina. Sa stanovišta opravke, delovi motora SUS se mogu razvrstati u dve velike grupe:

- Delovi za koje je predviđena opravka mašinskom obradom i
- Delovi koji nisu namenjeni mašinskom remontu.

5.8.1. Delovi motora za koje je predviđena opravka mašinskom obradom

5.8.1.1. Cilindarski blok

Blok motora je osnovni deo motora SUS u kome se nalaze radni cilindri i na koga su pripojeni ostali delovi motora i pomoćni uređaji. Najčešće se izrađuje jedinstven za sve cilindre. U motorima poljoprivrednih mašina izrađuje se sa vodenim ili vazdušnim hlađenjem. Načinjen je od sivog liva ili od legure aluminijuma, a cilindri mogu biti izliveni sa blokom zajedno ili umetnuti kao suve ili mokre košuljice (redovno kod aluminijumskih blokova).

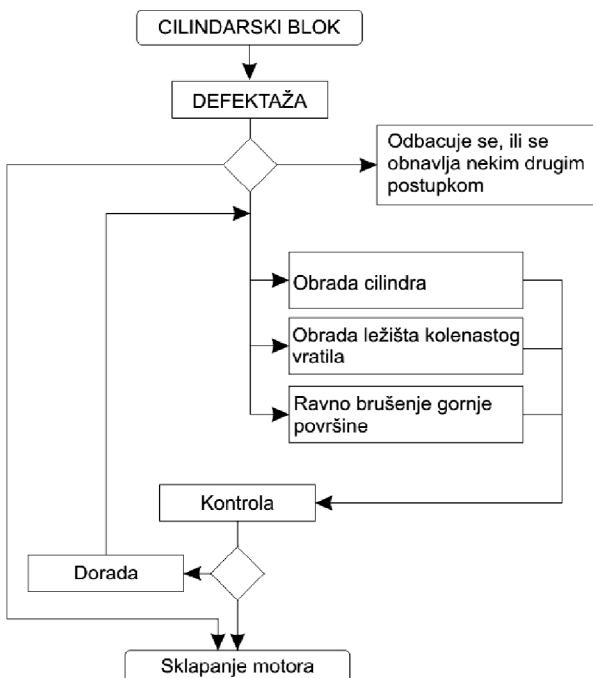
Prilikom remonta motora sa mokrim košuljicama pohabani cilindri jednostavno se zamjenjuju novim već obrađenim na meru.

Gornja površina bloka je ravna i na nju se vezuje cilindarska glava koja zaptiva radni i vodeni prostor. Sa donje strane se ugrađuje kolenasto vratilo i glavni ležajevi. Neke konstrukcije poseduju i ležista bregastog vratila i vodice potiskivača.

Šema postupaka obrade bloka data je na sl. 5.36.

- *Pranje bloka*

Nakon rasklapanja motora, blok se skida sa postolja i odnosi na pranje. Tokom pranja, ručno se moraju brižljivo očistiti svi kanali za dovod ulja, jer sve nečistoće mogu ugroziti ispravan rad remontovanog motora. Takođe se ručno, pogodnim strugačima, odstranjuju veće naslage nečistoća sa bloka (sl. 5.37 i 5.38.) kako bi se olakšalo mehanizovano



Sl. 5.36. Procesna šema obrade bloka motora



Sl. 5.37. Ručno pranje bloka motora

pranje.

Mehanizovano pranje se vrši u zatvorenim komorama za pranje (sl. 5.7.). Površine bloka se peru mlazevima iz pokretnih mlaznica deterđžentom na bazi rastvora kalcinisane sode na temperaturi od 80-90°C. Posle pranja blok se prosošuje strujom komprimovanog vazduha.

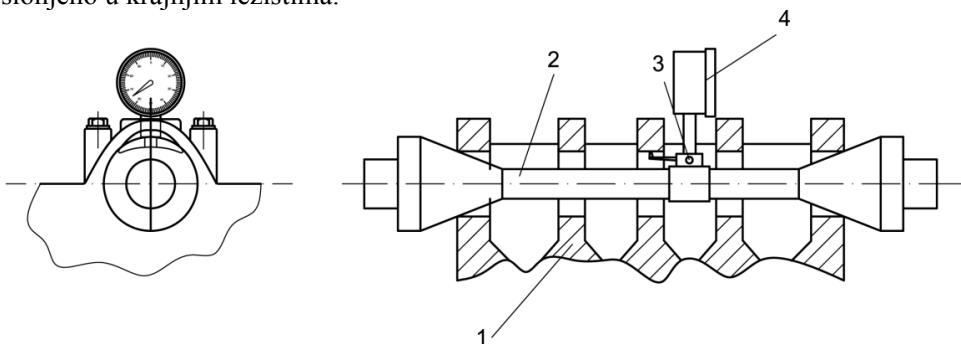
- *Vizuelni pregled bloka*

Temeljno očišćen blok se najpre pregleda vizuelno kako bi se ustanovila veća oštećenja, a da se ne bi bespotrebno vršile ostale kontrolne i remontne radnje (ukoliko se blok mora škartirati). Pod većim oštećenjima se smatraju pukotine na zidovima vodenog prostora i cilindara (npr. kao posledica zamrzavanja rashladne tečnosti). Takvi propušteni defekti za posledicu imaju nepravilan ili čak nemoguć rad remontovanog motora zbog mešanja ulja i vode, prodiranja vode u radni prostor i sl.

Postojanje pukotina kontroliše se najpre detaljnim vizuelnim pregledom, a osetljiva mesta pomoću lupe. Propustljivost vodenog prostora bloka najbolje se ispituje primenom hidrotesta, pod pritiskom 2,5-3 bara (sl. 5.24). Na isti način moguće je ispitati i nepropusnost uljnih vodova pod pritiskom 7 bara.

- *Kontrola i opravka ležišta kolenastog vratila*

Prilikom kontrole prečnika i saosnosti ležišta kolenastog vratila u bloku, važno je napomenuti da se poklopci ležišta moraju postaviti na svoje mesto i stegnuti propisanim momentom pritezanja vijaka. Tačne vrednosti odstupanja od saosnosti prvrta ležišta dobijaju se okretanjem vratila sa komparatorom čiji se merni završetak kreće po unutrašnjoj površini ležišta, kao što je prikazano na sl. 5.39. Vratilo je oslonjeno u krajnjim ležištima.



Sl. 5.39. Kontrola saosnosti ležišta kolenastog vratila
1-cilindarski blok, 2-vratilo-nosač komparatora, 3-merni završetak komparatora, 4-komparator

Pre ove kontrole moraju se prekontrolisati prečnici ležišta, tj. njihova veličina, konusnost i ovalnost komparatorom za kontrolu unutrašnjih mera (sl. 5.40.). Ukoliko se kontrolom utvrdi potreba za obradom ležišta glavnih rukavaca kolenastog vratila, potrebno je prethodno izvršiti pripremu. Naime, površine naleganja poklopaca ležišta, se moraju ravno obrusiti radi dobijanja potrebnog dodatka za obradu. Dozvoljeno odstupanje od saosnosti je do 0,02 mm, a prečnici ležišta moraju biti obrađeni u toleranciji H6 ili H7. Maksimalno dozvoljena hraptavost površine je 0,008 mm. Takođe, na isti način se kontrolišu i ležišta bregastog vratila, kako u bloku tako i u cilindarskoj glavi (ukoliko su izrađena bez umetaka).

Obrada ležišta kolenastog vratila u bloku motora vrši se trnovanjem. Nož na horizontalnom vratilu

mašine izvodi glavno obrtno i pomoćno pravolinijsko kretanje duž ose ležišta. Alat se podešava mikrometarskim uređajem na mašini. Kada se blok centriра i stegne na radnom stolu, vrši se obrada jednog po jednog ležišta. Ugradnja remontovanog kolenastog vratila i odgovarajućih novih ležišnih umetaka u nesaosna ili ovalna ležišta u bloku motora, vrlo brzo dovodi do težeg habanja kolenastog vratila, pa čak i do njegovog loma.

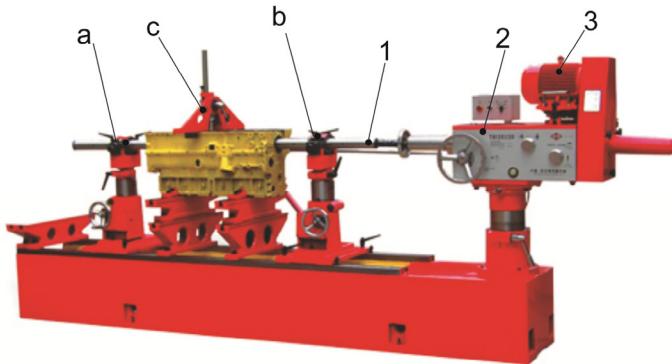
Na slici 5.42. prikazana je mašina namenjena obradi ležišta kolenastog vratila motora SJM T8125 VF. Mašina je namenjena obradi ležišta prečnika od 28 do 225 mm. Maksimalna dužina obratka (bloka motora) koji se može obraditi na ovoj mašini je 2250 mm. Mašina ima mogućnost pogona glavnog vretena u dva ranga i to za opseg 30-150 o/min i 93-467 o/min. Korak noža može biti od 0,43 mm po obrtaju za prethodnu (grubu) obradu do 0,085 mm po obrtaju za završnu obradu. Glavno radno vreteno se oslanja u tri tačke (kod prvog-a i poslednjeg-b ležišta i u lineti-c). Radno vreteno (1) vrši glavno obrtno i pomoćno translatoryno kretanje. Nivelisanje radnog vretena vrši se u oslonim tačkama (a i b) i na mestu oslanjanja prenosnika glavnog i pomoćnog kretanja.



Sl. 5.40. Kontrola prečnika, ovalnosti i konusnosti ležišta glavnih rukavaca kolenastog vratila



Sl. 5.41. Obrada ležišta kolenastog vratila motora



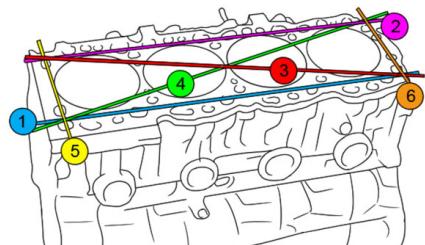
Sl. 5.42. Mašina za obradu ležišta kolenastog vratila motora SJM T8125 VF
1-glavno radno vreteno, 2-prenosnik glavnog i pomoćnog kretanja, 3-elektromotor,
a,b,c-oslonci

(opseg prečnika obrade $\Phi 28-225$ mm, maksimalna dužina obratka 2250 mm, maksimalni pomak glavnog vratila 300 mm, br. obrtaja glavnog vretna I: 30-150; II: 93-467 o/min, pomak noža 0.43; 0.085; 0.125 mm/ob., snaga motora 1.5 kW, gabaritne dimenzije (LxWxH) 4382x650x1420 mm, masa 2200 kg)

- Kontrola ravnosti i obrada gornje površine bloka

Kao posledica mehaničkih i termičkih naprezanja, cilindarski blok se deformatiše, a time i površina naleganja glave motora. U tom slučaju glava neće dobro naleći, i pored toga što je između nje i bloka motora zaptivač. Brzi postupak kontrole je uzdužno (sl. 5.43 a, 1,2), poprečno (6) i dijagonalno (3,4) postavljanje ravnog lenjira i provera zazora između lenjira i bloka motora. Zazor se može izmeriti lisnatim merilima.

Preciznije merenje ravnosti vrši se na samoj brusilici za ravno brušenje, primenom komparatora. Dozvoljeno odstupanje od ravnosti je ispod 0,05 mm (toliko zaptivač može kompenzovati).



a)



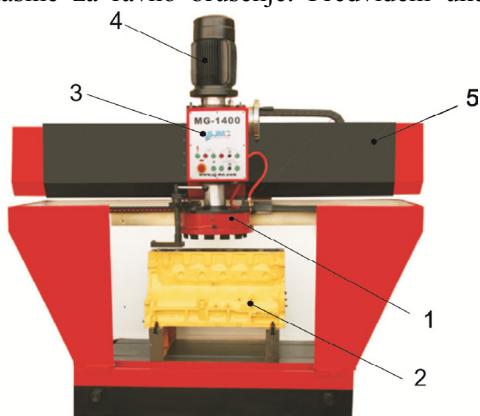
b)

Sl.5.43. Obrada gornje površine bloka motora
a) kontrola ravnosti primenom lenjira i mernih listića (u 6 pravaca), b) ravno brušenje

Donja površina bloka (nalegajuća površina korita motora) je referentna i preko nje se blok pozicionira na klizni radni sto mašine za ravno brušenje. Predviđeni ukupni dodatak za obradu gornje površine bloka se kreće oko 0,5 mm.

Na slici 5.44. prikazana je mašina za ravno brušenje bloka motora (cilindarske glave i sl.). Obrada se vrši čeonim brušenjem uz primenu radnog kola (1) sa 12 brusnih segmentnata. Glavno kretanje je rotaciono kretanje radnog kola, koje istovremeno obavlja i pomoćno kretanje-translatorno. Primena frekventnog regulatora na mašini omogućava fino podešavanje broja obrtaja glavnog radnog vretena u opsegu od 400 do 1340 o/min.

Brušenje se obavlja uz minimalno skidanje materijala. Nakon poravnavanja gornje površine bloka motora neophodno je prekontrolisati nadvišenje klipova u SMT. Ukoliko je nadvišenje iznad preporučene vrednosti, klipovi se moraju skratiti struganjem čela. U suprotnom, može doći do sudara klipa i ventila. Nadvišenje se kontroliše komparatorom (sl. 5.45.). Za ovu kontrolu neophodno je da se u blok ugrade kolenasto vratilo sa klipnjačama i klipovima. Osnovni i leteći ležajevi moraju imati pravilne zazore. Telo komparatora se oslanja na gornju površinu bloka motora, a merni završetak se naslanja na čelo klipa u SMT.



Sl.5.44. Mašina za obradu nalegajuće površine cilindarske glave i bloka motora tip MG-1400
1-radno kolo, 2-obradak (blok motora), 3-komandna tabla sa prenosnikom glavnog i pomoćnog kretanja, 4-elektrou motor, 5-horizontala klizna staza

(elektro motor 4 kW, sa frekventnim regulatorom 50 Hz - 960 rpm/20~70Hz -400 ~ 1340 o/min, zapremina rezervoara rashladne točnosti 140 L, maks. dužina brušenja 1400 mm, maks. širina brušenja 400 mm, maks. radna visina 850 mm, dimenzije radnog stola 1400×600 mm, prečnik tocila Φ410 mm, broj segmenata 12 pcs, pomak radnog kola 0.01 mm, radna brzina 0~1000 mm/min, gabaritne dimenzije(L×W×H) 2800mm×1200mm×2450 mm, masa 4000 kg)



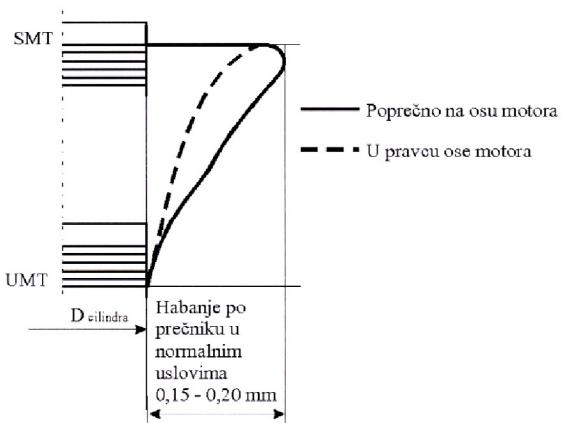
Sl. 5.45. Kontrola položaja (nadvišenja) klipova

5.8.1.2. Opravka cilindara motora SUS

Cilindri motora SUS, kompresora i radnih cilindara hidrauličnih uređaja u toku rada se usled habanja troše. Cilindar motora SUS se haba usled trenja klipnih prstenova, dejstva visokih temperatura, nedovoljnog podmazivanja i korozije izazvane dejstvom produkata sagorevanja. Habanje može biti pojačano raznim kontaminantima koji prodiru sa gorivom ili sa usisanim vazduhom. Ukoliko habanje predstavlja dugotrajan proces (kao rezultat normalnih radnih uslova), tada govorimo o normalnom (prirodnom) habanju.

Nepovoljni radni uslovi znatno mogu ubrzati proces habanja. U takvim slučajevima pored povećanja intenziteta habanja, drugačije se odvija promena oblika habajućeg dela. Ovakav vid habanja se naziva havarnim habanjem.

U toku rada motora i pored podmazivanja na površini preko koje prelaze klipni prstenovi dolazi do trošenja materijala. U prvim časovima rada motora ovo trošenje je intenzivno, ali čim se klizne površine prilagode jedna drugoj ovo trošenje se svede na znatno manju meru. Najveći uticaj na trošenje zida cilindra imaju temperatura (definiše veličinu trošenja), pritisci u cilindru (definiše oblik površine), kao i brzina klipa, vrsta i svojstva maziva i goriva. Oblik trošenja cilindarskog zida vidi se na sl. 5.46.



Sl. 5.46. Normalno habanje cilindra

Za normalno habanje je karakteristično :

- Neznatno habanje na gornjem delu cilindra u jednom uskom pojasu. Razlog toga je što u toku rada taj deo cilindra nije izložen trenju klizanja pošto se gornji deo klipa zbog zazora ne dodiruje sa zidom cilindra, a klipni prsten ne dospeva do te visine. Ovo habanje može nastati samo pod uticajem korozije što je zbog izostanka trenja manjih razmera (izostaje aktiviranje površine).
- Najveće habanje izaziva gornji klipni prsten u položaju SMT. Razlog tome je izostanak tečnog trenja u momentima trenutnog zastoja klipnog prstena pri promeni smera kretanja. U tim momentima elastični klipni prsten istisne ulje ispod sebe. Temperatura cilindra na mestu SMT je najveća što dodatno pogoršava uslove podmazivanja. Takođe, koroziono dejstvo produkata sagorevanja je na tim mestima najagresivnije. Zbog pritiska gasova gornji prsten trpi povećana naprezanja te je i habajuće dejstvo tog prstena izraženije

od ostalih. Drugi i treći prsten izaziva manje trošenje zida cilindra u odnosu na prvi.

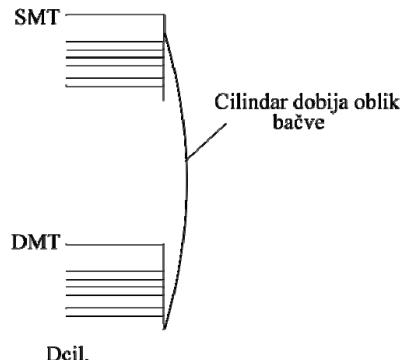
- Na mestu UMT zapaža se da donji klipni prsten izaziva nešto veće trošenje što se može objasniti pogoršanim uslovima podmazivanja zbog promene smera kretanja. Habanje na tim mestima u odnosu na SMT je manje izraženo, jer je uticaj temperature i korozione aktivnosti manji.
- Na središnjem delu cilindra habanje pokazuje prosečne vrednosti. Na ovom delu brzina klipa ima najveću vrednost, uslovi podmazivanja su povoljni, a temperatura je umerena.
- Donji deo cilindra troši se u manjoj meri jer se ne javlja trenje klipnih prstenova. U ovoj zoni se odvija samo trenje košuljice klipa sa zidom cilindra, pri čemu su niže temperature, povoljniji uslovi podmazivanja i slabiji uticaj korozionog dejstva produkata sagorevanja.
- Habanje ima veću vrednost posmatrano upravno na osu klipne osovinice u odnosu na habanje u pravcu ose osovinice. Razliku veličine habanja izaziva horizontalna (bočna) komponenta sile koja se prenosi klipnjačom. Ukoliko se uoči veća vrednost habanja u pravcu osovinice klipa, to ukazuje na poremećenost upravnosti klipa u odnosu na osu kolenastog vratila (uzrok treba tražiti u deformaciji klipa, klipnjače, kolenastog vratila ili bloka motora).

Havarno habanje cilindara motora izazivaju kontaminanti zaostali u motoru ili dospeli usisanim vazduhom i gorivom. Kontaminanti sadrže kvarcni pesak, oksid gvožđa i opiljke gvožđa. Poljoprivredne mašine često obavljaju rad u atmosferi zagađenoj navedenim konaminantima, te je mogućnost nastanka havarnog habanja stalno prisutna. Na crtežu (sl. 5.47) je prikazan karakteristični oblik istrošenosti zidova cilindra pod uticajem havarnog habanja.

Oblik bačve ukazuje na to da agresivne čestice vrše najveće habanje na mestima gde je brzina klipa najveća. Ovakvo habanje nije rezultat dugotrajnog procesa rada. Pojava nagle istrošenosti može da se odigra za nekoliko časova rada. Siguran znak havarnog habanja pokazuju uzdužni tragovi istrošenosti na košuljici klipa. Naime, kod normalnih uslova rada košuljica klipa se neznatno troši i tragovi fabričke obrade se mogu zapaziti i nakon nekoliko stotina časova rada.

Kontrola pohabanosti cilindra se izvodi merenjem pomoću indikatora (subitora). Merna mesta se određuju prema verovatnim mestima pojave habanja (sl. 5.48).

Prvo merenje se izvodi na donjem pojasu cilindra ispod UMT (ispod položaja klipnog prstena). U svim položajima merenja treba izvesti dva merenja na međusobno upravnim prvcima. Jedno u pravcu osovinice klipa, a drugo upravno na taj pravac.



Sl. 5.47. Havarno habanje cilindra

Drugo merenje se izvodi na UMT u položaju donjeg klipnog prstena.

Treće merenje se izvodi na sredini hoda klipa. Ovim merenjem se utvrđuje karakter habanja (normalno ili havarno).

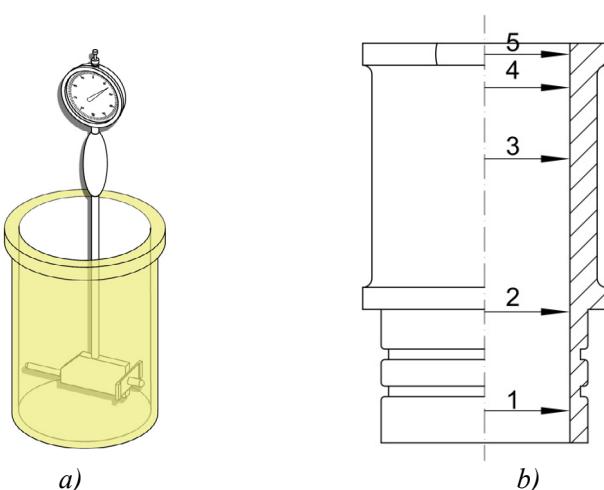
Četvrto merenje se izvodi na mestu gornjeg klipnog prstena u SMT, a peto na najvišem mestu cilindra.

Sva merenja se započinju uvek u pravcu osovinice klipa. Za procenu stanja jednog cilindra potrebno je izvesti najmanje deset merenja. Pri ocenjivanju stanja ispravnosti cilindra merodavnim se smatraju najveće izmerene vrednosti habanja. Na osnovu podataka iz prakse, kod traktora se svakih deset časova rada motora može očekivati vrednost habanja od 0,002 - 0,004 mm.

Dopuštena maksimalna vrednost pohabanosti cilindra prečnika 100 mm pod uslovima normalnog habanja iznosi 0,6 - 0,8 mm. U slučaju habanja u obliku „bačve“ brušenje je potrebno već kod vrednosti habanja od 0,3 - 0,4 mm.

Kod manjih vrednosti habanja cilindra (ispod 0,07 mm) i koničnosti (ispod 0,15 mm) moguće je opravku izvršiti zamenom novih klipnih prstenova bez brušenja cilindra.

Dobijene vrednosti se upoređuju sa vrednostima prečnika pripadajućih klipova, na osnovu čega se određuje zazor između klipa i cilindra. Ako je nepropisno velik zazor posledica istrošenosti i ovaliziranosti radne površine cilindra, pribegava se obradi te površine u cilju dobijanja ispravnih vrednosti dimenzija i oblika. U tom slučaju, čak i ako su klipovi bili ispravni, moraju se zameniti klipovima povećanog prečnika (radi održavanja propisanih zazora). Najčešće proizvođači daju za motor dve ili tri (neki i četiri) prekomerne dimenzije prečnika cilindra po 0,4 – 0,5 mm. Povećanje prekomere za 0,25 mm potiče od američkih standarda, s obzirom da je 0,25 mm približno jednak 0,01 inč. Kod većine evropskih motora prekomere se povećavaju za 0,20 mm. Za veće prečnike cilindra proizvođači predviđaju prekomer za 0,50 mm, nekada i za 1 mm. Svi cilindri u jednom motoru obavezno moraju biti obrađeni na istu prekomeru. Kao što je već napomenuto, kod motora sa mokrim košuljicama može se vršiti samo zamena svih cilindara i klipova novim, mada se i mokre košuljice mogu obradivati ako postoje klipovi remontnih dimenzija.

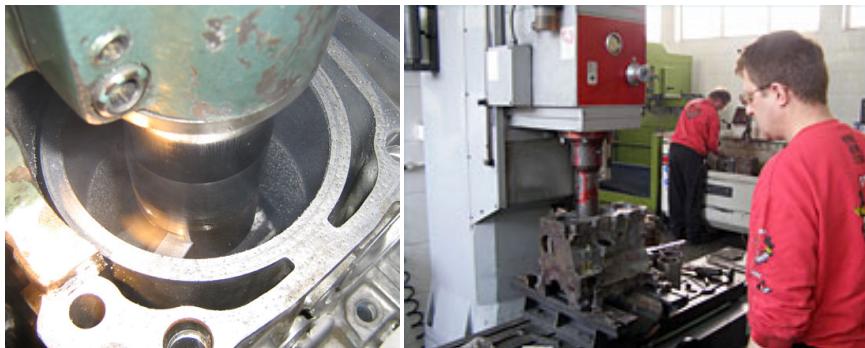


Sl. 5.48. Merenje prečnika cilindra
a-subitor, b-merna mesta

- *Bušenje cilindara*

Pohabani cilindri se dorađuju na remontnu meru (sl.5.49) finim bušenjem i honovanjem ili brušenjem.

Blokovi motora sa mokrim, zamenjivim košuljicama se opravljaju izmenom košuljica cilindara.



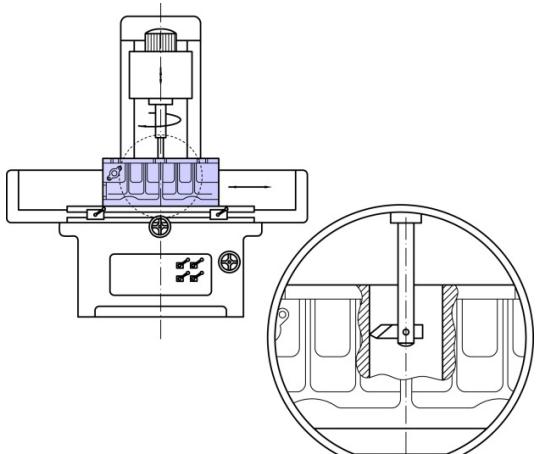
Sl. 5.49. *Bušenje cilindra* (foto: Mašinska radionica MR)

Bušenje se vrši na bušilici cilindara, bušenjem jednog po jednog cilindra. Glava za bušenje vrši i glavno obrtno i pomoćno pravolinijsko kretanje. Oslanjanje cilindarskog bloka na radni sto maštine je preko donje površine (površina naleganja korita motora) u cilju dobijanja osa cilindara upravnih na osu kolenastog vratila. Osa cilindra se centriра u osu radnog vretena bušilice pomeranjem radnog stola u horizontalnoj ravni. Na glavi bušilice je merni završetak komparatora koji se naslanja na zid cilindra. Ručnim okretanjem vretena na skali komparatora očitava se odstupanje od centričnosti osa cilindra i alata. Tokom obrade merni završetak komparatora je preklopjen, van cilindra.

Nož se podešava na željeni prečnik pomoću mikrometarskog merila postavljenog na glavu za bušenje (sl. 5.50).

Brzina rezanja, pomak i dubina rezanja zavisi od maštine koja se koristi za bušenje i debljine sloja koji se skida. Najčešće je brzina rezanja oko 20 m/min sa pomakom noža od 0,2 mm.

Na slici 5.51. prikazan je primer maštine za bušenje cilindra, SJM TXM250A. Mašina je namenjena obradi cilindara prečnika do 250 mm. Pored ove, proizvođač nudi još dva modela TXM170A i TXM200A namenjeni bušenju cilindara prečnika do 170 odnosno 200 mm. Bušilicu cilindra karakteriše



Sl. 5.50. *Mašina za bušenje cilindra*

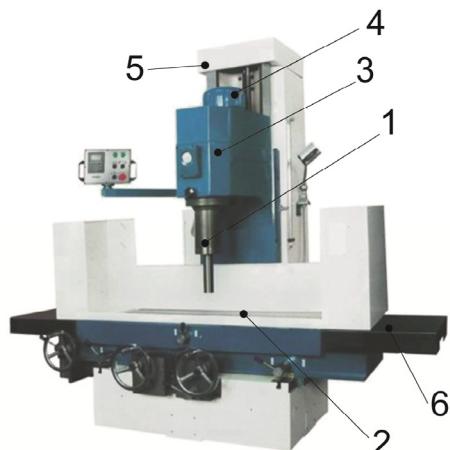
masivno glavno radno vreteno (1), čime se sprečava greška obrade nastala kao posledica njegove deformacije. Glavno kretanje je obrtno kretanje glavnog radnog vretena na koje se pozicionira rezni alat. Pored glavnog kretanja, radno vreteno obavlja i pomoćno translatorno kretanje. Poziciono (dopunsko) kretanje, kojim se alat i predmet obrade dovode u tačan međusobni položaj (primicanje, odmicanje ili podešavanje položaja alata i sl.), obavlja blok motora pozicioniran na radni sto (2). U vertikalnom stubu (5) smešten je prenosnik pomoćnog kretanja i vertikalna klizna staza.

Tokom bušenja, potrebno je ostaviti dodatak od nekoliko stotih delova milimetra za obradu honovanjem (oko 0,03 - 0,05 mm po prečniku za prethodnu obradu honovanjem, i oko 0,005-0,01 mm po prečniku za završnu obradu), radi dobijanja čiste i glatke površine.

- *Honovanje cilindra*

Honovanje (sl. 5.52) se vrši na specijalnim mašinama za honovanje cilindara (honing-mašinama). Glavni uticaj na kvalitet obrađene površine zida cilindra ima:

- finoča zrna kamena (220 - 320),
- vrsta ulja za honovanje,
- pritisak kamena na zidove cilindra (30 - 120 kPa),
- odnos obimne i aksijalne brzine alata (3-8 puta).



Sl. 5.51. Mašina za bušenje cilindra SJM TXM250A

1-glavno radno vreteno, 2-radni sto, 3-prenosnik glavnog kretanja, 4-elektrnomotor, 5-vertikalni stub, 6-horizontalna klizna staza

(maks. prečnik otvora $\Phi 250$ mm, maks. dubina bušenja 500 mm, maks. gabariti obratka 400 x 1000 mm, br. obrtaja radnog vretena 120-1200 o/min, brzina pomoćnog kretanja 14-900 mm/min, udaljenost noža od radnog stola 0-700 mm, dimenzija radnog stola 500 x 1500 mm, snaga glavnog motora 5.5kW, hrapavost pri bušenju Ra 2.5, gabaritne dimenzije maštine (Lx Wx H) 2600x1630x2300mm, masa 3500 kg)



Sl. 5.52. Obrada cilindra honovanjem

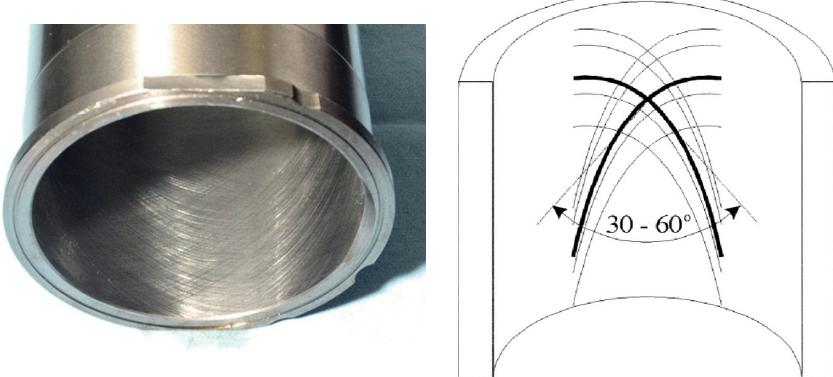
Alat za honovanje je u vidu cilindričnog tela sa umetnutim elementima načinjenim od mase sredstva za brušenje velike finoće, povezanog vezivnim sredstvom (sl. 5.53). Alat se kreće relativno malom brzinom (200-300 o/min), uz istovremeno translatorno kretanje (gore-dole).



Sl. 5.53. Alat za honovanje cilindra

Odnos brzine obrtoga i pravolinijskog kretanja alata podešava se tako da ugao ukrštanja putanja jedne tačke alata bude $30 - 60^\circ$ (sl. 5.54.). Taj ugao je najpovoljniji u pogledu očuvanja neophodnog, ali ne i predebelog uljnog filma na zidu cilindra. Hod pravolinijskog kretanja alata mora biti takav da se dobije ravnomerno skidanje materijala po celoj dužini zida cilindra. Alat je konstruisan tako da omogućava jednak pritisak segmenata o zidove cilindra. Opterećenje pogonskog motora obrtnog kretanja alata prati se na komandnoj tabli mašine, jer je ono približno proporcionalno pritisku brusnih kamenova na zid cilindra.

U toku procesa honovanja mora se povremeno kontrolisati prečnik cilindra koji se obrađuje. I na bušilici i na mašini za honovanje alati su izmenljivi i podesivi tako da pokrivaju dovoljno velik raspon prečnika i hodova.

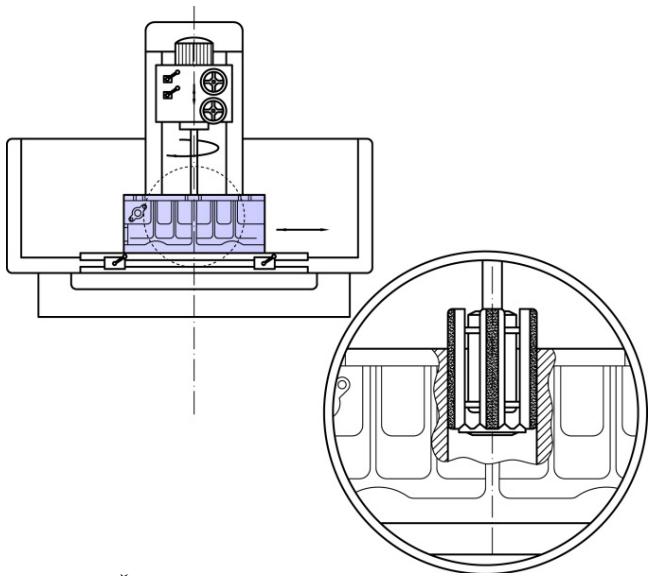


Sl. 5.54. Ugao tragova honovanja na zidu cilindra

Na slici 5.56. data je mašina za honovanje cilindara SJM TH 170. Ova mašina namenjena je honovanju cilindara prečnika do 170 mm. Glavno kretanje je rotaciono kretanje glavnog radnog vretena koje vrši i pomoćno kretanje. Poziciono kretanje vrši se, takođe, aksijalnim pomeranjem glavnog radnog vretena zajedno sa prenosnikom glavnog i pomoćnog kretanja kao i pogonskog elektromotora. Prenosnik glavnog i pomoćnog kretanja omogućava

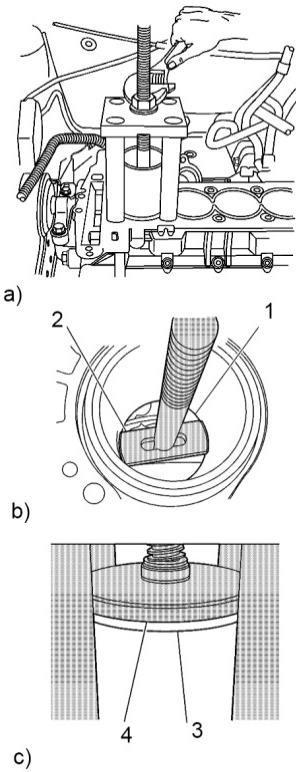
podešavanje radne brzine u opsegu 100 do 300 o/min i pomoćnog kretanja u opsegu 0-18 m/min. Obradak (blok motora) se pozicionira na radnom stolu koji je paralelogramskim sistemom povezan za navojno vreteno kojim se podešava njegov tačan položaj u odnosu na glavno radno vreteno (alat).

Kad je obrada završena, blok ponovo ide na pranje i izduvavanje, a potom se vrši kontrola prečnika, na isti način kao i pre obrade. Prečnik cilindra kao i koničnost i ovalnost moraju biti u toleranciji H6, odnosno u skladu sa fabričkim vrednostima. Dozvoljeno odstupanje od upravnosti i paralelnosti osa je 0,02 - 0,05mm, a odstupanja od cilindričnosti 0,01 - 0,02 mm. Hrapavost površine ne sme biti veća od $R_a = 0,6 - 0,8 \mu\text{m}$.

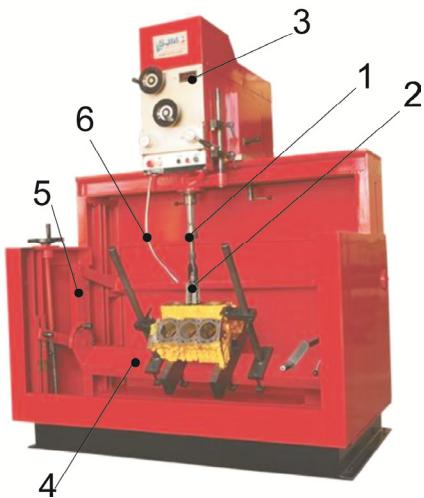


Sl. 5.55. Šematski prikaz maštine za honovanje cilindra

Ako se merenjem utvrdi da će se obradom preći poslednja moguća prekomera prečnika, remont bloka je moguć utiskivanjem suvih cilindarskih košuljica („hilzni“, sl. 5.57). Debljina zida košuljice je 2 mm i upresuje se u prethodno probušen blok sa prekljom H6/p6, tj. od oko 0,05-0,10 mm i nakon toga se obrađuje na konačnu meru (najčešće standard). Presovanje se obavlja na hidrauličnoj presi delovanjem na košuljicu preko



Sl. 5.57. Montaža suve košuljice cilindra
a-alat, b-alat u položaju demontaže
košulice, c-alat u položaju montaže 1-
stara košuljica, 2-izvlakač, 3-nova
košuljica, 4-potisna ploča



Sl. 5.56. Mašina za honovanje cilindara
SJM TH 170

1-glavno radno vreteno, 2-rezni alat, 3-prenosnik glavnog i pomoćnog kretanja, 4-radni sto, 5-paralelogram, 6-crevo za dovod sredstva za podmazivanje i hlađenje (maks. prečnik cilindra $\Phi 170$ mm, min. prečnik cilindra $\Phi 35$ mm, maks. dužina radnog predmeta 1200 mm, snaga motora 1,5 kW, broj obrtaja glavnog vretena 100-300 o/min, brzina pomoćnog kretanja 0-18 m/min, gabaritne dimenzije $1800 \times 1300 \times 2200$ mm, masa 1200 kg)

odgovarajućeg alata.

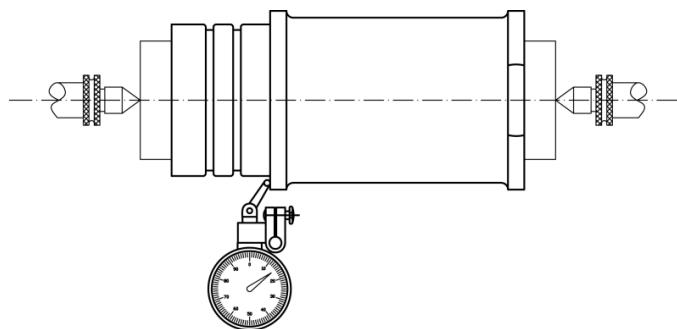
Kod motora sa ugrađenim mokrim košuljicama cilindra, nakon graničnog habanja, vrši se njihova zamena. Oko košuljice u bloku motora cirkuliše rashladna tečnost pa košuljica na donjoj strani ima žljeb kojim se ista oslanja o blok. Pre ugradnje korišćenih mokrih košuljica neophodno je uveriti se da je ravan njenog oslanjanja upravna na osu cilindra (sl. 5.58.).

Pored toga, mokre košuljice cilindra imaju žljebove za smeštaj gumenih zaptivki (oringa).

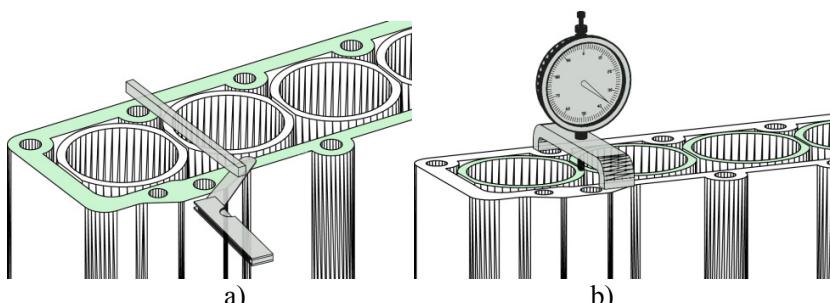
Na savremenim motorima ugrađuju se dve vrste gumenih zaptivki. Jedna je otporna na derivate nafte (ulja), a druga na rashladnu tečnost (vodu i etilglikol).

Jedna je otporna na derivate nafte (ulja), a druga na rashladnu tečnost (vodu i etilglikol). Prilikom montaže potrebno je obratiti pažnju da zaptivke otporne na naftne derivate se postavljaju u donji žljeb, dok se zaptivke otporne na rashladnu tečnost postavljaju u gornji žljeb.

Nakon ugradnje mokre košuljice cilindra potrebno je proveriti položaj iste u odnosu na gornju površinu bloka motora (sl. 5.59). Naime, košuljica uvek mora da nadvisuje blok za 0,05-0,25 mm (kako bi se obezbedilo sigurno zaptivanje kompresionog prostora).



Sl. 5.58. Kontrola upravnosti nalegajuće površine mokre košuljice cilindra



Sl. 5.59. Kontrola položaja mokre košuljice cilindra u odnosu na gornju površinu bloka motora
a-mernim listićima, b-komparatorom

5.8.1.3. Opravka kolenastih vratila

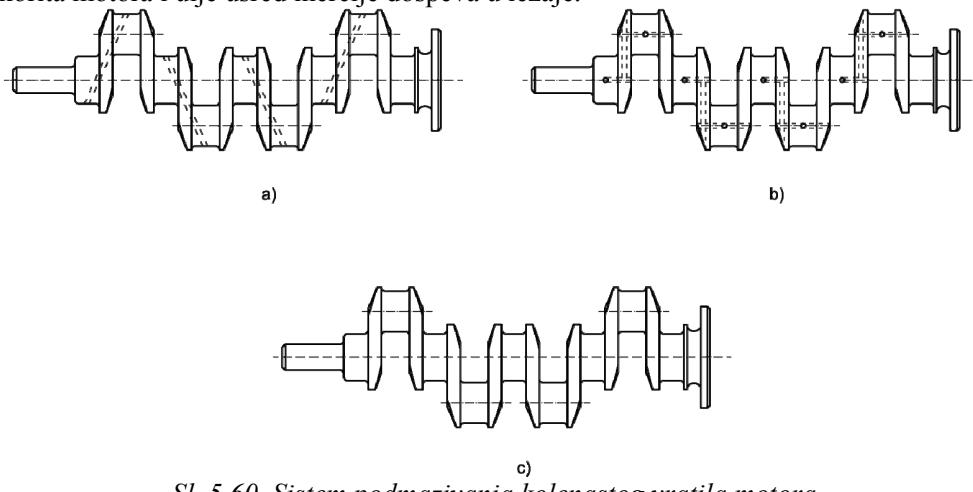
Kolenasta vratila ugrađena u poljoprivrednim mašinama razlikuju se po rasporedu kolena. Tako postoje vratila sa rasporedom kolena u ravni (na primer radilice četvorocilindričnih motora) i sa prostornim rasporedom (na primer kolenasta vratila slamotresa vršalice).

Sa stanovišta remonta najosetljivija su kolenasta vratila motora SUS. Pri pravilnom

održavanju kolenasto vratilo može da se koristi do kraja radnog veka motora²¹. Ispravno montiranje drugih delova (klip, klipnjača) takođe utiču na vek trajanja kolenastog vratila. Uobičajeni kvarovi na kolenastom vratilu motora (radilici) su:

- pohabanost osnovnih i letećih rukavaca,
- iskrivljenost radilice,
- pukotina ili lom na radilici,
- kvar na prirubnim elementima i kanalima .

Habanje se obično pojavljuje u vidu neravnomernog smanjivanja kružnog preseka rukavaca. Habanje kolenastog vratila može nastati „prirodnim“ putem ili kao posledica neispravnog rada motora. Na odvijanje procesa habanja u znatnoj meri utiče stanje sistema za podmazivanje. S obzirom na to, kolenasto vratilo treba poznavati i sa stanovišta problematike podmazivanja. Obično se primenjuju tri različita sistema podmazivanja. Na slici 5.60 mogu se zapaziti razlike i pored toga što se kod svih rešenja ulje dovodi pod pritiskom putem centralne pumpe. Kod rešenja a i b kako nepokretni tako i leteći rukavci dobijaju ulje od centralne pumpe. Kod rešenja pod c centralno podmazivanje snabdeva uljem samo nepokretne rukavce dok se leteći rukavci podmazuju zapluskivanjem. Ovo rešenje se još nalazi u primeni kod jako starih motora i u kompresorima, gde kašićice vezane za klipne poluge zahvataju ulje iz korita motora i ulje usred inercije dospeva u ležaje.



Sl. 5.60. Sistem podmazivanja kolenastog vratila motora

Sa stanovišta habanja nepovoljniji je sistem pod „b“ u odnosu na „a“. To je rešenje sa čepovima gde se izrađuju kanali većeg prečnika (kako bi ulje koje struji energičnije hladilo rukavce). U toku okretanja ulje usled centrifugalne sile se izbacuje na periferiju i dolazi do taloženja uljnog mulja na spoljnim zidovima kanala. Ovaj talog postepeno prerasta u lepljivu masu. Istaložena masa se mora odstranjivati u toku

²¹ Kod kolenastih vratila radnih mašina (npr. kod slamotresa kombajna), održavanje se sastoji u redovnom podmazivanju i blagovremenom pritezanju ležaja.

remonta odvrtanjem čepova. Talog se grebanjem odstranjuje iz kanala, nakon čega se kanali ispiraju i produvavaju komprimovanim vazduhom.

Ukoliko se ovi postupci ne sprovedu, uljni talog se u toku pranja radilice razblaži i u toku rada dospeva u ležaj što izaziva pojavu naglog habanja.

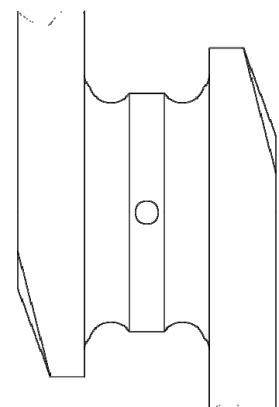
Rukavci kolenastog vratila u toku rada zbog neujednačenog opterećenja ne pokazuju ravnomerno trošenje. Rukavci obično postaju konusni ili ovalni²². Srednji deo rukavca, na mestu gde se u ležaju nalazi rupa uljnog kanala, se manje haba (sl. 5.61.).

Bazične vrednosti habanja rukavaca pri kojima se preporučuje preduzimanje postupaka brušenja²³:

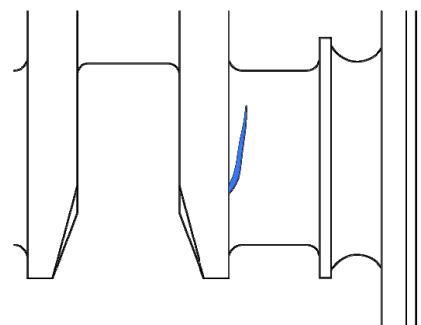
- za prečnik rukavca do 40 mm kod habanja većeg od 0,03-0,04 mm,
- za prečnik rukavca od 40-70 mm kod habanja većeg od 0,05-0,06mm,
- za prečnik rukavca preko 70 mm kod habanja većeg od 0,06-0,07mm.

Prilikom opravke poskida se svi dodatni elementi sa kolenastog vratila koji bi mogli sprečavati kontrolu, proveru pukotina ili izvođenje brušenja.

Kontrola radilice započinje vizuelnim pregledom kako bi se utvrdilo postojanje ogrebotina, naslaga metalnih opiljaka, kružnih tragova habanja i pukotina. Korišćenje napuklih radilica je veoma opasno (sl. 5.62.). Pojava pukotine najčešće se javlja kao posledica obrade rukavca sa neodgovarajućim radijusom prelaza sa rukavca na ramena kolenastog vratila.



Sl. 5.61. Neujednačeno habanje rukavca



Sl. 5.62. Pukotina kolenastog vratila zbog koncentracije napona najčešće nastaje na mesu prelaska rukavaca u ramena (prilikom brušenja neophodno je izraditi radius saglasan preporuci proizvođača)

²² U slučaju da je jedan ili više rukavaca prekomerno pohaban, oštećen ili zariban, neophodno je pregledati sve elemente sistema za podmazivanje (pumpa za ulje, filter za ulje, regulacioni ventil, kvalitet i viskozitet ulja, prohodnost kanala i vodova za ulje, zaptivenost sistema za podmazivanje, stanje otvora za ležišta kolenastog vratila u bloku motora, radnih uslova motora).

²³ Radi se o orijentacionim vrednostima. Neophodno je upoznati se sa preporukama proizvođača.

Provera pohabanosti započinje kontrolom ravnosti kolenastog vratila (sl. 5.63).

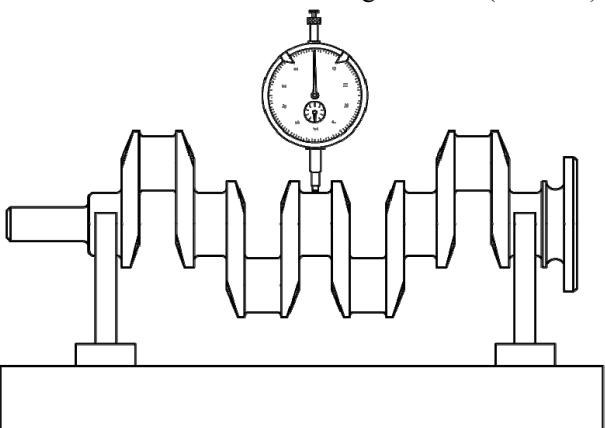
Prilikom provere geometrije, radilica se oslanja svojim krajnjim rukavcima na dve prizme. Okretanjem radilice komparatorom se izvodi provera nepokretnih rukavaca. Pri tome se uzima u obzir i ovalnost pohabanog rukavca. Komparatori se postave uz rukavce glavnih ležaja.

Dozvoljeno odstupanje je propisano od strane proizvođača u njegovom tehničkim uputstvu. Većina proizvođača dozvoljava odstupanje od ravnosti 0,05 mm a neki i do 0,15 mm. Veličina dozvoljenog odstupanja zavisi i od dužine kolenastog vratila.

Ukoliko se ustanovi deformisanost (iskriviljenost) kolenastog vratila koje ima veću vrednost od dozvoljenog, ono se mora ispravljati. Ispravljanje kolenastog vratila izvodi se uređajem za ravnanje sa zavojnim vretenom ili hidrauličnim delovanjem.

Mogućnost ispravljanja radilice je ograničena. Naime, kod kolenastog vratila čija iskriviljenost prelazi određenu vrednost propisanu od proizvođača, ona se odbacuje ili se brušenjem pokušava ispraviti. Pri ispravljanju treba voditi računa da se sila primenjuje postepeno, bez smicanja. Tokom ispravljanja dejstvo sile treba da ostane izvesno vreme. S obzirom na to da postoji opasnost da se kolenasto vratilo posle ispravljanja vrati u prvobitno stanje, preporučljivo je da se odstranjuvanje iskriviljenosti vrši brušenjem.

Prilikom ispravljanja na presi ne treba izgubiti izvida da je za to potrebna velika sila, i da kolenasto vratilo treba deformisati ne samo do njenog središnjeg položaja, već znatno preko ovog, jer je elastično. Iz tog razloga potrebno je ispravljanje raditi u više mahova. Na ručnoj presi treba na točku označiti dokle se prvi put stezalo. Na hidrauličnoj presi (sl. 5.64) zapisati prethodni pritisak. Tako se,



Sl. 5.63. Kontrola ovalnosti nepokretnih rukavaca kolenastog vratila komparatorom



CRANK SHAFT STRAIGHTENING PRESS - CSP 3000

Sl. 5.64. Hidraulična presa za ispravljanje kolenastog vratila motora

ako kolenasto vratilo nije ispravljeno, zna vrednost sile preko koje sledeći put treba ići.

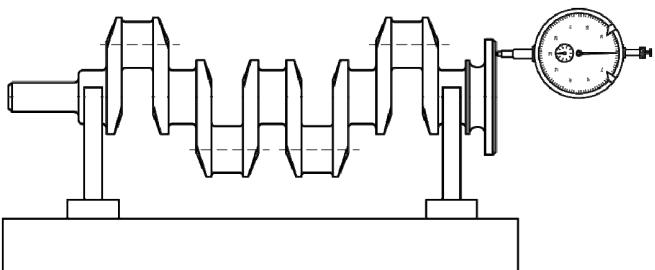
Takođe je važno proveriti „poklapanje“ ravni osa (koaksijalnost) letećih rukavaca sa glavnim rukavcima. Ose moraju biti u istoj ravni. Dozvoljeno odstupanje je $\pm 0,25$ mm.

U toku kontrole treba proveriti kontrategove, njihovo pričvršćenje, nalegajuću površinu zamajca, spoj zupčanika za pogon bregaste osovine, ivice letećih rukavaca, a po potrebi i stanje ploče za povratno usmeravanje ulja kao i amortizera vibracija.

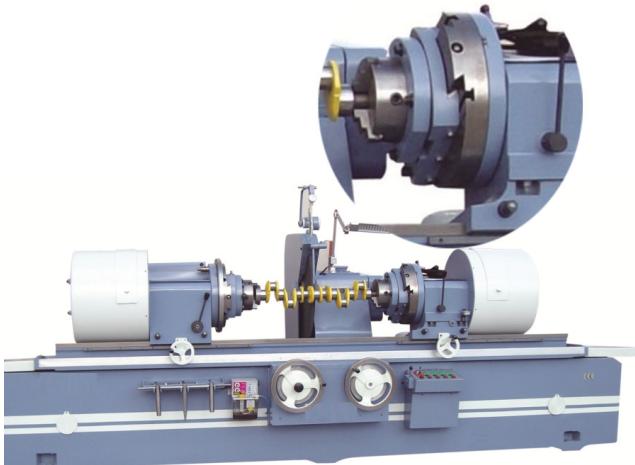
Kontrola pohabanosti rukavaca kolenastog vratila vrši se u dve ravni i dva međusobno upravna pravca primenom mikrometara. Ukoliko je rukavac pohaban iznad vrednosti propisanih od strane proizvođača, pristupa se brušenju na popravnu meru (popravnu meru, specijalu)²⁴.

Brušenje radilica se izvodi na specijalnoj mašini-brusilici za kolenasta vratila (sl. 5.66).

Osnovna karakteristika ovih brusilica jeste stezna glava koja omogućava ekscentrično prihvatanje kolenastog vratila. Na taj način se postiže osno rotiranje letećih rukavaca. Prilikom brušenja kolenastog vratila, kao osnovni zahtev postavlja se brušenje svih nepokretnih rukavaca u istoj osi, kao i realizovanje paralelnosti središnjih osa letećih



Sl. 5.65. Kontrola upravnosti prirubnice radilice (dozvoljeno odstupanje od upravnosti je oko 0,025 mm)



Sl. 5.66. Brusilica za brušenje rukavaca kolenastog vratila

²⁴ Rukavci kolenastog vratila imaju standardnu meru i četiri podmere. Uobičajeno je da je podmera za motore evropskih proizvođača iznosi 0,2 mm a anglosaksonske 0,254 mm (0,01 inč).

rukavaca sa središnjom osom nepokretnih rukavaca. Najveće dozvoljeno odstupanje mereno na krajevima rukavaca iznosi 0,05 mm. Na vratilima sa prostornim rasporedom kolena (gde su rukavci raspoređeni na 120°) najveće dozvoljeno uglovno odstupanje iznosi 1°.

Brušenje se izvodi tako što se prvo vrlo pažljivo centriraju rukavci koji se bruse. Zatim se uzima pomak za grubo brušenje, a nakon toga se izvodi završno fino brušenje sa vrlo malom dubinom skidanja (0,005-0,01 mm). Rukavac koji se brusi se pridržava linetom sa suprotne strane. Na početku brušenja pojaviće se varnice na krajevima veće ose ovalnosti. Zatim će se pojaviti po celom obimu. Čim se snop varnica ujednači, znak je da je otklonjena ovalnost. U završnoj fazi brušenja, brusnim kamenom se pređe dva do tri puta po celoj dužini rukavca, pri čemu nije predviđeno skidanje materijala rukavca.

Brušenje se izvodi brusnim pločama čije su radne karakteristike za ovu obradu propisane odgovarajućim standardima²⁵. Za sprečavanje pojave lomova usled zamora materijala vrši se pažljivo zaobljenje radiusa rukavaca. Brušenje se izvodi tocilom prečnika 400-1000 mm, uz brušenje obodnom brzinom oko 30- 50 m/s, dok se istovremeno okreće i kolenasto vratilo brzinom od 40-70 o/min, zavisno od vrste mašine i veličine kolenastog vratila. Pri brušenju, rukavac kolenastog vratila mora se intenzivno hladiti rashladnom tečnošću.

Rukavci radilice ne mogu se brusiti na bilo koju cilindričnu meru, već tačno na podmere koje je propisao proizvođač, radi uparivanja sa odgovarajućim ležajevima. To znači da se mora utvrditi (prema najvećoj ovalnosti i koničnosti) na koju podmeru treba brusiti rukavce.

Svaki proizvođač propisuje koliko se smanjuje prečnik rukavca pri svakoj podmeri i koliko se takvih brušenja na rukavcu može obaviti, odnosno do kojeg najmanjeg prečnika se rukavci mogu brusiti. Predviđa se dva do tri brušenja. Veća umanjenja prečnika obično se ne dozvoljavaju jer površina rukavca postaje mekana.

Treba imati na umu da se kod većih oštećenja rukavaca mora nekad ići i do treće podmere, sve u zavisnosti od dubine ogrebotina i ovalnosti. Zbog toga se mora obratiti pažnja na izbor ležajeva sa odgovarajućom podmerom.

Dozvoljene vrednosti ovalnosti i konusnosti brušenog rukavca su:

- do prečnika 40 mm je 0,010 mm
- od prečnika 40-70 mm je 0,015 mm
- preko 70 mm je 0,020 mm

Po završenom brušenju poželjno je poliranje površine rukavaca. Po završenoj obradi izvodi se kontrola ostvarenih mera merenjem u tri ravni u najmanje dva pravca.

²⁵ Smer brušenja i poliranja čeličnih kolenastog vratila mora biti kao i smer obrtanja u motoru. Kod vratila od livenog gvožđa (nodularni liv) vratilo se obrće u smeru obrtanja a brusni kamen i traka za poliranje u suprotnom smeru.

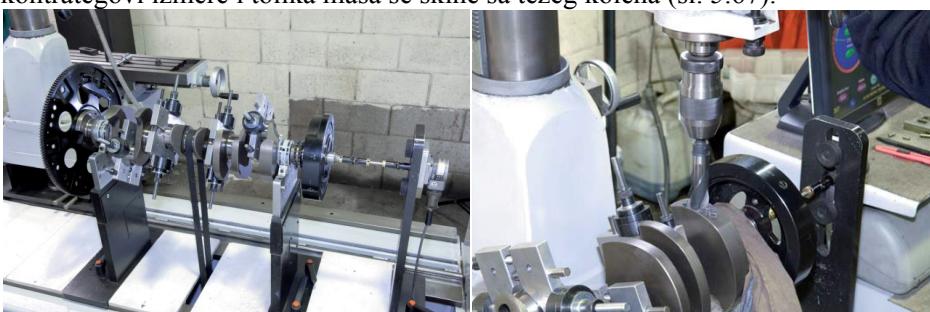
- *Uravnoteženje kolenastog vratila*

Da bi se smanjile vibracije kolenastog vratila koje mogu u znatnoj meri da utiču na ubrzanje procesa habanja elemenata motora, neophodno je da ono bude apsolutno uravnoteženo. Naime, svako obrtno telo ima svoju kritičnu brzinu pri kojoj se mogu pojaviti snažne vibracije, pa tako i kolenasto vratilo. Konstrukcija je izvedena tako da njena kritična brzina izlazi iz okvira broja obrtaja pri normalnoj upotrebi motora. Ako kolenasto vratilo nije pažljivo uravnoteženo, smanjuje se kritična brzina kolenastog vratila.

Statičko uravnoteženje se sastoji u tome da se kolenasto vratilo dovede u tzv. indiferentnu ravnotežu²⁶. Kolenasto vratilo se postavi na dva horizontalna diskosna (obrtna) nosača (kontaktna površina treba da bude što uža) i pokrene iz jednog položaja.

Ako je statički neuravnotežena, uvek će se zaustaviti u istom položaju. Tada je potrebno skinuti deo materijala sa težeg ramena (napomena: proizvođači kolenastih vratila predviđaju mesta sa kojih je moguće ograničeno uklanjanje viška materijala a sa ciljem njegovog uravnoteženja).

Dinamičko uravnoteženje se vrši na specijalnoj mašini za uravnoteženje. Postoje maštine različitih konstrukcija. Kolenasto vratilo se postavi u mašinu i obrće iznad njene kritične brzine. Specijalni pokazivač pokazuje koje koleno nije uravnoteženo. Nasuprot njemu postavljaju se kontrategovi do postizanja uravnoteženja. Nakon toga se kontrategovi izmere i tolika masa se skine sa težeg kolena (sl. 5.67).



*Sl. 5.67. Dinamičko uravnoteženje kolenastog vratila motora
a-postavljenje tegova, b-uklanjanje viška materijala sa težeg kontratega*

5.8.1.4. Glava motora sa ventilskim sklopom

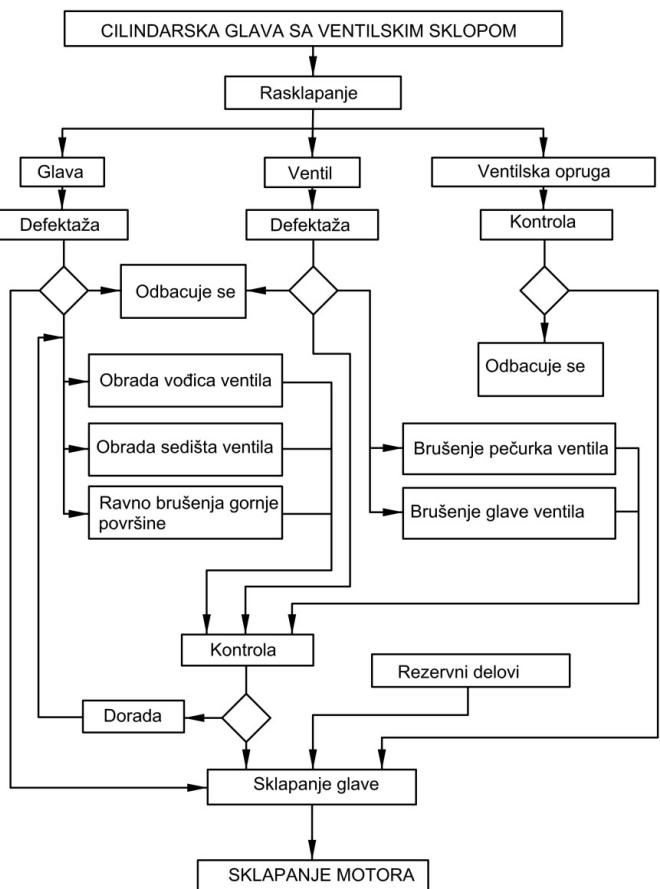
Cilindarska glava brzohodnih motora je po pravilu odlivak od aluminijumske legure, ili od legiranog sivog liva (privredna vozila). U cilindarskoj glavi četvorotaktnih

²⁶ Indiferentna ravnoteža je granični slučaj stabilne i labilne ravnoteže, gde telo ne pokazuje tendenciju povratka u prvobitni ravnotežni položaj, već ostaje u novom položaju.

motora se nalaze kanali za dovod sveže radne materije i odvod produkata sagorevanja, oto motori imaju otvor za svećicu, a dizel motori za ugradnju brizgaljke. Broj i položaj ventila može biti različit: po jedan usisni i izduvni, dva usisna i jedan izduvni ili po dva usisna i izduvna ventila. Ventili se kreću u vođicama upresovanim u glavu, a prostor za sagorevanje zaptivaju naleganjem na ventilsko sedište. Sedište ventila, u cilju povećanja veka trajanja i olakšanja remonta, izrađuje se kao posebni element od kvalitetnog sivog liva ili čelika i upresovano je u cilindarsku glavu.

Glava motora hlađenih tečnošću poseduju kanale za strujanje rashladne tečnosti, dok kod vazdušno hlađenih motora glava je opremljena rebrima. Kroz glavu se pružaju i vodovi za dovod ulja, do svih površina izloženih trenju, kao i kanali za povratak ulja slivanjem u korito.

Konstrukcija cilindarske glave zavisi i od oblika komore za sagorevanje. Dizel motori sa indirektnim ubrizgavanjem goriva imaju u glavi pomoći prostor za sagorevanje. Iz izloženog se vidi da je cilindarska glava među najsloženijim delovima i sklopovima motora SUS. Pri normalnoj eksploataciji habaju se najviše elementi koji su u međusobnom kretanju, tj. ventili, vođice ventila i sedišta ventila. Takođe, tokom eksploatacije ventilskim oprugama opadaju karakteristike. Posledica habanja elemenata ventilskog sklopa je povećana potrošnja motornog ulja i pojавa plavičastog dima na izduvnoj cevi (naročito po startu motora), pad snage usled nejednakih pritisaka u pojedinim cilindrima i taloženja gareži u komori za sagorevanje zbog prodiranja ulja. Radi otklanjanja navedenih neispravnosti potrebno je izvršiti remont glave motora i ventilskog sklopa.



Sl. 5.68. Postupci pri mašinskoj obradi cilindarske glave

U slučaju nedovoljnog odvođenja toplote sa površina cilindarske glave (npr. usled nedostatka tečnosti za hlađenje), mehaničke karakteristike materijala opadaju, te ako se rad motora odmah ne prekine dolazi do teže havarije. Tada se cilindarska glava deformiše, ventili mogu nagoreti a mogu se pojaviti i pukotine u zidovima glave. Raspored tehnoloških operacija u okviru remonta cilindarske glave prikazan je na sl. 5.68.

- *Rasklapanje cilindarske glave*

S obzirom da je potrebna znatna sila da bi se opruge sabile, skidanje ventila sa glave vrši se na namenskoj presi za demontažu ventilske opruge. Po sabijanju opruga vade se dvodelni konusi. Pri tome su ventili oslonjeni na pogodne podupirače. U radioničkim uslovima za demontažu ventila se često umesto presa koriste specijalni namenski alati koji potrebnu silu sabijanja ostvaruju ručno preko polužnog mehanizma (sl. 5.69) ili pomoću pneumatskog cilindra pogonjenog komprimovanim vazduhom.

Kada su ventili izvađeni, na ventilskim sedištima se jasno uočava karakter zaptivanja ventilskog sklopa i naleganja sedište - ventil. Crne površine znak su prođuvavanja gasova.

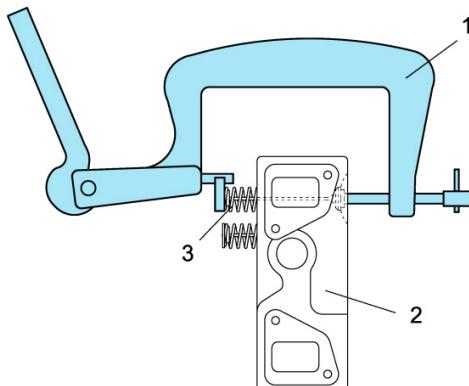
- *Čišćenje cilindarske glave*

Ukoliko je garež u znatnoj meri nataložena u komorama za sagorevanje, potrebno je odstraniti mehaničkim putem. Najjednostavniji način uklanjanja gareži sa cilindarske glave je primenom strugača (sl. 5.70.). Ovaj način čišćenja je široko zastupljen u radioničkoj praksi. Pri izvođenju ovakvog načina čišćenja potrebno je biti veoma oprezan, kako se ne bi dodatno oštetila cilindarska glava.

Najefikasniji način čišćenja je primena metalne četke sa električnim pogonom.

Nakon grubog čišćenja glava motora se stavlja u mašinu za pranje (sl. 5.7). Mašina, u zavisnosti od kapaciteta, može primiti tri do četiri glave, kao i sve ostale sitnije delove motora. Postupak pranja traje 15 - 20 min. primenom rastvora deterdženta za industrijsko pranje na bazi kalcinisane sode. Sredstvo za pranje se zagreva na temperaturu 80 - 90°C.

Peskiranje se koristi u slučaju da pranjem u mašini nisu mogli da se očiste svi talozi, naročito u izduvnim kanalima (sl.5.8).



Sl. 5.69. Demontaža ventilskog sklopa primenom specijalnog ručnog alata

1-ručni alat za demontažu ventila, 2-cilindarska glava, 3-opruga ventilskog sklopa

Nakon obavljenog čišćenja potrebno je izduvati sve kanale komprimovanim vazduhom.



Sl. 5.70. Čišćenje nalegajuće površine cilindarske glave primenom odgovarajućih strugača

- *Vizuelni pregled glave*

U cilju otkrivanja većih havarija, pukotina i nagorelih površina, očišćena glava se detaljno pregleda. Ukoliko su oštećenja takva da se ne mogu ili se ne isplati opraviti ih nekim od postupaka mehaničke obrade ili zavarivanja, glava se odbacuje i ostatak defektaže se ne vrši.

Kod konstrukcija sa bregastim vratilom u glavi motora ležajevi ne smeju imati riseve i zareze.

- *Kontrola visine (debljine) cilindarske glave*

Visina glave dobar je pokazatelj mogućnosti remonta, tj. obrade uopšte. Proizvođač daje podatak o minimalno dozvoljenoj visini glave, odnosno predvideo je određeni dodatak za obradu ravnim brušenjem donje površine. Ako preostali dodatak (kod glava koje su ravno brušene više puta) za obradu nije dovoljan da pokrije neravnost donje površine, glava se ne može obraditi. Predviđeni dodatak za obradu se kreće oko 0,3 do 0,5 mm.

Kod benzinskih motora, osim visine glave, kontroliše se i dubina prostora za sagorevanje. Kontrola se vrši šablonom, oslanjanjem na donju površinu glave i na dno komore.

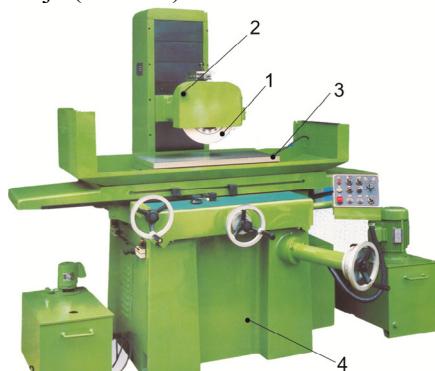
- *Kontrola ravnosti i obrada donje površine cilindarske glave*

U cilju obezbeđivanja potpunog naleganja i sprečavnja prodiranja gasova iz cilindra, kao i pristup rashladnoj tečnosti i motornom ulju u cilindar, donja površina glave motora mora biti ravna. Ravnost se kontroliše na isti način kao kod gornje površine cilindarskog bloka, dakle postavljanjem lenjira i posmatranje procepa ili komparatorom, u nekoliko tačaka (sl. 5.16.). Dozvoljeno odstupanje od ravnosti se kreće oko 0,05 mm.

Donja površina glave se ravna na brusilici za ravno brušenje glava sa segmentnim tocilom (sl. 5.71.). Pri tome, poželjno je tokom obrade skinuti što manju debljinu materijala (samo koliko je potrebno da se otklone sve nepravilnosti). Na gornjoj površini glave postoji referentna površina preko koje se glava oslanja na radni sto brusilice. Tocilo vrši glavno obrtno, a klizni sto mašine pravolinjsko pomoćno kretanje.

U cilju sprečavanja oštećenja površine tokom izvođenja ostalih operacija remonta cilindarske glave, ravnjanje nalegajuće površine je po pravilu poslednja operacija.

U praksi se često za ravnjanje cilindarske glave koriste brusilice za obimno ravno brušenje (sl. 5.72.).



Sl. 5.72. Brušenje cilindarske glave brusilicom za obimno ravno brušenje s uzdužnim stolom

1-tocilo, 2-nosač tocila, 3-radni sto, 4-postolje

- Kontrola zazora u vođicama ventila

Za proveru zazora stabla ventila u vođici potrebno je sa vođice skinuti zaptivač, ako postoji. Pri remontu glave se uvek stavljuju novi zaptivači (sl. 5.73.).

Zazor je jednak razlici prečnika stabla ventila i unutrašnjeg prečnika vođice. Kod ispravnog sklopa ventil-vođica zazor je za usisne 0,2 - 0,8 % prečnika stabla ventila, a za izduvne 0,7 - 1,4 % prečnika stabla, tj. oko 0,02 - 0,09 mm.



Sl. 5.71. Ravnjanje cilindarske glave primenom brusilice sa segmentnim radnim kolum



Sl. 5.73. Aksijalni zaptivač vođice ventila („teflon“)

Preveliki zazor prouzrokuje nejednako naleganje ventila, a suviše mali zazor njegovo nepotpuno naleganje (zaglavljivanje ventila u vodici). U oba slučaja dolazi do nagorevanja i krivljenja pećurke ventila.

Unutrašnji prečnik vodice se meri specijalnim namenskim komparatorom ili proverava kontrolnim čepovima za taj prečnik vodice. Najtačnija kontrola zazora vođica-stabla ventila se izvodi pomoću komparatora, tako što se radijalnim pomicanjem ventila očitava odstupanje na komparatoru.

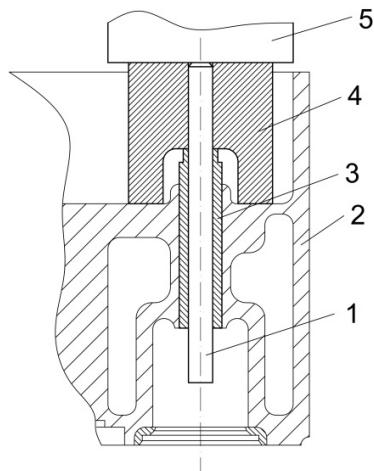
Ako je zazor veći od dozvoljenog, a prečnik stabla ventila je ispravan, vodice se izbijaju i upresuju se nove sa preklopom H7/p6 ili H7/r6. Vodice se najčešće isporučuju sa unutrašnjim prečnikom završno obrađenim.

Upresovanje se vrši na hidrauličnoj presi utiskivanjem vodice posebnim alatom u po mogućnosti zagrejanu glavu. Alat osim što štiti vođicu od oštećenja prilikom presovanja, obezbeđuje da se vodica upresuje na potrebnu dubinu. Na sl.

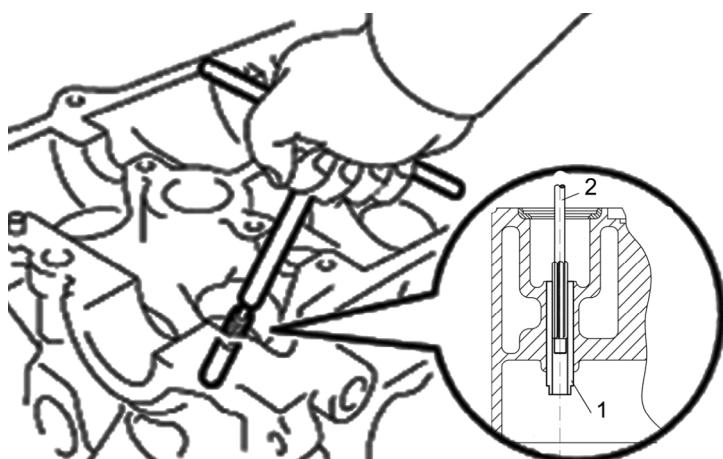
5.74. prikazana je vodica upresovana na hidrauličnoj presi odgovarajućim alatom.

Vodice koje su predviđene za obradu posle upresovanja, razvrću se razvrtačima koji imaju na početku vodeći

deo prečnika neobrađenog otvora vodice (radi što manjeg odstupanja od pravca, 5.75).



Sl. 5.74. Presovanje vodice u cilindarsku glavu
1-usmerivač vodice, 2-cilindarska glava, 3-vodica ventila, 4-graničnik-potiskivač, 5-klip hidraulične prese.



Sl. 5.75. Razvrtanje vodice ventila

1-vodica ventila, 2-razvrtac

deo prečnika neobrađenog otvora vodice (radi što manjeg odstupanja od pravca, 5.75).

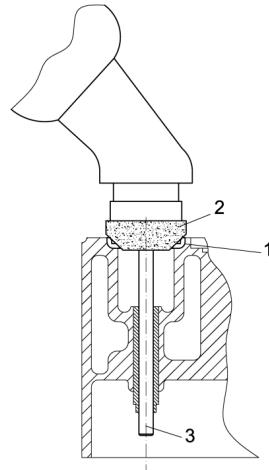
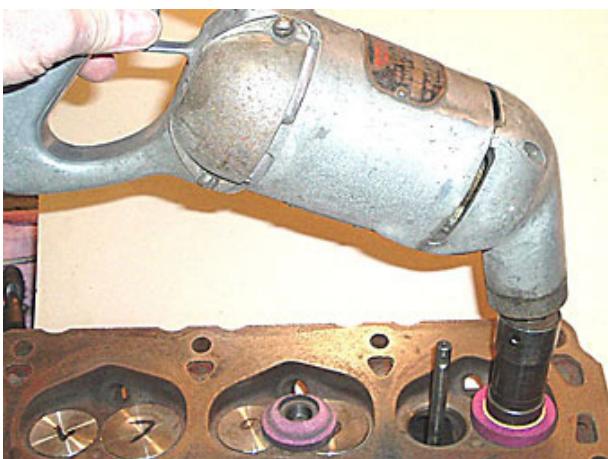
- *Opravka sedišta ventila*

Pravilno naleganje ventila na pripadajuće sedište je važno ne samo da bi se izvršilo potpuno zatvaranje radnog prostora, već i da bi se omogućilo odvođenje toplote sa pečurke ventila na sedište i dalje na glavu. Zbog toga, ukoliko se posle rasklapanja ventilskog sklopa ukažu na nalegajućoj površini sedišta znaci nepravilnosti, neophodno je izvršiti opravku površina.

Sedište ventila kod cilindarskih glava od legura sivog liva izrađuje se izjedna, dok je kod glava od aluminijumskih legura upresovana čaura od legiranog centrifugalnog livenog gvožđa. I kod jednih i kod drugih predviđena je mogućnost zamene sedišta ventila, sa tom razlikom što se kod cilindarskih glava izrađenih od sivog liva prethodno vrši razbušivanje mesta za presovanje čaure.

Sedišta ventila izložena su termičkim, hemijskim i mehaničkim naprezanjima. Neispravnost sedišta ventila najčešće se manifestuje u vidu habanja i ovalnosti naležuće površine, nagorevanja i pucanja sedišta.

Kontrola sedišta ventila vrši se vizuelnim i instrumentalnim putem. Vizuelna kontrola podrazumeva posmatranje izgleda sedišta ventila. Ukoliko se na ventilu uoče risevi, potrebno je izvršiti opravku sedišta brušenjem (sl. 5.76.).



Sl. 5.76. Opravka sedišta ventila brušenjem
1-sedište ventila, 2-brusni kamen, 3-trn (vođica)

Opravka sedišta ventila brušenjem obavlja se primenom odgovarajućih tocila profilisanih pod uglom koji odgovara uglu sedišta ventila. Brusni kamen sa podesivim trnom koji se uvlači u vođicu ventila (elastična čaura trna se prilagođava prečniku vođice ventila čime se obezbeđuje tačno vođenje brusnog kamena) postavlja se na električnu bušilicu. Obrada sedišta ventila vrši se vrlo blagim pritiskom tocila o sedište. Brušenjem se mora obezbediti ne samo centričnost i ravnost nalegajuće površine, već i odgovarajuća širina. Obično se uzima da širina naležuće površine treba

da iznosi više od 1,5 mm. Uža površina naleganja obezbeđuje bolje zaptivanje ali i povećan površinski pritisak, kao i smanjenje površine razmene toplote između sedišta i pečurke ventila, što dovodi do prevremenog nagorevanja istih. Povećanje širine naležuće površine otežava zaptivanje ventilskog sklopa.

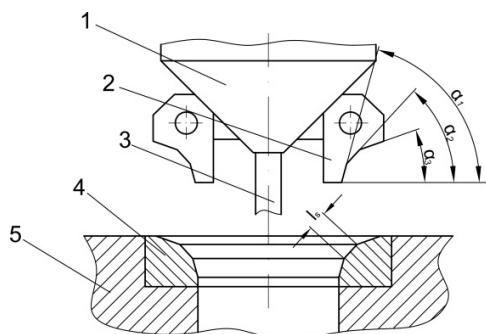
Manje oštećena sedišta obrađuju se primenom fine brusne paste, pri čemu se istovremeno finalizira sedište ventila i ventil. Ovaj način obrade primenjuje se i kao završna obrada sedišta koji su prethodno obrađivani brušenjem ili glodanjem.

Nakon finalizacije, na sedištu i pečurci ventila može se uočiti tanka linija (tzv. linija zaptivanja). Treba imati na umu da linija zaptivanja ne sme imati prekid po obimu. Uočene plavkasete fleke po sedištu ventila (isto važi i za ventile) ukazuju na pregrevanje. Takve fleke potrebno je ukloniti brušenjem (ukoliko je došlo samo do površinskog temperaturnog preopterećenja) ili zameniti sedište novim.

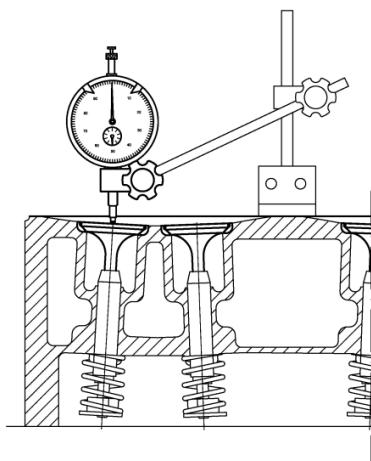
Jače pohabana sedišta opravljuju se glodanjem (frezovanjem). Opravka se vrši na mašini za obradu sedišta ventila, noževima sa odgovarajućim uglovima sedišta ventila (α_1 , α_2 i α_3). Alat se vodi pomoću trna u vođici ventila. Na sl. 5.77. prikazano je ventilsko sedište obrađeno alatom sa profilisanim nožem.

Sedišta koja su toliko oštećena da se ne mogu opraviti, tj. obradom bi se skinulo previše materijala i ventili bi previše „potonuli“ u sedišta, moraju se zameniti. Kontrolu „propadanja“ pečurke ventila moguće je izvršiti primenom mernih listića ili komparatorom (sl. 5.78.).

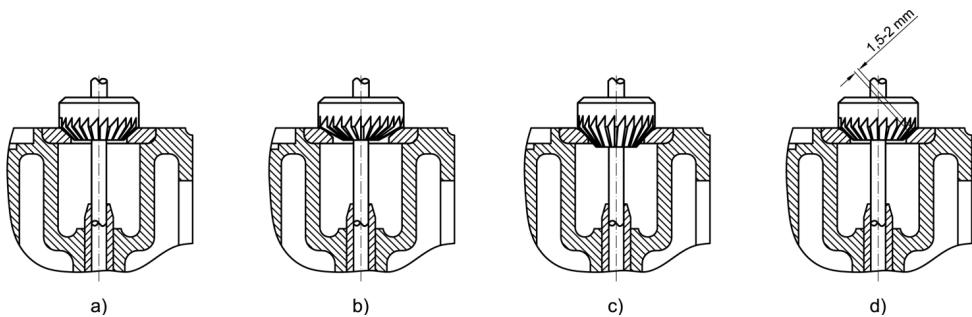
Neispravna sedišta se izbjijuju iz svojih vođica, a nova se u pothlađenom stanju upresuju u zagrejanu glavu sa preklopom H6/t6 ili H6/u7. Nakon upresavanja prstenova vrši se izrada sedišta ventila glodanjem (sl. 5.79.).



Sl. 5.77. Uglovi alata za obradu sedišta i sedište ventila glodanjem
1-glava alata za obradu sedišta ventila,
2-zamenljiva rezna pločica, 3-pilot-
vodica alata, 4-sedište ventila, 5-
cilindarska glava, l_s - širina površine
naleganja na sedištu ventila, α_1 -ugao
donje ivice sedišta, α_2 -ugao površine
naleganja na sedištu, α_3 -ugao gornje
ivice sedišta ventila



Sl. 5.78. Kontrola propadanja
ventila komparatorom



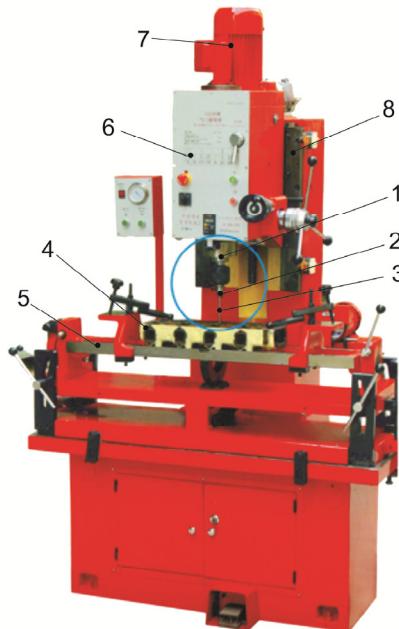
Sl. 5.79. Izrada sedišta ventila u novoupresovanoj čauri

a-grubo frezovanje pod ugлом 45° , b-obrada gornje ivice pod ugлом 15° , c-obrada donje ivice pod ugлом 75° , d-fino završno frezovanje pod ugлом 45°

Na slici 5.80. prikazana je mašina za obradu sedišta ventila u cilindarskoj glavi. Mašina T8590B namenjena je obradi sedišta ventila prečnika od 20 do 90 mm. Glavno kretanje kod ove mašine je rotaciono kretanje radnog vretena u koji je pozicioniran rezni alat sa vođicom. Pomoćno kretanje je aksijalno pomeranje koje izvodi takođe radno vreteno sa reznim alatom. Poziciono kretanje (pozicioniranje sedišta ventila u odnosu na rezni klin) vrši se pomeranjem cilindarske glave na radnom stolu.

- *Kontrola i opravka ventila*

Ventili su izloženi veoma teškim uslovima rada. Izloženi su termičkim opterećenjima (sl. 5.81.), kao i hemijskim i mehaničkim naprezanjima prouzrokovani dejstvom



Sl. 5.80. Mašina za obradu sedišta ventila T8590B

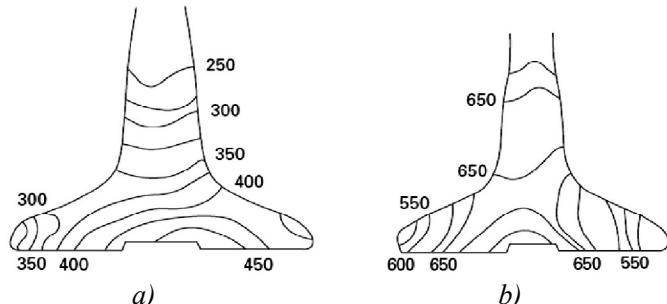
1-glavno radno vreteno, 2-rezni alat, 3-vodica alata (pilot), 4-obradak (cilindarska glava), 5-radni sto, 6-prenosnik glavnog i pomoćnog kretanja, 7-elektromotor, 8-vertikalne klizne staze (hod alata 180 mm, maks. udaljenost alata od radnog stola 750 mm, prečnik obrade $\Phi 20\text{-}\Phi 90$ mm, br. obrtaja radnog vretena $15\text{ - }800$ o/min, snaga motora $1.1/0.85$ kW $1400/950$ rpm, dimenzije mašine $1300\times 800\times 1930$ mm, masa 1400 kg)

produkata sagorevanja i udara pečurke u sedište ventila. Pored toga, usled uzdužnog pomeranja ventila unutar vodice, stablo ventila, je izloženo habanju. Da bi se obavio pregled ventila neophodno ih je najpre oprati i osušiti, a zatim očistiti električnom žičanom četkom ili peskiranjem. Na nalegajućim površinama pečurki ventila ne smeju postojati mesta nagorena previsokom temperaturom, kao ni mehanička oštećenja.

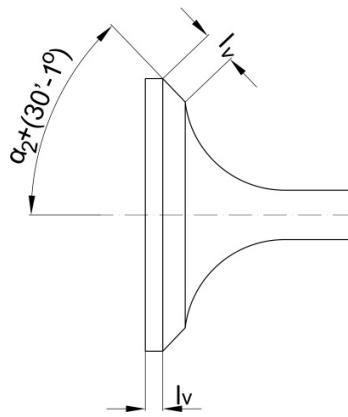
Samo u slučaju manjih oštećenja dozvoljene su opravke nalegajućih površina brušenjem. U slučaju većih neispravnosti ventil treba zameniti. Takođe, ventil treba zameniti ukoliko se utvrdi da je prečnik stabla ventila manji od dozvoljenog, ili je stablo krivo. Maksimalno dozvoljena ovalnost stabla ventila je 0,05 mm, a savijanje do 0,03 mm na 100 mm dužine stabla. Usled visokih temperatura može doći do izduženja ventila. Maksimalno dozvoljeno izduženje ventila je 0,5-0,8 mm. Širina konične površine (l_v) po obodu pečurke je 3-4 mm. Sama oslona površina je oko 0,75 mm, nekada i manja. Ventil se, takođe, smatra neispravnim u slučaju da je širina cilindrične površine na pečurki posle brušenja manja od minimalno dozvoljene ($l_c \geq 1,5$ mm). Karakteristične dimenzije pečurke ventila prikazane su na slici 5.82.

Prečnik stabla ventila kontroliše se mikrometrom u tri ravni, dva međusobno upravna pravca (sl. 5.83.a). Habanje stabla ventila najveće je u ravnima u kojima se javlja trenje između stabla ventila i krajeva vodice ventila (ravni A i C).

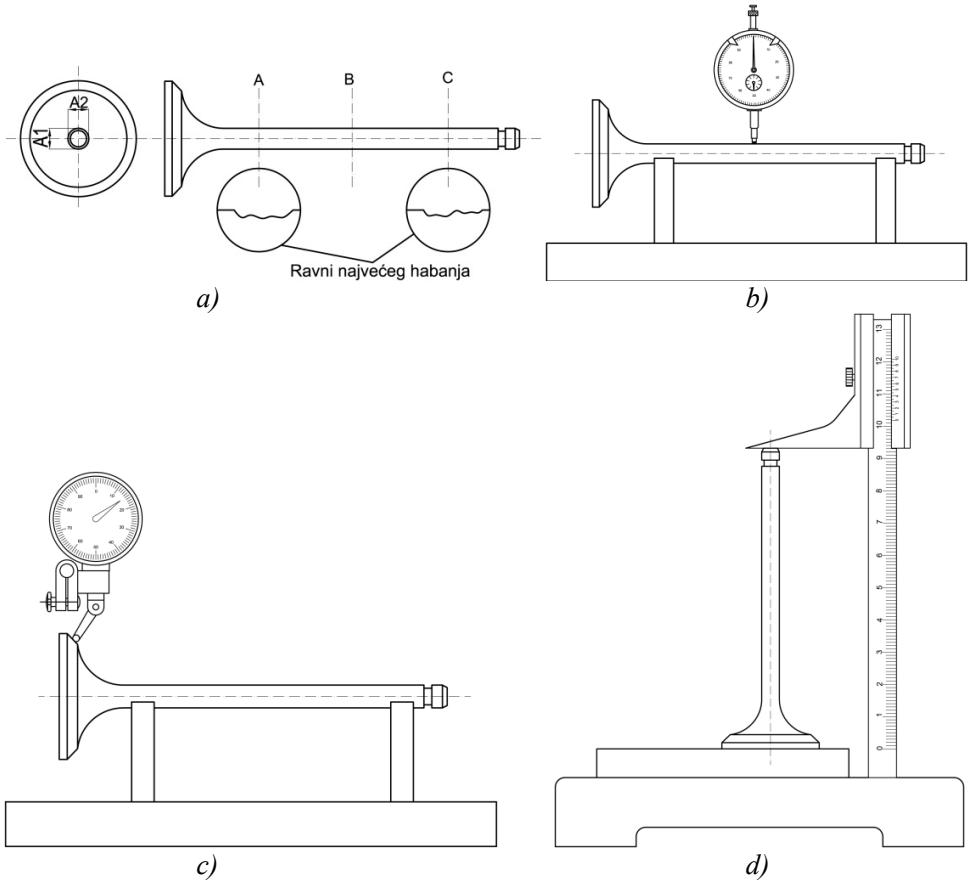
Ekscentritet pečurke ventila se kontroliše komparatorom na sredini širine površine naleganja na pečurki, okretanjem ventila za jedan krug (sl. 5.83.c). Vrednost ekscentriteta ne bi smela biti veća od 0,015 - 0,05 mm.



Sl. 5.81. Temperaturno polje ventila (Dorić, 2010)
a-usisni ventil, b-izduvni ventil



Sl. 5.82. Pečurka ventila
 l_v -širina površine naleganja na ventili, l_c -širina cilindrične površine, α_2 -ugao površine naleganja na sedište.



Sl. 5.83. Defektaža ventila

a) Merenje prečnika stabla ventila, b) Merenje ravnosti stabla ventila, c) Merenje ekscentriciteta pečurke ventila, d) Merenje dužine ventila

Ako na telu ventila postoje udubljenja kao posledica udarnih opterećenja, poravnavanje brušenjem se vrši skidanjem što je moguće tanjeg sloja materijala.

Brušenje pečurke ventila i poravnanje tela ventila obavlja se na specijalnoj brusilici za ventile (sl. 5.85.), postavljanjem ose ventila pod propisanim uglom u odnosu na osu vretena tocila (npr. 45° $30'$). Širina oslone površine pečurke ventila je 2-4 mm, ali na sedište ne naleže svom



Sl. 5.84. Obrada nalegajuće površine ventila brušenjem

širinom jer je zaptivanje bolje na manjoj širini. Zbog toga je ugao pečurke ventila veći od ugla sedišta za oko $30'$ do 1° . Ventil se steže preko stabla i izvodi pomoćno obrtno kretanje.

Već je ranije napomenuto da se nakon brušenja ventila i sedišta vrši finiširanje primenom abrazivne paste.

- *Kontrola zaptivanja ventilskog sklopa - vakuum test*

Provera kvaliteta obrađenih površina pečurke ventila i sedišta vrši se vakuum testom, naslanjanjem gumene kape creva vakuum pumpe na otvor usisnog ili izduvnog kanala na glavi. Tokom testa prati se promena podprtisaka na instrumentu (sl. 5. 86). Porast pritiska u kanalu znači propuštanje vazduha pa je potrebno nalegajuće površine dodatno obraditi.

U radioničkim uslovima usled nedostatka opreme za izvođenje vakuum testa, kontrola zaptivenosti vrši se tako što se iznad ventila uspe malo benzina (dizel gorivo zbog veće gustine nije pogodno). Ako je zaptivanje dobro, benzin ne curi između pečurke i ventila.

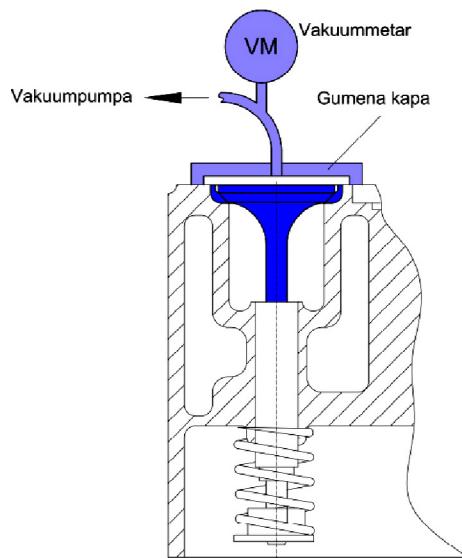
- *Kontrola opruge ventila*

Osnovni zadatak ventilskih opruga je da obezbedi potpuno naleganje ventila na njihovo sedište i zadržavanje ventila u zatvorenom položaju. Opruga treba da je takva da savlada inercijalne sile koje se javljaju pri kretanju ventila i ostalih prenosnih elemenata, tj. obezbedi da potiskivači budu sve vreme uz bregove bregastog vratila.

S obzirom na veliki broj osculatornih promena u toku rada motora, opruge mogu posle

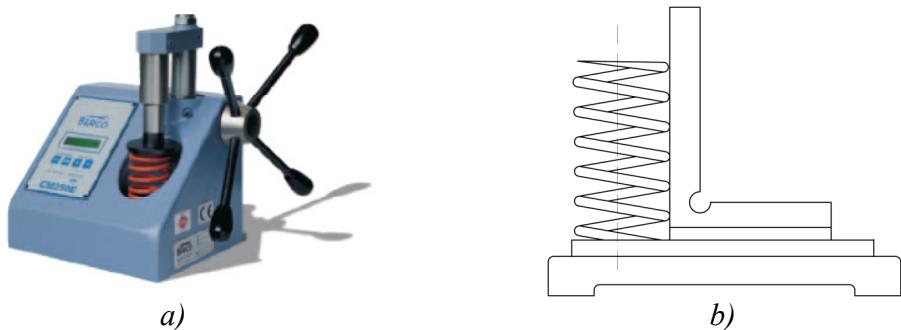


Sl. 5.85. Mašina za obradu sedišta ventila (maksimalan prečnik $\Phi 90$ mm, opseg prečnika ventila $\Phi 25\text{-}\Phi 90$ mm, prečnik stabla ventila $\Phi 6\text{-}\Phi 16$ mm, ugao brušenja $30^\circ\text{-}60^\circ$, broj obrtaja ventila $180\text{-}300$ o/min, broj obrtaja tocila 4500 o/min, maksimalna dubina brušenja 0.025 mm, dimenzije maštine ($L \times W \times H$) $630\text{x}410\text{x}500$ mm)

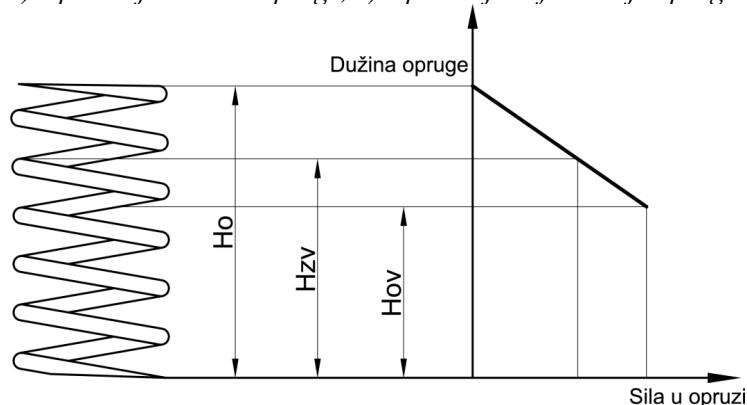


Sl. 5.86. Kontrola zaptivanja ventilskog sklopa

dužeg vremena izgubiti svoje karakteristike (opruge postaju „mekše“). „Meke“ opruge uzrokuju modifikaciju ugla zatvaranja ventila (ventili se kasnije zatvore), što ima za posledicu smanjenje količine vazduha u kompresionom prostoru (ovo za posledicu ima nepotpuno sagorevanje, veću potrošnju goriva i manju snagu). Pored toga, smanjuje se pritisak pečurke o sedište ventila čime je ograničena razmena toploće, što uzrokuje nagorevanje pečurke (sl. 2.13.). Nakon pranja vrši se pregled navoja opruga i provera karakteristika krutosti na specijalnom uređaju (sl. 5.87.). Veličina sile u opruzi u funkciji ugiba data je na slici 5.88. Neispravne opruge menjaju se novim.



Sl. 5.87. Ispitivanje karakteristike opruge
a) Ispitivanje krutosti opruge, b) Ispitivanje deformacije opruge



Sl. 5.88. Karakteristike opruge ventila

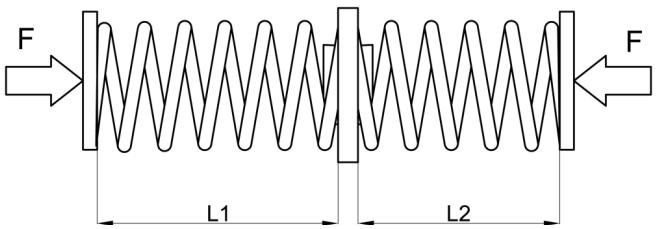
H_o -slobodna dužina opruge, H_{zv} -dužina opruge pri zatvorenom ventilu (montažna dužina), H_{ov} -dužina opruge pri otvorenom ventilu.

U radioničkim uslovima (kada se ne poseduje merni uređaj ili kada nisu dostupni podaci o karakteristikama opruge) kontrolu krutosti opruge moguće je izvršiti njenim upoređivanjem sa karakteristikama nove opruge (istog tipa). Kontrola se izvodi na taj način što se opruge (nova i ispitivana) stavljuju u stegu, uprte jedna uz drugu. Nakon sabijanja opruga dotezanjem bravarske stege, meri se njihova dužina. Ukoliko je dužina ispitivane opruge kraća u odnosu na novu, to znači da je izgubila na krutosti i

potrebno ju je zameniti novom (sl. 5.89.).

Tokom dugotrajnog rada pored promena krutosti ventilskih opruga, dolazi i do njene deformacije. Deformisana opruga ne vodi pravilno ventil, čime dolazi do povećanog

trenja i habanja stabla i vodice ventila. Deformacija opruge se kontroliše kao što je prikazano na slici 5.87b. Maksimalno dozvoljeno odstupanje od pravca ventilske opruge je 1,5 mm.



Sl. 5.89. Ispitivanje karakteristika opruge uporednom metodom

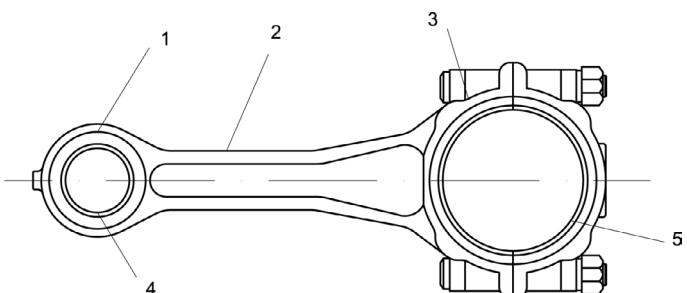
• Sklapanje cilindarske glave

Nakon svih remontnih i kontrolnih postupaka opravke cilindarske glave, kad se ustanovi da je sve ispravno, svi delovi koji će biti ugrađeni moraju se temeljno oprati i osušiti radi otklanjanja nečistoća od obrade. Ventilski sklop se ugrađuje takođe na presi za sabijanje ventilskih opruga.

5.8.1.5. Klipnjača

Klipnjača služi da sile pritiska gasova sa klipa prenese na kolenasto vratilo uz transformaciju translatorno-oscilatornog kretanja klipa u obrtno kretanje kolenastog vratila. Klipnjače se izrađuju od čelika kovanjem, presovanjem i vrlo retko livenjem, sa naknadnom termičkom i mehaničkom obradom. Sastoje se od male pesnice, tela i rastavljive velike pesnice (preko koje se vezuje za kolenasto vratilo, sl. 5.90.). U telu klipnjače visokoopterećenih motora, izrađen je kanal za dovod ulja od velike do male pesnice, čime se obezbeđuje intenzivnije podmazivanje sklopa mala pesnica-osovinica klipa.

U maloj pesnici je upresovana ležišna čaura od bronce. Iako mala pesnica trpi inercijalne sile i sile pritiska gasova, zbog relativno malog međusobnog kretanja osovinice i čaure habanje je sporoo.



Sl. 5.90. Klipnjača

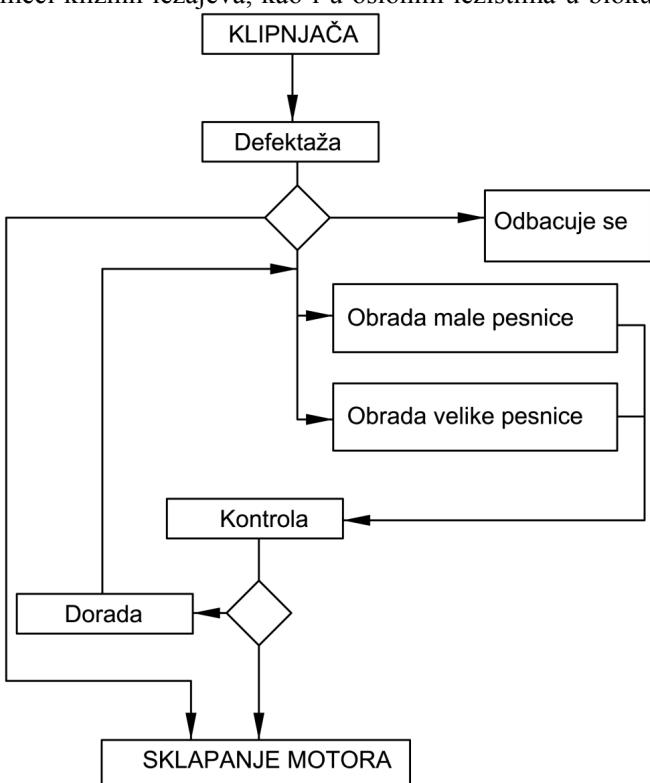
1-Mala pesnica, 2-Telo, 3-Velika pesnica, 4-čaura, 5-umetci ležaja

U velikoj pesnici se nalaze umeci kliznih ležajeva, kao i u oslonim ležištima u bloku motora, pa za njih važe slični zakoni habanja, kao i postupci opravke. Neretko dolazi do ovalizacije velike pesnice usled velikih opterećenja pri povećanim zazorima u letećem ležaju.

Šema postupaka pri obradi klipnjače data je na sl. 5.91.

- *Pranje klipnjače*

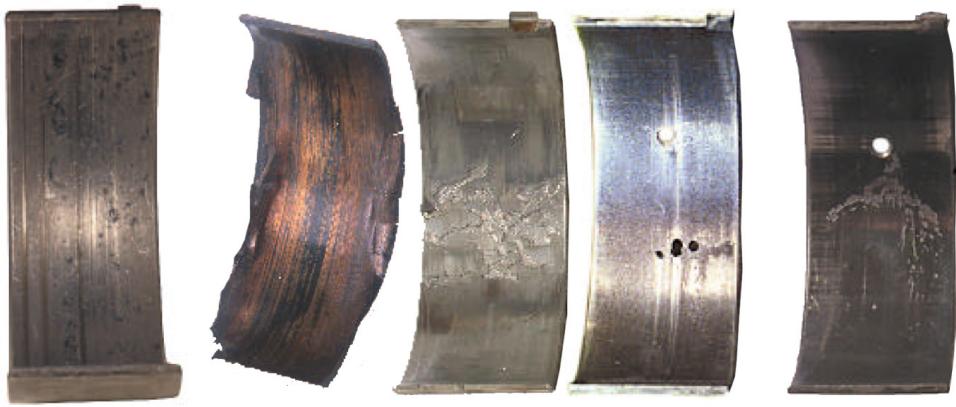
Klipnjača se nakon rasklapanja motora pere u mašini za pranje zajedno sa ostalim sitnjijim delovima. Pri tome je potrebno обратити pažnju da poklopci velike pesnice moraju biti na pripadajućoj klipnjači, jer zamena poklopaca nije moguća.



Sl. 5.91. Postupci pri mašinskoj obradi klipnjače

- *Vizuelni pregled klipnjače*

Pregledom se utvrđuje stanje površine čaure male pesnice i umetaka ležaja velike pesnice, kao i to da li postoje veće deformacije na telu klipnjače.

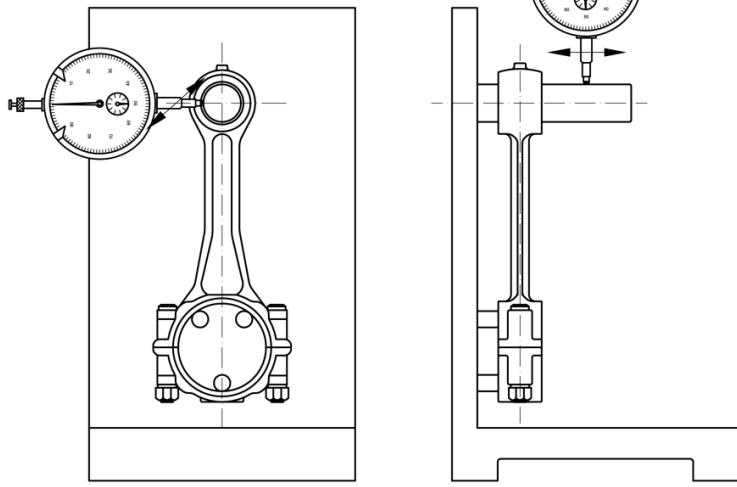


Sl. 5.92. Izgled površine ležišnih umetaka kao posledica različitih uzroka habanja
 a-habanje usled abrazije, b-habanje kao posledica opstrukcije u dotoku ulja, c-
 habanje nastalo usled dugotrajnog preopterećenja, d-koroziono habanje, e-
 kavitaciono habanje

- Provera paralelnosti osa klipnjača

U toku rada, pri dužem preopterećenju motora, mogu se javiti lakske deformacije tela klipnjače. Ove deformacije mogu znatno uticati na povećano habanje delova klipnog mehanizma.

Savijanje klipnjače nastaje kao posledica zamora materijala. Obično do savijanja dolazi na većem broju klipnjača istog motora. U takvim slučajevima klipnjače treba zameniti novim. Deformacija (uvijanje ili savijanje) svih klipnjača na



Sl. 5.93. Kontrola paralelnosti osa male i velike pesnice
 a-kontrola uvijenosti klipnjače, b-kontrola savijenosti klipnjače

jednom motoru (naročito ukoliko je savijenost progresivna od prvog ka poslednjem cilindru ili obrnuto) posledica je verovatno nepravilno postavljenih ležajeva kolenastog vratila. Deformacija jedne klipnjače najčešće je posledica kosog brušenja rukavca te klipnjače ili ukošene klipne osovinice. Zbog toga, pri remontu motora treba proveriti paralelnost osa velike i male pesnice. Jedan od načina je pomoću komparatora (sl. 5.93.) koji može biti postavljen na mašini za obradu klipnjača.

Klipnjača se steže uspravno preko podesivog trna u velikoj pesnici. Trn je postavljen upravno na ravnu ploču. Kontrola uvijenosti klipnjače se vrši na način kao što je prikazano na slici 5.93a, a savijenosti kao na slici 5.93b. U oba slučaja komparator se pomera u pravcu paralelnom sa osom osovinice klipa.

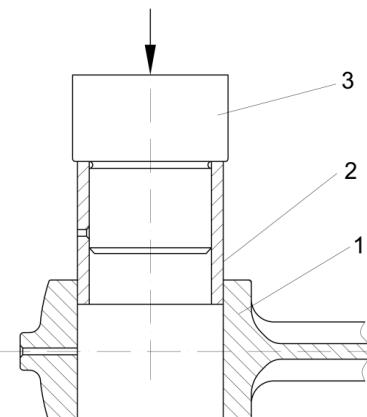
Ako je deformacija tela tolika (više od 0,01 - 0,05 mm na 100 mm od uzdužne ose klipnjače) da se ne može kompenzovati mehaničkom obradom pesnica, klipnjača se mora zameniti.

- *Kontrola i opravka ležišta male pesnice klipnjače*

Prečnik male pesnice klipnjače proverava se mikrometrom za unutrašnje merenje. Ukoliko se uoči postojanje riseva, oštećenja ili odstupanja od dimenzije i oblika (cilindričnosti) čaure, neophodno je izvršiti njenu zamenu. Neispravna čaura se izbjiga, a nova se upresuje sa naleganjem sa preklopom H7/p6, s6, t6 na hidrauličnoj presi. Cilindar prese deluje na čauru (sl. 5.94., poz. 2) posredstvom trna (vođice, poz. 3). Pre obrade unutrašnje površine čaure, mora se probušiti otvor za podmazivanje male pesnice. Razbušivanje nove čaure se vrši na potreban prečnik (u toleranciji h4).

Bušenje čaure se obavlja na mašini za bušenje i brušenje klipnjača. Pri obradi male pesnice klipnjača se centrirala preko velike pesnice, kako bi se obezbedila identična rastojanja osa pesnica na svim klipnjačama jednog motora.

Ukoliko se menja cela klipna grupa, moraju se promeniti i čaure male pesnice, bez obzira na njeno stanje.



Sl. 5.94. Presovanje čaure ležišta male pesnice

1-mala pesnica klipnjače, 2-čaura ležišta, 3-alat za vođenje čaure i prenošenje sile.

- *Kontrola i opravka velike pesnice klipnjače*

Do ovalizacije velike pesnice može doći usled dužeg i čestog preopterećivanja motora i rada sa povećanim zazorom između umetaka ležaja i letećeg rukavca kolenastog vratila. Najveće dozvoljeno odstupanje od cilindričnosti je oko 0,01 mm. Kontrola prečnika velike pesnice, kao i obrada ako je potrebna, može se pravilno obaviti samo

ako je poklopac stegnut propisanim momentom pritezanja vijaka.

U cilju dobijanja dodatka za obradu ovalizirane velike pesnice, skraćuju se površine naleganja klipnjače i poklopca ravnim brušenjem (sl. 5.95.). Obrada prečnika velike pesnice vrši se na mašini za bušenje i brušenje klipnjača. Klipnjača pri obradi miruje, centriра se preko male pesnice, a točilo se kreće planetarno.

5.8.1.6. Zamajac

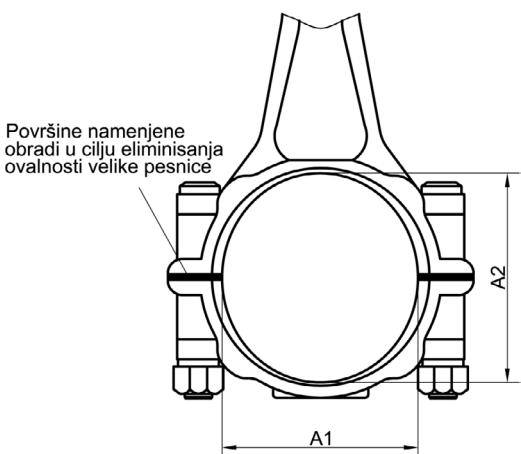
Zamajac akumulira kinetičku energiju za vreme radnog taka i vraća je kolenastom vratilu u toku ostalih taktova, umanjujući neravnomernost obrtanja kolenastog vratila. Osim toga, zamajac služi za električno startovanje motora preko nazubljenog vence (napresovanog) na obodu. Na sebi sadrži još i elemente za pričvršćenje spojnice. Zamajac se na kolenasto vratilo vezuje vijcima preko prirubnice.

- *Vizuelni pregled zamajca*

U toku eksploatacije najintenzivnije habanje zamajca je na frikcionoj površini spojnice, čime ona postaje neravna. Takođe, nazubljeni venac često se ošteće pogonskim zupčanikom elektropokretača. U tom slučaju, oštećeni venac se skida razaranjem, a novi se zagreva u peći na oko 200°C i potom navlači na obod zamajca. Ako se primete pukotine na bilo kom delu, posebno ako se pružaju radijalno, zamajac se mora zameniti novim.

- *Kontrola i obrada nalegajuće površine spojnice*

Jače vibracije pri kretanju vozila, tj. pri uključivanju spojnice, znak su „bacanja“



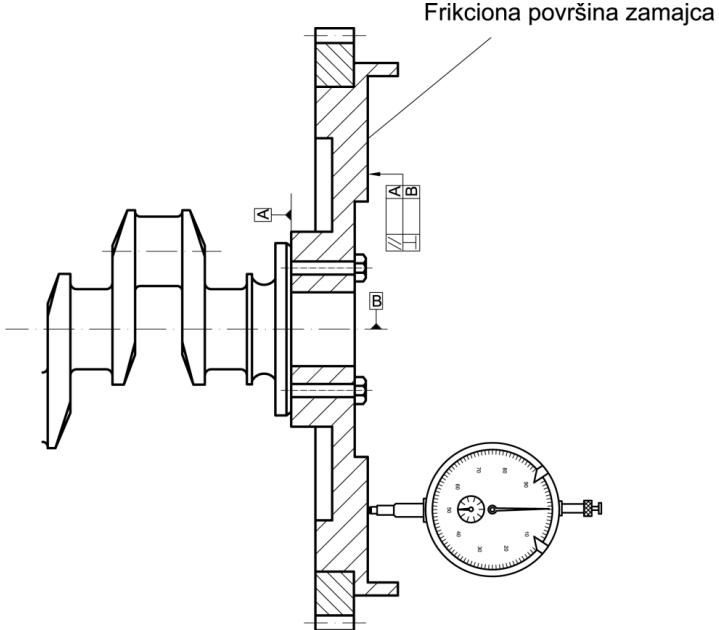
Sl. 5.95. Mesto obrade velike pesnice klipnjače



Sl. 5.96. Sklop zamajca sa spojnicom (kvačilom)
a-zamajac, b-ozubljeni venac, c-lamela, d-spojnica,
d-aksijalni ležaj

frikcione površine zamajca (frikciona površina nije upravna na osu kolenastog vratila).

Pri obradi frikcione površine finim struganjem, neophodno je održati njenu upravnost na osu obrtanja (sl. 5.97.). B) i paralelnost sa površinom koja naleže na prirubnicu kolenastog vratila (A). To se postiže učvršćenjem zamajca u steznoj glavi struga. Aksijalno „bacanje“ površine kontroliše se komparatorom.



Sl. 5.97. Sklop zamajac-kolenasto vratilo

5.8.2. Defektaža delova koji nisu namenjeni za mašinski remont

Defektažom ovih delova utvrđuje se njihovo stanje i donosi odluka da li se moraju zameniti novim, ili se mogu zadržati kao ispravni. Klip, klipna osovinica i bregasto vratilo po pravilu nisu izloženi velikom habanju u uslovima normalne eksploatacije. Njihovu neispravnost uglavnom izaziva neki drugi kvar.

5.8.2.1. Klipna grupa

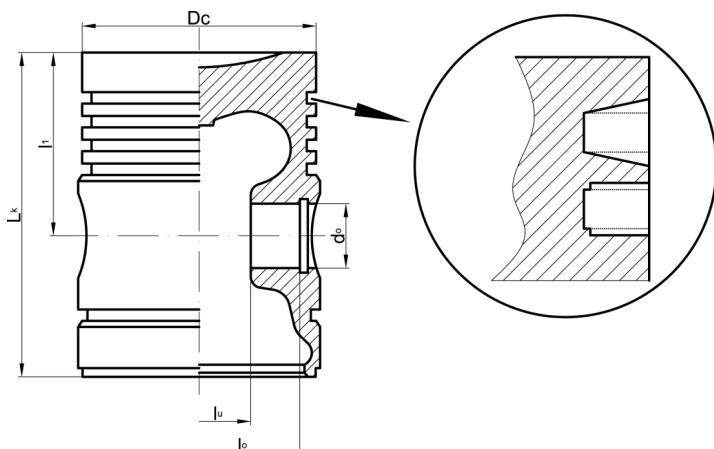
• Habanje klipne grupe

Klipna grupa se sastoji od klipa, klipnih prstenva i osovine klipa. Zadatak klipne grupe je da formira i zaptiva radni prostor cilindra. Klip prima sile pritiska gasova i predaje ih preko osovine i klipnjače kolenastom vratilu. Ovo ukazuje da su elementi klipne grupe izloženi visokim topotnim i mehaničkim opterećenjima.

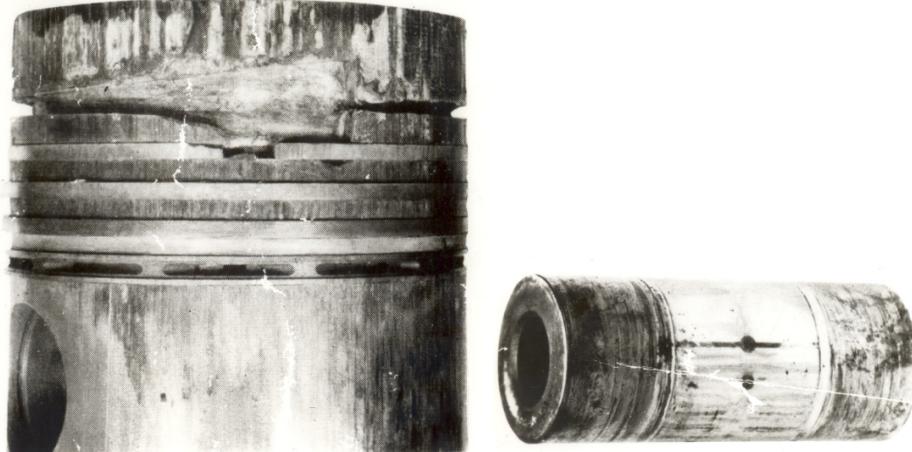
U motorima klipovi su izrađeni od aluminijumskih legura. Pri normalnim i ispravnim uslovima eksploatacije habanje klipova je desetak puta manje od habanja klipnih prstenva. Naime, klip trpi relativno male površinske pritiske na vodići, pri dobrom podmazivanju zidova cilindra. Kod uobičajenog habanja najintenzivnije trošenje klipa je na bočnim stranama žlebova prstenva, usled njihovog stalnog treperenja (sl. 5.98.).

Klipni prstenovi se normalno habaju po obimu usled trenja o zid cilindra i sa gornje i donje strane usled treperenja u žlebovima klipa. Treperenje prstenova je prouzrokovano pritiskom gasova, silama inercije i trenja. U toku radnog veka njihov radijalni napon opada, smanjuje se naleganje i dolazi do prođuvavanja produkata sagorevanja.

Habanje osovinice klipa je relativno malo i uglavnom se troše ležaj male pesnice i okca klipa. Ako se naruše normalni uslovi rada (npr. duži rad pri većem pregravanju, sa oskudnim podmazivanjem i sa zaprljanim mazivom), posledice su neopravljiva oštećenja klipne grupe. Nedovoljno podmazivanje dovodi do povećanja trenja, što još više podiže temperaturu, ulje se koksuje, klip se širi i počinje zaribavanje (sl. 5.99.).



Sl. 5.98. Dva oblika oštećenja na žlebovima klipnih prstenova
a) oštećenje klipne grupe (nemovljivo podmazivanje)

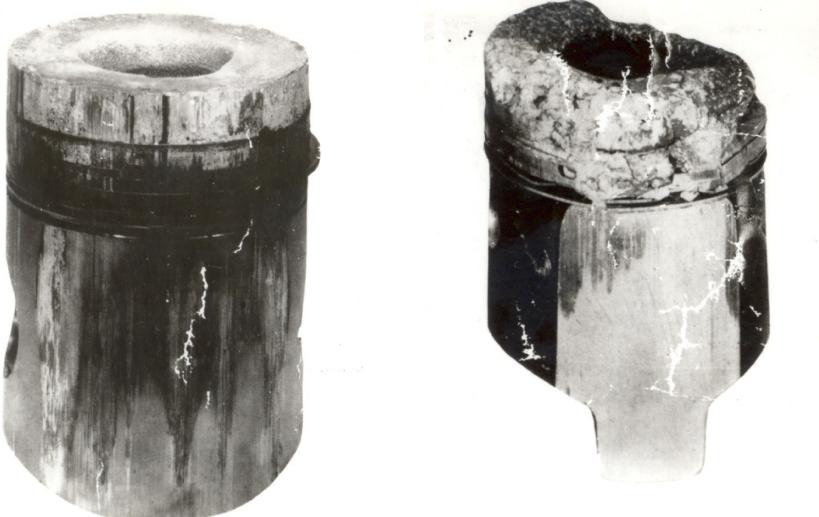


Sl. 5.99. Oštećenje klipne grupe (nedovoljno podmazivanje)
a-klip, b-osovinica klipa

Takođe, usled visokih temperatura i lošeg kvaliteta ulja klipni prsten se zapekne u žlebu na jednom delu svog obima. Pošto klipni prsten više ne naleže na zid cilindra, klip i prsten nagorevaju (klip se hlađi i preko prstenova). Ovo prouzrokuje gubitak

pritiska u cilindru. Takvi kvarovi su naročito nepovoljni kod višecilindričnih motora, gde u slučaju otkaza jednog cilindra motor nastavlja sa radom, pa ostali cilindri povlače neispravan u još veću havariju (sl. 5.100.).

Čelo klipa nagoreva u slučajevima nepravilnog sagorevanja goriva, koje je najčešće rezultat neispravnosti brizgaljke. Neispravnosti rada klipne grupe manifestuju se znatnim padom performansi, povećanim vibracijama motora i plavim dimom na izduvnoj grani.



Sl. 5.100. Čelo klipa

- *Merenje i kontrola elemenata klipne grupe*

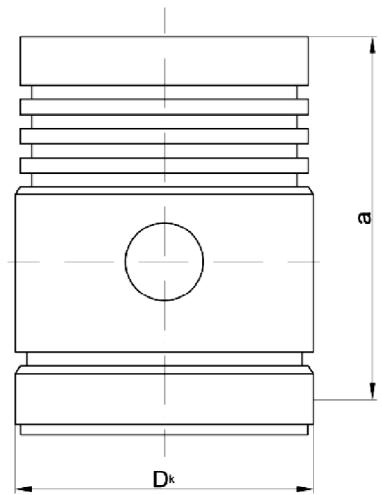
Ako je dijagnostikom utvrđen niži pritisak sabijanja vazduha u cilindrima²⁷, klipni prstenovi se skidaju sa klipova i odbacuju, kao i klipovi na kojima ima vidljivih tragova nagorevanja ili zaribavanja, pukotina i sl. Za demontažu starih i montažu novih klipnih prstenova preporučuje se korišćenje namenskog alata (klešta za širenje klipnih prstenova), kako bi se sprečila deformacija prstenova i oštećenje klipa (sl. 5.101).²⁸

²⁷ Više o dijagnostikovanju stanja klipno-cilindarskog sklopa biće u poglavlju „Dijagnostika“

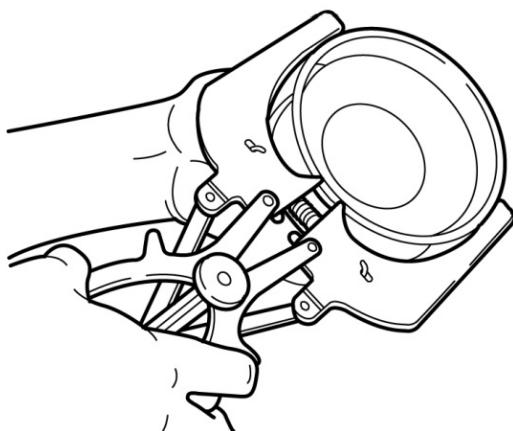
²⁸ U praksi se neretko prstenovi postavljaju „namotavanjem“ na klip. Ovo je nedopustivo jer dovodi do radikalne i aksijalne deformacije prstena što uzrokuje povećano prođuvavanje produkata sagorevanja iz cilindra u karter motora, ubrzana degradaciju i povećanu potrošnju ulja.

Pre kontrole klipove je potrebno očistiti. Klipni prstenovi tokom rada moraju se nesmetano okretati, u suprotnom zaglavljeni prstenovi (zbog prisustva gareži) nisu više u stanju da pravilno zaptivaju kompresioni prostor. Naslage gareži sa čela i iz žlebova za prstenove odstranjuju se mehaničkim putem (sl. 5.102), pogodnim grebačima i žičanim četkama uz oprez da se ne oštete površine.

Zatim se vrši pranje u mašini za pranje delova, zajedno sa ostalim sitnjim delovima, ispiranje vodom i sušenje komprimovanim vazduhom. Nečistoće mogu dati netačne rezultate merenja, prikriti neki defekt ili biti vraćene prilikom sklapanja u remontovani motor.



Sl. 5.103. Ravan merenja prečnika klipa D_k upravno na osu osovinice određena rastojanjem a od čela klipa ispod okaca), u ravni upravnoj na osu osovinice (sl. 5.103). Proizvođač određuje mesta



Sl. 5.101. Upotreba alata za demontažu (montažu) klipnih prstenova



Sl. 5.102. Čišćenje gareži iz žlebova klipnih prstenova

Tek nakon brižljivog čišćenja klipa pristupa se vizuelnom pregledu, proveri određenih funkcionalnih dimenzija i ustanavljanju da li su deformacije ili istrošenja klipa takve prirode da više nije sposoban za upotrebu.

Stanje žlebova, čela, vodice i okaca klipa ocenjuje se najpre vizuelnim pregledom. Ukoliko se vizuelnim pregledom ne uoče veća oštećenja pristupa se instrumentalnoj kontroli dimenzija klipa.

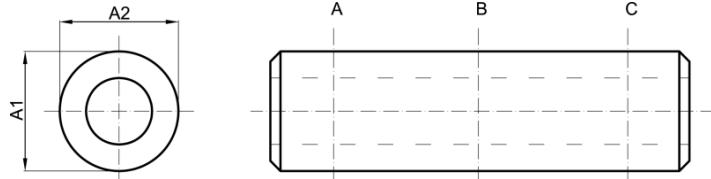
Osnovna veličina klipa je njegov prečnik. Prečnik klipa se meri mikrometrom (obično proizvođač određuje mesta

merenja, kao i dozvoljene vrednosti prečnika i ostalih funkcionalnih dimenzija.

Zazori novih klipnih prstenova u žlebovima kontrolišu se mernim listićima (sl. 5.104). Maksimalno dozvoljen radikalni zazor novog prstena u žlebu korišćenog klipa je 0,20 mm kod dizel motora (kod benzinskih motora ova vrednost je 0,15 mm). Isuviše mali zazor (na hladno) dovodi do zaglavljivanja prstenova u žlebu klipa na radnim temperaturama, što izaziva probleme u zaptivanju.

Prečnik osovinice meri se mikrometrom na sredini i na krajevima, tj. na mestu spoja u okcima klipa i sa ležajem male pesnice klipnjače (u tri ravni, dva međusobno upravna pravca, sl. 5.105).

U slučaju da je pohabanost zidova cilindara tolika da je neophodno bušenje i honovanje cilindara, u motor se ugrađuju novi klipovi,



Sl. 5.105. Kontrola osovinice

prstenovi i osovinice, bez obzira na njihovo stanje.

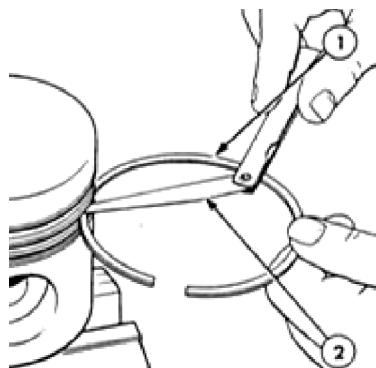
Prečnik klipa mora biti one prekomere na koju su obrađeni cilindri, radi održanja propisanih zazora klip-cilindar. Pored toga, potrebno je pre ugradnje prekontrolisati težine svih klipova (ako oznaka klase težine nije utisнутa na čelu klipa) i uporediti ih međusobno, radi što ravnomernijeg rada motora. Ako je potrebna, korekcija težine se vrši skidanjem materijala sa predviđenih površina, uz veliku pažnju da se stezanjem na mašini ne izazovu deformacije ni u jednoj oblasti klipa.

5.8.2.2. Bregasto vratilo i elementi razvoda

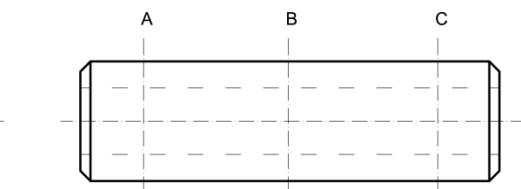
- *Habanje bregastog vratila i elemenata razvoda*

Bregasto vratilo ima osnovni zadatak da svojim profilisanim bregovima vrši otvaranje i zatvaranje ventila po određenoj zakonitosti u saglasnosti sa rasporedom radnih procesa po cilindrima. Pored toga, može poslužiti i za pogon pumpe za ulje, pumpe za gorivo, razvodnika paljenja i sl. Vratilo je bez izuzetka jednodelno²⁹, izrađeno najčešće kovanjem od visokokvalitetnih legiranih čelika, koji je cementiran i kaljen, jer su klizne površine bregova izložene velikom trenju. Bregasto vratilo pogonjeno je od kolenastog vratila putem zupčanika, lanca ili nazubljenog kaiša (kod

²⁹ Bregovi bregastog vratila koja se ugrađuju u savremenim putničkim vozilima mogu biti naknadno upresovani (višedelna vratila).



Sl. 5.104. Kontrola zazora



Sl. 5.105. Kontrola osovinice

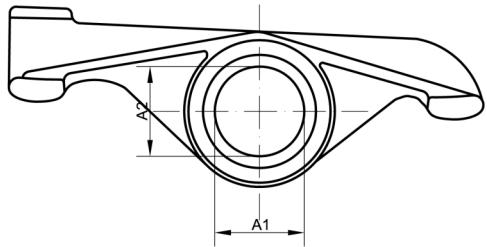
poljoprivrednih mašina pogon bregastog vratila je gotovo isključivo preko zupčastog prenosa). Osloni rukavci bregastog vratila se oslanjaju na klizna ležišta u bloku motora ili cilindarskoj glavi. Do svih površina izloženih trenju dovodi se ulje kroz odgovarajuće kanale.

Ukoliko je podmazivanje oskudno ili je ulje nezadovoljavajuće čistoće i kvaliteta, dolazi do intenzivnijeg habanja elemenata razvoda, odnosno bregova, udarnih opterećenja što još više ubrzava proces razaranja otvrdnutih površina potiskivača i klackalica. Usled trošenja materijala zazor se povećavaju. To se manifestuje pojmom karakterističnog metalnog zvuka, naročito dok je motor nezagrejan.

- *Kontrola elemenata razvoda*

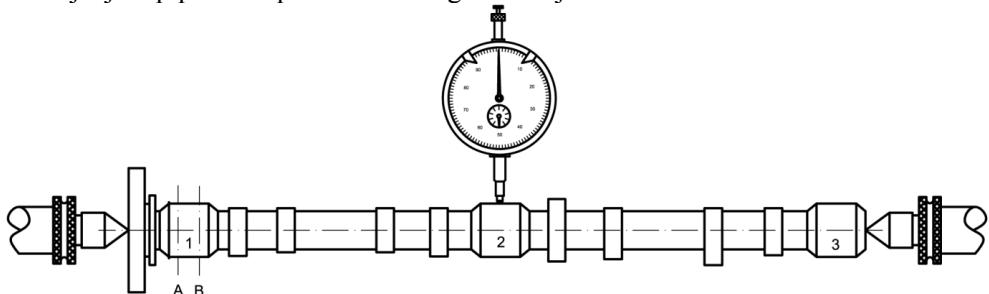
Da bi se utvrdilo habanje ovih elemenata, posle pranja i sušenja često je dovoljan vizuelni pregled površina bregova, rukavaca, potiskivača i klackalica, jer su oštećenja i risevi najčešće vidljivi golinom okom.

Prečnici oslonih rukavaca mere se mikrometrom, a njihova međusobna



Sl. 5.106. Klackalica

aksijalnost komparatorom, postavljanjem vratila između šiljaka (sl. 5.107) ili na prizme. Komparator pokazuje dvostruko veću vrednost ekscentritetra za jedan obrtaj bregastog vratila. Primenom komparatora mogu se prekontrolisati visina bregova, naslanjanjem pipka komparatora na breg i obrtanjem vratila.



Sl. 5.107. Kontrola ravnosti bregastog vratila i dimenzija i oblika oslonih rukavaca

5.9. MONTAŽNI RADOVI

Mašina je sastavljena od velikog broja delova koji su izrađeni i montirani na bazi projektom predviđene tehnologije. Trenutna radna stanja ovih delova, kao i eventualni kvarovi utiču ili onemogućuju funkcionisanje mašine.

Da bi se stekao uvid u trenutno stanje ispravnosti pojedinih delova (npr. u postupku defektaže), mašina se mora rasklopiti (demontaža).

Po izvršenim postupcima kao što su osvežavanje delova, dorada, nabavka novih delova, kao i završne aktivnosti procesa opravke sledi sklapanje mašine (montaža).

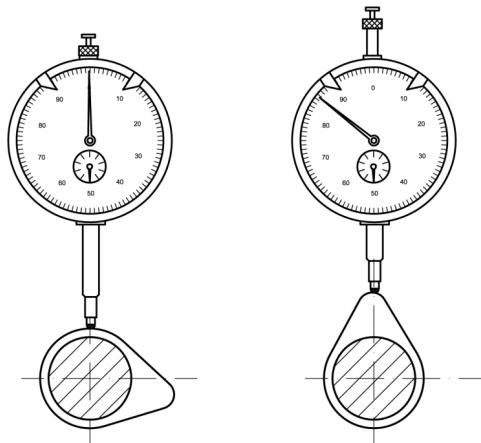
Na osnovu prethodnog proizilazi da montaža predstavlja osnovni postupak ne samo u proizvodnji mašine već i u procesu opravke (remonta). Poređenjem stepena mehanizovanosti montažnih radova sa stepenom mehanizovanosti drugih radova (npr. sa radovima obrade metala) zapaža se velika razlika u korist radova obrade.

Ovo se tumači sa dva osnovna razloga. Kao prvi se navodi da su stručnjaci pre svega rešavali mehanizovanost procesa koji su iziskivali teže fizičke radove. Drugi razlog je da se montažni radovi sastoje od složenijih pokreta nego radovi obrade. Zbog toga su mogućnosti mehanizovanja radova montaže ograničeni i praćeni znatnim materijalnim ulaganjima. Montaža stoji u tesnoj uzajamnoj vezi sa proizvodnjom odnosno sa opravkom i rekonstrukcijom. Konstrukcione greške, kao i netačnosti izrade uzrokuju povećano ulaganje rada a takođe štetno utiču na vek trajanja mašine. Ako se ovo pitanje analizira sa stanovišta troškova, uviđa se da delovi izrađeni sa vrlo strogim tolerancijama povećavaju troškove proizvodnje, međutim smanjuju troškove montaže. Obrnuto, povećanje tolerancija izrade smanjuje troškove izrade, ali zato povećava troškove montažnih radova, s obzirom na to da se povećava broj nužnih upasivanja u toku sklapanja mašina. Optimalan odnos treba tražiti tamo gde su minimalni ukupni troškovi (sl. 5.109.).

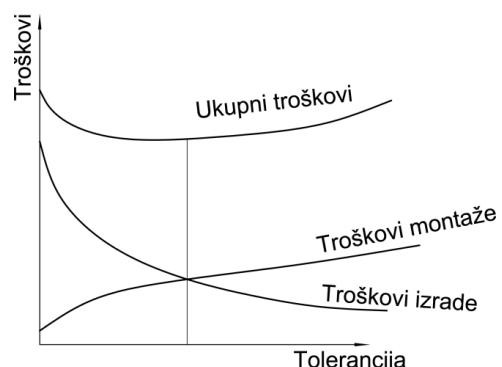
Tehnološki nivo jednog proizvoda se može karakterisati sa montažnim koeficijentom (K_m), koji predstavlja količnik vremena utrošenog na montažu (T_m) i vremena utrošenog na izradu dela (T_o).

$$K_m = \frac{T_m}{T_o}$$

Vrednost koeficijenta montaže kod dobro organizovanog procesa pojedinačne izrade ili serijske proizvodnje iznosi $K_m = 0,45$, dok u slučaju velike serije ili masovne izrade $K_m = 0,25$

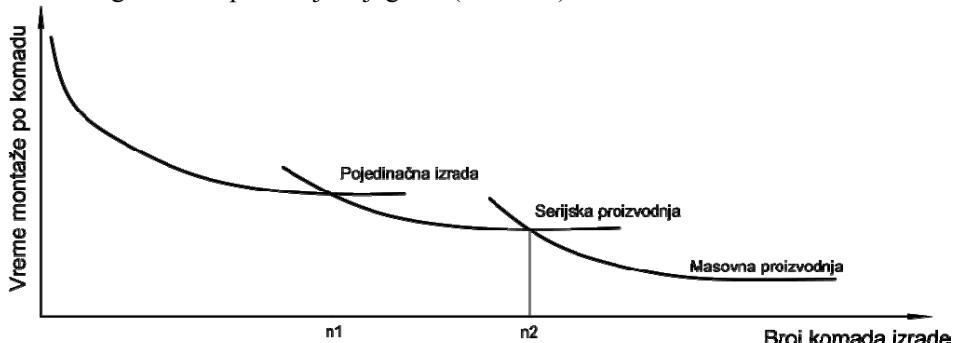


Sl. 5.108. Merenje visine brega bregastog vratila



Sl. 5.109. Promena troškova izrade i montaže u funkciji tolerancije

Promena vremena montažnih radova kod različitih organizacionih formi u funkciji proizvodnog komada prikazuje dijagram (sl. 5.110).



Sl. 5.110. Promena vremena montaže u funkciji organizacione forme izrade

Delovi mašine – redosled montaže

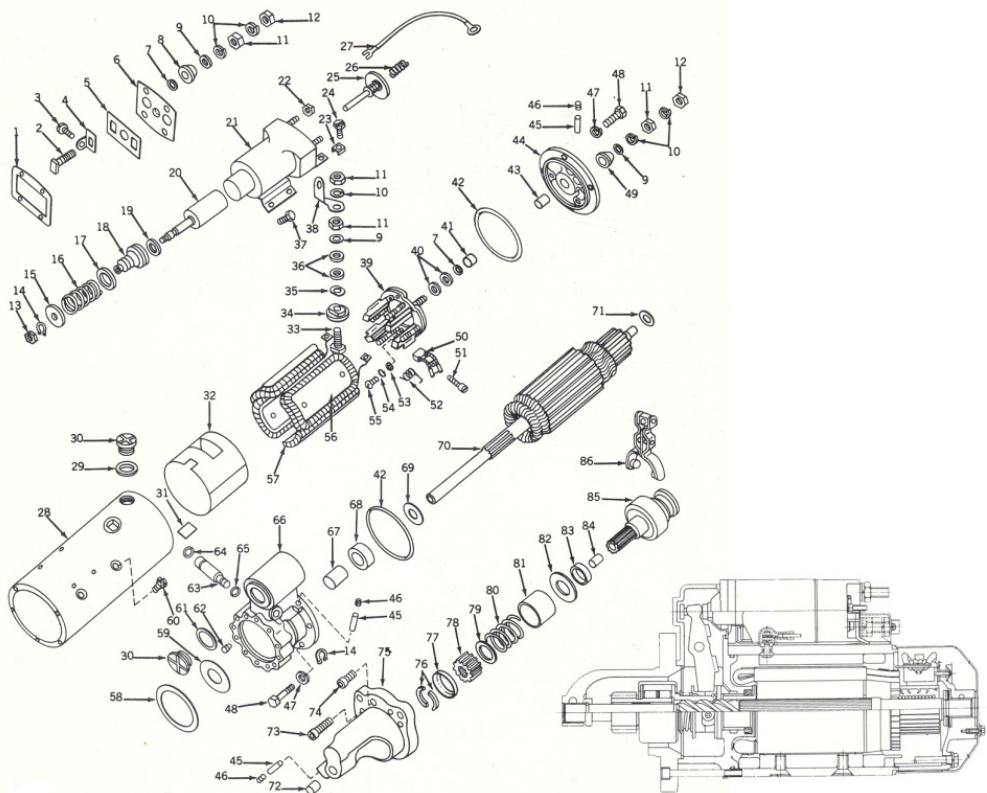
Mašina se sastoji od pojedinačnih elemenata-delova. Deo mašine kao jedinica (element) predstavlja osnovnu jedinicu montažnog postupka. Podsklopom se naziva deo mašine koji u sebi objedinjuje određeni broj delova mašine. Više podsklopova čine veće jedinice - sklopove (konstrukcione celine). Mašina se sklapa (montira) od takvih većih jedinica. Radovi sastavljanja podsklopova se nazivaju **prethodna montaža**, sastavljanje sklopova **međufaznom montažom**, a sklapanje mašine se naziva **završnom montažom**.

Na mašini se razlikuju konstrukcione i montažne celine. Konstrukcione celine se razlikuju prema svojoj funkciji koju obavljaju u radu mašine bez obzira na njihov redosled montaže. Montažnom celinom ili jedinicama, nazivaju se takvi sklopovi i delovi koji se mogu sklapati (montirati) nezavisno od ostalih delova mašine. Prema tome, konstrukcionalna celina ne mora da bude i montažna celina (npr. razvodni mehanizam jednog automobilskog motora predstavlja konstrukcionu celinu, međutim ne može se smatrati montažnom celinom motora s obzirom da se ne može montirati - sklopiti nezavisno). U većini slučajeva montažne celine predstavljaju i konstrukcione celine. Glavni sklopovi - bez obzira što ne čine uvek montažne celine - uvek predstavljaju konstrukcione celine.

Prema tome mašina se može razvrstati na: glavne sklopove, podsklopove i delove (pozicije).

Ovakvo grupisanje zadovoljava opšte principe opravke mašina i donekle odstupa od ubičajene sistematizacije koja se koristi prilikom montaže (sklapanja) nove mašine u postupku fabrikacije.

Slično postupku obrade mašinskog dela, i prilikom montaže mašine polazi se od jedne polazne baze. Baznim delom naziva se onaj deo kojim se započinje montaža mašine ili sklopa.

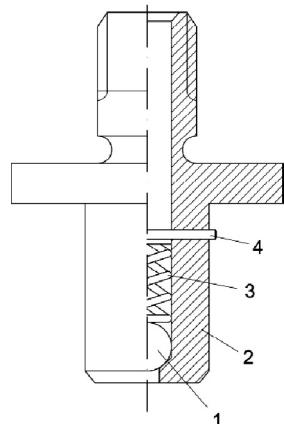


Sl. 5.111. Montažna celina elektropokretač (konstruktivna i montažna celina)

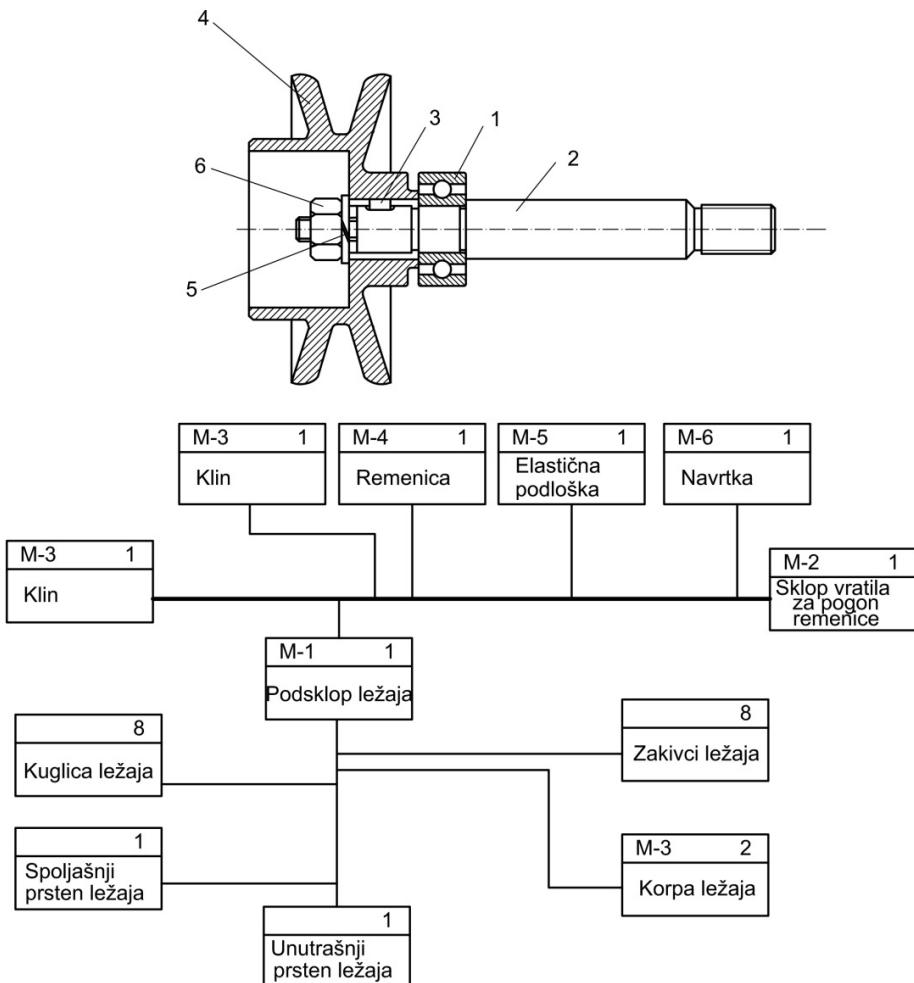
Baznim podsklopom se naziva podsklop kojim se započinje montaža veće celine (glavnog sklopa). Sklapanje montažne celine, sklopa ili podsklopa ne može se izvoditi bez utvrđenog redosleda. Tako npr. sigurnosni ventil koji je izведен sa čivijom može se sklapati ubacivanjem kuglice (1) u otvor tela (2), postavljanjem sabijene opruge (3) u isti otvor i upresovanjem čivije (4) (sl. 5.112).

• Šema montaže

Tehnološki proces montaže preporučljivo je izraditi na osnovu logičke višestepene šeme. Prilikom izrade montažne šeme, proizvod ili mašina koja će se opravljati deli se na glavne sklopove, montažne celine, podsklopove i elemente (delove).



Sl. 5.112. Redosled montaže



Sl. 5.113. Montažna šema remenice

Na osnovu ove strukturne šeme treba razraditi detaljnu montažnu šemu, koja kao montažno uputstvo jedinstveno utvrđuje ceo radni proces montaže. Takva detaljna montažna šema je prikazana na crtežu (sl. 5.113). Šema montaže može da sadrži u sebi i posebna uputstva koja se odnose na kontrolu međusobnog položaja pojedinih važnijih delova. Tako npr. može se propisati provera tačnosti okretanja remenice (rad bez „udara“).

Montažna skica - šema izrađuje se na taj način da se u njoj pojedine grupe (sklopovi i podsklopovi i delovi) budu prikazani onim redosledom kojim će i u stvarnosti učestvovati u procesu montaže.

Na montažnoj šemi se pravougaonicima označava svaki deo, sklop i podsklop mašine,

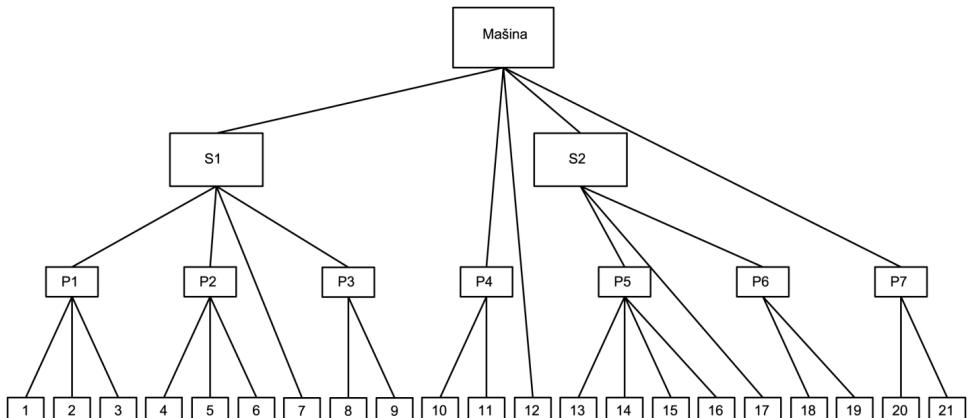
i u te pravougaonike se upisuju naziv dela, broj komada i oznaka dela koja je naznačena na konstrukcionom crtežu.

- *Sistemi montaže*

Montažni radovi maštine u postupku opravke se mogu organizovati po principu centralizovanja ili podele poslova. U slučaju odvijanja poslova po principu centralizacije, montažu jedne maštine od početka do kraja obavlja jedan radnik ili jedna grupa. Primjenjuje se u slučaju da je montaža komplikovana i radno intenzivna (vreme montaže je dugotrajno). Kod ovog načina monter treba da raspolaže sa univerzalnim znanjem. Primena ovog načina se obično preporučuje kod malog broja maština ili pojedinačne opravke. Kod većeg broja maština ovaj način znatno poskupljuje opravku.

Ukoliko montažu umesto jednog izvodi grupa radnika, tada se može uštedeti na vremenu montaže, prostoru itd. Prema iskustvu iz prakse članovi grupe u izvesnom stepenu sami vrše raspodelu poslova montaže³⁰.

Prema principu raspodele posla, montažni proces se deli na radove montaže glavnih sklopova i završnu montažu maštine. Ovom podelom se može vreme montaže maštine skratiti s obzirom na to da montažu svakog glavnog sklopa, kao i završnu montažu, paralelno izvodi više radnika istovremeno. Ukoliko se mašina rasklopi u samostalne montažne jedinice, tada sve operacije montaže može da izvodi poseban radnik. Montaža je neprekidna, poslove pojedini radnici predaju iz ruke u ruku. Kod ovog načina grupa delova koja se sklapa pomera se od radnog mesta do radnog mesta, ili se radnici pomjeraju dolazeći po određenom redosledu do grupe delova koji ostaju na mestu.



Sl. 5.114. Strukturalna šema montaže
1, 2, 3...-deo, P1, P2...-podsklop, S1, S2-sklop

³⁰ Na taj način ovde već dolazi do izražaja „princip raspodele“, što dovodi do ubrzanja odvijanja celokupnog procesa montaže i skraćivanja vremena.

U prvom slučaju govori se o pokretnoj montaži, a u drugom o montaži na mestu (nepokretna montaža).

Pokretnu ili mobilnu montažu karakteriše to što se radni komad kreće sa radnog mesta na radno mesto. Radnici se stalno nalaze na jednom radnom mestu gde izvode uvek iste radevine montaže. U ovom slučaju, na svako radno mesto koje je opremljeno potrebnim alatom i opremom dostavlja se deo, podsklop ili sklop koji će se montirati.

Nepokretnu montažu (vezanu za mesto) karakteriše to što za sve vreme trajanja montaže mašina ili montažna celina ostaje na istom radnom mestu. Sastavljeni delovi (skloovi) dostavljaju se na to radno mesto i tu dolaze monteri sa potrebnim alatom i opremom.

Proces montaže u oba slučaja je neprekidan. Montažni radovi organizovani na principu raspodele poslova imaju tu prednost da radnik stalno izvodi iste operacije, te u vrlo kratkom vremenu stiče veliku rutinu, a time i pojedine detalje montažnih radova izvodi lakše i za kraće vreme.

Osnovni zahtev izvođenja montažnih radova po principu „montažne trake“ jeste da vreme svakog radnog takta na svim radnim mestima trake bude istovetan.

Kod nepokretnе montaže pri postavljanju vremenske norme treba uzeti u obzir međusobnu udaljenost između radnih mesta.

Na odluku o izboru i primeni jednog od navedenih načina organizovanja montažnih radova utiču više činilaca kao što su: brojno stanje radioničkog osoblja, veličina radionice, brojnost tipova i ukupan broj mašina.

5.10. REGENERACIJA MAŠINSKIH DELOVA

U dosadašnjoj praksi bilo je uobičajeno da ukoliko usled habanja dođe do istrošenja delova van dozvoljenih granica, deo se odbacuje (škartira) i ugrađuje se novi³¹. U određenom broju slučajeva, moguće je istrošeni deo regenerisati uz minimalno ulaganje dodatne energije koja je znatno manja od one koja je potrebna za izradu novog dela. Osim toga, regeneracijom je moguće izvršiti poboljšanje slabih mesta nanošenjem sloja materijala koji će biti otporniji na uticajne faktore koji su doprineli habanju.

Pod **regeneracijom** se podrazumeva dovođenje mašinskog dela u prvobitno stanje, kako po geometriji i dimenzijama, tako i po kvalitetu materijala. Istrošeni mašinski delovi se regenerišu tako da se na mestima koja su istrošena u procesu rada nanese materijal istih ili boljih svojstava, te da se završnom obradom u potpunosti postignu dimenzije originalnog dela. Sem regeneracije istrošenih mašinskih delova, uspešno je moguće regenerisati delove koji su polomljeni ili napukli. Pored regeneracije istrošenih i polomljenih delova pojedini postupci regeneracije, koriste se i sa ciljem poboljšanja određenih mehaničkih ili drugih osobina novih (originalnih) delova.

³¹ Za izradu novog dela potrebno je utrošiti istu količinu energije kao i za deo koji se škartira.

Prednost regeneracije mašinskih delova ogleda se u:

- Cena regenerisanog dela često se kreće u granicama od 20-30% od cene originalnog dela (ne mora biti pravilo).
- Regeneracijom se smanjuje vreme stajanja mašine tj. postiže se brza i efikasna opravka mašine (ovo dolazi do izražaja kada se na rezervni deo čeka duže vreme).
- Uvodjenje regeneracije pri remontu omogućava smanjenje zaliha rezervnih delova (smanjenje angažovanih finansijskih sredstava).
- Regeneracijom se pojedina svojstva regenerisanih delova mogu poboljšati, a što utiče na duži vek trajanja tog dela ili sklopa.
- Regeneracijom se postiže energetska ušteda jer se za regeneraciju nekog mašinskog dela koristi manje energije nego za izradu novog.

Ako se sa stanovišta kvaliteta regenerisanog dela utvrdi da se regeneracija može uspešno obaviti, potrebno je pre izvođenja regeneracije konačnu odluku doneti tek nakon sagledavanja ekonomске opravdanosti konkretnе regeneracije. Pri donošenju ove odluke se najčešće koristi relacija:

$$\frac{C_r}{t_r} \leq \frac{C_n}{t_n} \quad \dots(5.1.)$$

gde je:

C_r - cena koštanja regenerisanog dela,

C_n - cena koštanja novog dela,

t_r - vek trajanja regenerisanog dela,

t_n - vek trajanja novog dela.

Od gore navedene relacije u praksi se nekada odustaje zbog uticajnih faktora koji nisu njom obuhvaćeni, kao što su: smanjenje vremena stajanja mašine, nedostatak rezervnih delova na tržištu, ušteda deviznih sredstava itd.

5.10.1. Metode regeneracije

U sklopu remonta i održavanja poljoprivredne tehnike koriste se dve osnovne metode regeneracije i to mehaničke i toplinske metode.

5.10.1.1. Mehaničke metode regeneracije

Čaurenje (Primenjuje se pri regeneraciji delova koji nisu posebno dinamički opterećeni. Istrošeni delovi se obrađuju, a predviđeni zazor se obezbeđuje ubacivanjem čaure.),

Trajna deformacija (Najpoznatiji vid ovakve metode je iskivanje, npr. iskivanje raonika, crtala, klinova itd.).

Obrada na popravnu meru (Ova metoda je ograničena kod materijala koji su termički

obrađeni. Metoda se sastoji od obrade struganjem ili brušenjem na prvu popravnu meru (specijalu).

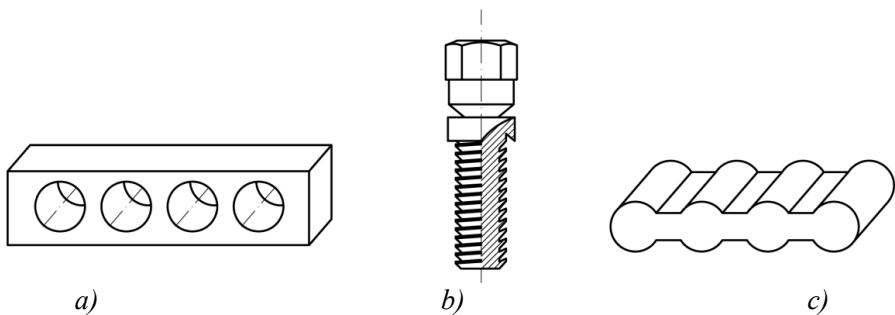
„Metalock“ sistem predstavlja postupak opravke pukotina nastalih na livenim delovima izrađenim od livenog gvožđa, livenog čelika ili aluminijuma. Prednost ove metode je što se ne vrši zagrevanje delova koji se repariraju. Sam postupak je moguće izvesti bez rasklapanja mašine. Postupak podrazumeva utiskivanje specijalno dizajniranih umetaka (ključeva) i vijaka u prethodno pripremljene rupe duž (vijci) i popreko (umetci) na pravac pukotine. Umetci i vijci se izrađuju od legure čelika i nikla, koja je vrlo kovna.

Na slici 5.115. dat je postupak regeneracije napravljene „metalock“ sistemom. Kada se utvrdi postojanje pukotine vrši se bušenje rupa na odgovarajućem rastojanju, u pravcu upravnog na pravac prostiranja pukotine. Prečnik i rastojanje između rupa odgovara dimenzijama umetka koji se primjenjuje. U setu alata za „metalock“ sistem reparacije dobija se odgovarajući alat (šablon) za određivanje tačnog položaja rupa (njihovo osno rastojanje). Nakon bušenja rupa, vrši se prosecanje materijala između njih i utiskivanje pripadajućeg umetka (na raspolaženju je pet standardnih dimenzija umetaka).



Sl. 5.115. „Metalock“ postupak reparacije pukotine (izvor: Metalock Engineering DE-Metalock repairs)

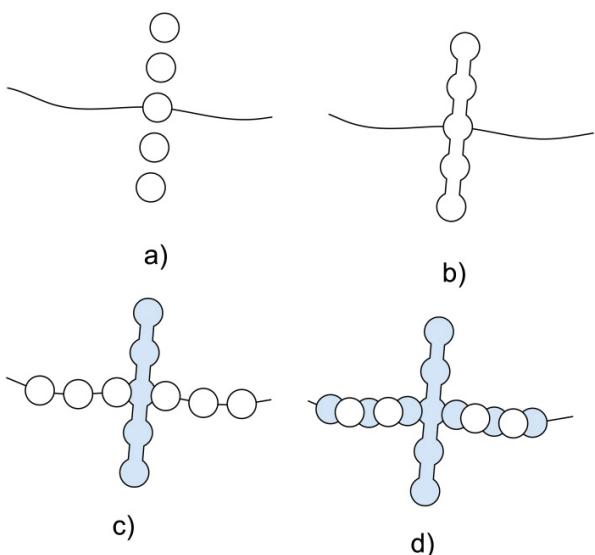
1-bušenje rupa upravno na pravac prostiranja pukotine, 2-šablon za određivanje rastojanja između rupa, 3-rupe izbušene u pravcu upravnog na pravac pukotine, 4-prosecanje izbušenih rupa, 5-standardizovani umetak, 6-bušenje rupa u zoni pukotine-u pravcu pukotine na određenom rastojanju (manjem od prečnika vijka), 7-izrada navoja u izbušenim rupama u koraku 6, 8-uvrtanje vijaka, 9-bušenje rupa, izrada navoja i uvrtanje vijaka u zoni između dva vijka uvrnuta u prethodnim fazama, 10-izravnavanje površine pomoću pomoću dleta, 11-brušenje površine



Sl. 5.116. Pribor za „Metalock“ sistem reparacije
a-šablon, b-vijak, c-umetak

Nakon utiskivanja ključa, buše se rupe preko pukotine, u pravcu njenog prostiranja. Rastojanje između ovih rupa je proizvoljno. Bitno je da rastojanje bude manje od prečnika vijaka, čime će se obezbediti u narednim fazama preklapanje vijaka, a time i potpuno zaptivavanje pukotine. Nakon izrade navoja u izbušenim rupama uvrću se specijalno dizajnirani vijci. Vijci su dizajnirani tako da im glava pukne kada se dostigne određeni moment pritezanja. Nakon uvrтанja prve grupe, uvrće se druga grupa vijaka između vijaka uvrnutih u prvoj fazi. Nakon završenog uvrtanja vijaka duž pukotine površina se poravnava (grubo pomoću dleta i fino brušenjem).

„*Helicoil*“ sistem je brz način reparacije pohabanog unutrašnjeg navoja kućišta mašina. Navoj repariran ovom metodom bolje podnosi opterećenje u odnosu na originalni. Reparacijom navoja ovom metodom moguće je korišćenje istog vijka. Reparacija se vrši tako što se najpre rupa u kojoj je pohaban navoj razvrti na prvu veću dimenziju i u njoj ureže navoj. U izrađeni navoj uvrne se specijalno dizajnirani „*helicoil*“ umetak (sl. 5.118.).



Sl. 5.117. Koraci prilikom reparacije metalock postupkom

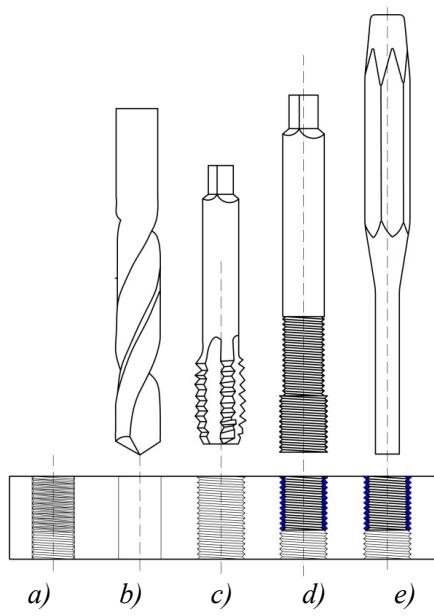
a-rupe izbušene upravno na pravac pukotine, b-prosečene rupe za umetak, c-rupe za prvu grupu vijaka, d-rupe za drugu grupu vijaka

„Helicoil“ umetak je žičana zavojnica izrađena od nerđajućeg čelika (zaštićen slojem molibden-disulfata u cilju povećane zaštite od korozije) tvrdoće 43-50 HRC, zatezne čvrstoće 30-40 MPa, otporna na temperaturne opsege od -160 do 430°C. Helicoil umetak izrađuje se u dimenzijama od M2 do M39 (tab. 5.5).

Nakon uvrтанja „helicoil“ umetka primenom pogodnog alata, odlama se početni deo zavojnice. Početni deo zavojne žice dizajniran je tako da se zavojnica može zahvatiti i uvrnuti primenom specijalnog alata (uvrtača). Nakon odlamanja kraja, zavojnica je spremna za eksploraciju uz visok stepen osiguranja od samoodvrtanja. O pouzdanosti ovog sistema reparacije govori u prilog činjenica da mnogi renomirani proizvođači koriste ovaj sistem u prvoj ugradnji (Ford, Cummins, BMW, Porche...)³².



Sl. 5.118. „Helicoil“ umetak
1-početak zavojnice namenjen uvrtanju umetka, 2-žljeb (oslabljeno mesto na umetku omogućava lako i precizno odlamanje početka zavojnice

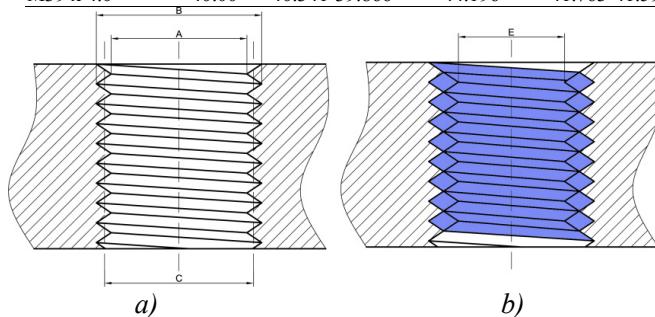


Sl. 5.120. Tehnološki proces reparacije navoja primenom „helicoil“ umetaka
a-pohabani navoj, b-razbušivanje rupe (otvora), c-izrada navoja, d-uvrtanje „helicoil“ umetka, e-lomljenje početka umetka

³² Američka vojska u svojim borbenim vozilima koristi ovaj tip zavojnica u prvoj ugradnji (primenu „helicoil“ zavojnica definisali su standardom MIL-I-8846 i MIL-N-25027)

Tab. 5.5. Standardne dimenzije „helicoil“ umetaka

Veličina	Prečnik rupe	Izbušena rupa				Min. prečnik umetka E
		A	B	C (klasa 5H)	C (klasa 6H)	
M2 x 0.4	2.1	2.177-2.087	2.520	2.295-2.260	2.310-2.260	1.567
M2.2x0.45	2.30	2.397-2.297	2.785	2.532-2.492	2.547-2.492	1.713
M2.5x0.45	2.60	2.697-2.597	3.085	2.832-2.792	2.847-2.792	2.013
M3 x 0.5	3.10	3.220-3.108	3.650	3.367-3.325	3.384-3.325	2.459
M3.5 x 0.6	3.60	3.755-3.630	4.279	3.940-3.890	3.959-3.890	2.850
M4 x 0.7	4.10	4.292-4.152	4.909	4.509-4.455	4.529-4.455	3.242
M4.5x0.75	4.70	4.812-4.662	5.474	5.039-4.987	5.059-4.987	3.688
M5 x 0.8	5.20	5.333-5.173	6.039	5.577-5.520	5.597-5.520	4.134
M6x 1.0	6.20	6.406-6.216	7.299	6.719-6.650	6.742-6.650	4.917
M7 x 1.0	7.20	7.406-7.216	8.299	7.719-7.650	7.742-7.650	5.917
M8x 1.0	8.20	8.406-8.216	9.299	8.719-8.650	8.742-8.650	6.917
M8x 1.25	8.30	8.483-8.271	9.624	8.886-8.812	8.912-8.812	6.647
M9 x 1.25	9.30	9.483-9.271	10.624	9.886-9.812	9.912-9.812	7.647
M10x 1.25	10.30	10.483-10.271	11.624	10.886-10.812	10.912-10.812	8.647
M10x 1.5	10.30	10.561-10.325	11.949	11.061-10.974	11.089-10.974	8.376
M11 x 1.5	11.30	11.561-11.325	12.949	12.061-11.974	12.089-11.974	9.376
M12 x 1.25	12.30	12.483-12.271	13.624	12.898-12.812	12.926-12.812	10.647
M12x 1.75	12.40	12.644-12.379	14.273	13.236-13.137	13.271-13.137	10.106
M14x 1.5	14.30	14.561-14.325	15.949	15.067-14.974	15.099-14.974	12.376
M14 x 2.0	14.50	14.733-14.433	16.598	15.406-15.299	15.444-15.299	11.835
M16x 1.5	16.25	16.561-16.325	17.949	17.067-16.974	17.099-16.974	14.376
M16 x 2.0	16.50	16.733-16.433	18.598	17.406-17.299	17.444-17.299	13.835
M18x 1.5	18.25	18.561-18.325	19.949	19.067-18.974	19.099-18.974	16.376
M18 x 2.0	18.50	18.733-18.433	20.598	19.406-19.299	19.444-19.299	15.835
M18 x 2.5	18.50	18.896-18.541	21.248	19.738-19.624	19.778-19.624	15.294
M20x 1.5	20.25	20.561-20.325	21.949	21.067-20.974	21.099-20.974	18.376
M20 x 2.0	20.50	20.733-20.433	22.598	21.406-21.299	21.444-21.299	17.835
M20 x 2.5	20.50	20.896-20.541	23.248	21.738-21.624	21.778-21.624	17.294
M22x 1.5	22.50	22.561-22.325	23.949	23.067-22.974	23.099-22.974	20.376
M22 x 2.0	22.50	22.733-22.433	24.598	23.406-23.299	23.444-23.299	19.835
M22 x 2.5	22.50	22.896-22.541	25.248	23.738-23.624	23.778-23.624	19.294
M24 x 2.0	24.25	24.733-24.433	26.598	25.414-25.299	25.454-25.299	21.835
M24 x 3.0	24.75	25.050-24.650	27.897	26.093-25.949	26.135-25.949	20.752
M27 x 3.0	27.50	28.050-27.650	30.897	29.093-28.949	29.135-28.949	23.752
M30 x 3.5	30.50	31.208-30.758	34.547	32.428-32.273	32.472-32.273	26.211
M33 x 3.5	33.50	34.208-33.758	37.547	35.428-35.273	35.472-35.273	29.211
M36 x 4.0	37.00	37.341-36.866	41.196	38.763-38.598	38.809-38.598	31.670
M39 x 4.0	40.00	40.341-39.866	44.196	41.763-41.598	41.809-41.598	34.670



Sl. 5.119. Dimenzije „helicoil“ umetaka (uz tabelu 5.5)
 a-dimenzije navoja izrađenog u materijalu, b-dimenzija „helicoil“ umetka

5.10.1.2. Toplinske metode regeneracije

Zavarivanje i navarivanje

Postupak zavarivanja i navarivanja primenjuje se prilikom zavarivanja napuklih ili polomljenih kućišta mašinskih delova ili navarivanja istrošenih mašinskih delova. Prilikom primene tog postupka razlikuju se postupci elektrolučnog i gasnog zavarivanja i navarivanja.

Metalizacija

U remontnoj delatnosti se koriste različiti postupci metalizacije, a najčešće hladan postupak metalizacije prahom i žicom i topli postupak metalizacije prahom.

Osim takozvane remontne metalizacije, često se koristi i antikoroziona zaštita metalizacijom, plastifikacijom ili pak antikoroziona zaštita metalnim presvlakama (hromiranje, niklovanje...). S obzirom na vezivanje nanešenog sloja sa osnovnim slojem, pri metalizaciji se razlikuje nekoliko vrsta vezivanja:

- **Mehaničko vezivanje:** nanešeni sloj čini zasebnu celinu, a veza se ostvaruje putem sile trenja pri montaži.
- **Athezionario vezivanje:** nanešeni sloj u znatnoj meri ispunjava neravnine na osnovnom materijalu. Pod mikroskopom se jasno uočava granica vezivanja.
- **Difuzno vezivanje:** atomi nanešenog sloja prodiru u rešetku osnovnog materijala, te se na mestu spoja formira nova legura.
- **Koheziono vezivanje:** atomi nanešenog i osnovnog sloja stvaraju zajedničku rešetku, te se na poprečnom preseku materijala, gledano pod mikroskopom, ne uočava nikakva prelazna granica.

5.10.1.2.1. Navarivanje

Navarivanje je nanošenje dodatnog materijala topljenjem na osnovni materijal, sa ciljem vraćanja na početne dimenzije istrošenih površina ili povećanja njihove otpornosti na habanje. Za navarivanje se koriste isti postupci kao kod zavarivanja. U slučaju da se postupak navarivanja primenjuje za regeneraciju delova i kao zaštita od habanja, tada je izbor odgovarajuće legure za zaštitu veliki problem zbog velikog broja legura (nekoliko hiljada se primenjuje za navarivanje) i različitih uslova u kojima rade delovi.

U tabeli 5.2. je data klasifikacija i tipične vrste legura za zaštitu od habanja sa hemijskim sastavom legure tvrdoćom navara i metodom navarivanja koju je moguće primeniti.

Glavni kriterijumi prilikom izbora materijala za tvrdo navarivanje su:

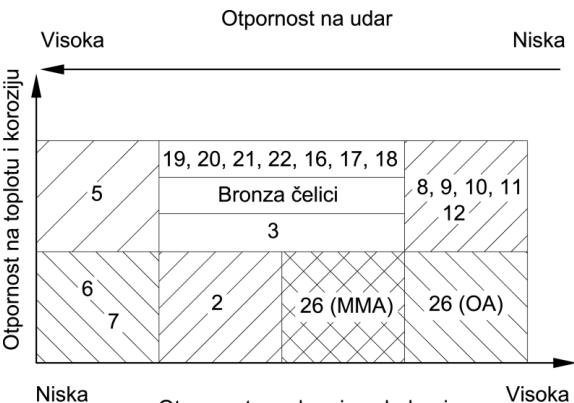
- otpornost na abrazivno habanje (kod malih naprezanja i velikih abrazivnih opterećenja biraju se legure sa karbidnom komponentom-zbog velike otpornosti na habanje),

Tab. 5.2. Klasifikacija i tipične vrste legura za zaštitu od habanja (Stanivuković D., Kecojević S, 1984.)

R. br	Materijal	Legirajući elementi						Metode navaranja										
		C	Cr	Mn	Mo	V	W	Co	Ni	B	Nb	Cu	do 250	* * *	MMA	FCAW	TIG	SA
1	Uglenični čelici	0.35		*	*	*	*	*	*	*	*	*	250-650	* * *	* * *	* * *		
2	Niskoleg. uglečelići	0.1-0.5	*										350-650	* * *	* * *	* * *		
3	Martenit Cr čelici	0.1-1.7	10-15	*	*	*	*	*	*				600-700	* * *	* * *	* * *		
4	Brzorezni čelici	0.3-1.5	max 10	5	10	3	20						(1) 200					
5	Austenitni čelici	0.07-0.2	17-32	*									(2) 600					
6	Austenit Mn čelici	0.5-1.0	*	11-16	*	*	*						(1) 200	*				
7	Aust. Cr-Mn čelici	0.3-0.5	12-15	12-15	*	*	*						(2) 600	*				
8	Austenitno gvožđe	4	12-20	*		*							300-600	*				
9	Martenit gvožđe	1-4	1-10	*	*	*							500-750	*				
10	Cr auten. gvožđe	3-6	20-40	*	*	*							500-750	*				
11	Cr mantenz. gvožđe	2-3	20-30	2									500-750	*				
12	Cr kompleks gvožđe	2-5	20-40	*	*	*							600-800	*				
13	Nikl	2		1									Min 85 (8% Fe)	160	*			
14	Nikl bakar	0.35-0.55		2.5									60-70 (3-6% Fe)	25-50	130	*		
15	Niki gvožđe	2		1									45-60 (do 100% Fe)		200	*		
16	NiMoCrW	2.5	max 30		17								ostatak	7(6% Fe)	200-500	*	*	*
17	NiCrB	*	5-25		*								I-5		200-500	*	*	*
18	NiMoFe				20-30								ostatak	(5-20% Fe)	200-300	*		
19	CoCrW nisko legirana legura	0.7-1.4	25-32			3-6		Ostat.						350-400	*	*	*	*
20	CoCrW srednje legirana legura	1.0-1.7	25-32			7-10		Ostat.						400-500	*	*	*	*
21	CoCrW visoko legirana legura	1.7-3.0	25-35			11-		Ostat.						500-650	*	*	*	*
22	CoCrWNi legure	1.2-2.0	20-25			20		Ostat.						390-450	*	*	*	*
23	Mesing					10-							Do 40% Zn, ostatak Cu	130	*			
24	Si bronze					15							Do 4% Si, ostatak Cu	80-100	*			
25	Al bronze												8-15% Al, ostatak Cu	130-139	*			
26	Sni bronsa												4-12% Sn, ostatak Cu	40-110	*			
27	Volfiram karbidi												Minimално 40% granulisanog vofram karbida u matrici od gvožđa ili u matrici od Cu, Co ili nerđajućeg čelika	1800	*	*	*	*

O-4-oksacilenska metoda, MMA ručno elektročučno navaranje (elektrodni), MG-Navaranje u inertnom zastitnom gasu, FC-W-navaranje pod prahom, TG-navaranje W elektrodom u inertnom zastitnom gasu, SA-navaranje pod troškom, (1)-tvrdota posle navaranja, (2)-tvrdota usled ovdrijevanja u radu

- otpornost na udar (kod velikih udarnih opterećenja biraju se legure sa manjom tvrdoćom i povećanom žilavošću),³³
- otpornost na toplotu i koroziju se ne isključuju međusobno, jer isti tip legure može dobro podneti i toplotu i koroziju.



Sl. 5.121. Kriterijumi za izbor materijala za navarivanje (brojevi se odnose na redni broj materijala iz tabele 6.2) (izvor: Stanivuković D., Kecanjević S, 1984.)

5.10.1.2.2. Regeneracija odlivaka hladnim zavarivanjem

Ovim postupkom se uspešno regenerišu pukotine i lomovi od sivog liva i aluminijuma. Pri regeneraciji mašinskih delova poljoprivrednih mašina, uglavnom se primenjuje metoda hladnog zavarivanja sivog liva. Postupak se sastoji od dva osnovna procesa:

- Priprema mesta pucanja za zavarivanje (Pre svakog zavarivanja mesto se priprema na taj način da se otklone sve oštре ivice i uglovi radi onemogućavanja stvaranja uslova za pojavu unutrašnjih napona. Pukotina se izdubi specijalnim elektrodama, brušenjem ili dubljenjem.)
- Zavarivanje pukotine

Da bi zavarivanje dalo kvalitetne rezultate potrebno je:

1. koristiti tanke elektrode uz minimalnu jačinu struje, kako bi topotno opterećenje bilo minimalno,
2. dužina var koja se kontinuirano navaruje, ne sme biti duža od desetostrukе debljine elektrode (25-30 mm).

Oba ova zahteva potrebno je zadovoljiti radi što manjeg topotnog opterećenja var, odnosno da odlivak u području oko varu ostane „hladan“ (može se slobodnom rukom dodirnuti). Prilikom zavarivanja različitih kućišta, pogotovo onih koja moraju biti nepropusna, potrebno je odmah nakon zavarivanja kontrolisati nepropusnost varu. U praksi se to najbolje kontroliše posebnim sredstvom male površinske napetosti koje dobro prodire kroz eventualno porozan var.

³³ Otpornost na abraziju i udar se međusobno isključuju

Elektrode za ižlebljivanje pukotina imaju pri stvaranju električnog luka sposobnost oduvavanja. Radi takvog delovanja elektroda, otopljene čestice metala se oduvavaju u smeru električnog luka, a ujedno se hlađi žleb, te smanjuje toplotno opterećenje koje stvara električni luk.

Elektrode za hladno zavarivanje sivog liva uglavnom su sve na bazi velikog sadržaja nikla ili gotovo čistog (99,5 %) nikl jezgra. Čist nikl nije pogodan za zavarivanje jer se teško spaja sa odlivcima od sivog liva a koji imaju veliki sadržaj ugljenika (2,2 do 3,7%). Elektrode se odlikuju velikim koeficijentom istezanja (30%) legirajućih elemenata i većom čvrstoćom od sivog liva (55 do 60 daN/mm²). Veliki koeficijenat istezanja je pogodan pri toplotnoj dilataciji koja nastaje kod zavarivanja usled dejstva električnog luka.

Prilikom nanošenja prvog sloja dolazi do otapanja i mešanja osnovnog materijala i osnovnog sloja, te na mestu spajanja dolazi do izdvajanja ugljenika u obliku cementita, što može prouzrokovati pukotine i pad čvrstoće varu. Radi toga se nakon nanošenja prvog varu, još u topлом stanju, intenzivno udara var čekićem radi normalizacije strukture. Elektrode sa visokim sadržajem nikla upotrebljive su samo kod zavarivanja odlivaka sa debljinom zidova od 5 do 15 mm. Pri zavarivanju odlivaka sa debljim zidovima koriste se elektrode sa nižim sadržajem nikla ili se pak prva dva do tri vara izvode sa elektrodama koje imaju visok sadržaj nikla a popuna žljeba se izvodi sa elektrodama koje imaju niži sadržaj nikla (feronikl).

Ovim načinom se postiže dobra čvrstoća i kvalitet varu. Postupak navarivanja se sastoji u pripremi za navarivanje (ižlebljivanje) te kombinovanom zavarivanju po utvrđenom redosledu.

Ovim postupkom se ne mogu navarivati odlivci čija debljina zidova iznosi manje od 5 mm. Za takvu svrhu se koristi metod nanošenja metalnog praha sa velikim sadržajem nikla. Postupak se sastoji u tome da se zona oko pukotine očisti, predmet jednolično zagreje, na temperaturu oko 300°C a zatim se plamenikom nanosi metalni prah uz istovremeno stapanje. U fazi stapanja otopljeni prah popunjava pukotine i stvara kvalitetno vezivanje. Nakon zavarivanja, a sa ciljem ravnomernog i sporijeg hlađenja, predmet se stavlja u šljaku ili perliti prah. Ako se zavaruju kućišta, gde je do kvara došlo usled loma, zavarivanje se izvodi tako da se nastala šupljina zatvara mekim čeličnim limom koji se privari uz kućište.

5.10.1.2.3. Metalizacija

Metalizacija je proces nanošenja rastopljenog metala na oštećenu površinu rasprskivanjem. Metal se nanosi specijalnim uređajima i raspršuje se vazduhom pod pritiskom na čestice veličine 0,01-0,015 mm. Velika brzina čestica (120-300 m/s) i kratko vreme leta izraženo u hiljaditim delovima sekunde uslovjavaju u momentu udara plastičnu deformaciju i na taj način popunjavanje neravnina na površini. Spajajući se sa osnovnim materijalom stvaraju kompaktan spoj. Nakon nanošenja prvog sloja, ponovo se vrši nanošenje tako da je moguće dobiti debljinu nanetog sloja

od 0,03 do 10 mm.

Tehnologija *termičkog prskanja* je stara. Još 1909. godine *H. V. Šop* otkrio je da se raspršeno (prethodno rastopljeno) olovo naprskano na površinu nekog metala vezuje za tu površinu. Utvrdio je da vezivanje omogućuje sila adhezije. Prvo vrednovanje ovog postupka počelo je 1915. godine u Nemačkoj. Tada su na osnovni materijal naneli slojeve aluminijuma, cinka i bakra. Razvijen je i prvi pištolj za metalizaciju žicom i plamenom.

U poslednjih 30 godina radilo se intenzivno na razvoju ove tehnologije pošto je razvoj tehnike pred nju postavljao sve složenije zadatke. Razvijeni su postupci novijeg datuma, kao supersonično prskanje.

Metalizacijom nanešene prevlake služe u razne svrhe. Osim primene za povećavanje mera radnog komada radi regeneracije mašinskih delova, danas se metalizacija koristi i u visokoserijskoj proizvodnji, kao što je metalizacija viljuški menjača molibdenom, nanošenje molibdena na klipne prstenove motora SUS i dr. Metalizacija je danas takođe u svakodnevnoj primeni u antikorozivnoj zaštiti.

Postupci metalizacije mogu se podeliti prema:

- vrsti nosioca energije (metalizacija plamenom, električnim lukom i plazma postupkom),
- prema obliku dodatnog materijala (metalizacija žicom, prahom i štapovima) i
- prema intenzitetu zagrevanja osnovnog materijala (hladni i topli postupak)

Metalizacija prahom u plamenu kiseonika i acetilena je najčešće primenjivani postupak metalizacije. Glavni razlog za to je najniža cena investicije u opremu koja se relativno brzo može isplatiti. Dodatni materijal u vidu metalnog praha je skuplji od žice, te je preporučljiva primena metoda pomoću žice na svakom mestu gde se regeneracija mašinskih delova radi redovno u toku čitave godine. Pištolj za raspršivanje se priključuje na isti izvor kiseonika i acetilena koji se koristi i pri gasnom (autogenom) zavarivanju. Nepostojanje posebnih zahvata u pogledu obezbeđenja energijom ovoga procesa, predstavlja takođe bitnu prednost ovog postupka. Primena postupka je veoma široka. Od opreme stoji na raspolaaganju širok izbor od one za serijsku proizvodnju do najjednostavnijih pištolja za raspršivanje. U poljoprivredi se koristi za regeneraciju delova mašina, a osim toga našla je primenu u nanošenju tvrdih abrazivno otpornih slojeva na radne elemente poljoprivrednih oruđa.

Metalizacija žicom u plamenu je postupak sličan metalizaciji prahom. Razlika je u dodatnom materijalu i u izvedbi opreme. Svaka metalizacija žicom je u suštini metalizacija hladnim postupkom, pošto je zagrevanje radnog komada minimalno, a najviše do 250°C. Nosilac energije je gas acetilen, a za lakše metale poput bele kovine koristi se gas propan. Gorivi gas sagoreva sa kiseonikom. Stvorena toplotna energija otapa žicu koja se dovodi u glavu pištolja. Komprimovani vazduh ubrzava čestice rastaljene mase i ujedno hlađi glavu pištolja. Primena metalizacije žicom u plamenu je veoma raširena (to je najstarija metoda metalizacije). Koristi se za regeneraciju mašinskih delova, za zaštitu od korozije nanošenjem cinka, aluminijuma ili njihovih legura. Industrijske varijante ove opreme su potpuno automatizovane i primenjuju se u

velikoserijskoj proizvodnji.

Supersonična metalizacija je postupak novijeg datuma (star oko 25 godina). Postupak je razvijen na ideji da se česticama koje se naprskavaju na veznu površinu, daje nadzvučna brzina. Primena ove metode se tek istražuje. Od plazma postupka postiže neke bolje efekte, kao što je sabijenost nanešenog sloja i znatno niža cena opreme. Nedostatak postupka u odnosu na plazma postupak je viši specifičan utrošak energije i otežana mogućnost metalizacije manje pristupačnih mesta.

Naprskavanje keramičkim štapovima je postupak star oko 30 godina. Sve više zamenjuje naprskavanje keramike na mašinske delove iz praškastih dodatnih materijala (postupak koji je danas raširen u primeni). Primena ove metode je u hemijskoj, elektro, tekstilnoj industriji i dr. Prednost ovog postupka u odnosu na naprskavanje pomoću praškova je u tome, što se prilikom naprskavanja iz praškova ostvaruju nehomogeni slojevi, a cena investicije i postrojenja je neuporedivo niža uz isti ili čak bolji kvalitet rada. Nedostatak postupka u odnosu na plazma prah postupak je teško manipulisanje pištoljem zbog većih gabaritnih dimenzija.

Metoda metalizacije električnim lukom je stara 30 godina, međutim tek su u poslednjih 15 godina aparati razvijeni do te mere, da se mogu koristiti bez zastoja u radu. Princip rada mašina bazira se na dovođenju dve žice u pištolj za raspršivanje. Preko kontaktnih vođica na uvedene žice spaja se struja potrebna za stvaranje električnog luka. Kako električni luk deluje, čestice rastopljene mase se transportuju na površinu komada. Primena ove metode je raširena i u stalnom je porastu. S energetskog stanovišta ekonomičnija je od drugih postupaka, a ujedno postiže najveće učinke (naprskava do 20 kg/h metala). Vezivanje čestica za površinu radnog komada je znatno bolje od drugih metoda koje se baziraju na otapanju (ono je približno isto kao kod supersoničnog naprskavanja i naprskavanja plazmom).

- *Postupak metalizacije*

Metalizacija prahom pomoću plamena

Kod ove metode, finozrnasti metalni prah se nanosi na površinu radnog komada. Metalizacija prahom pomoću plamena može biti topla i hladna.

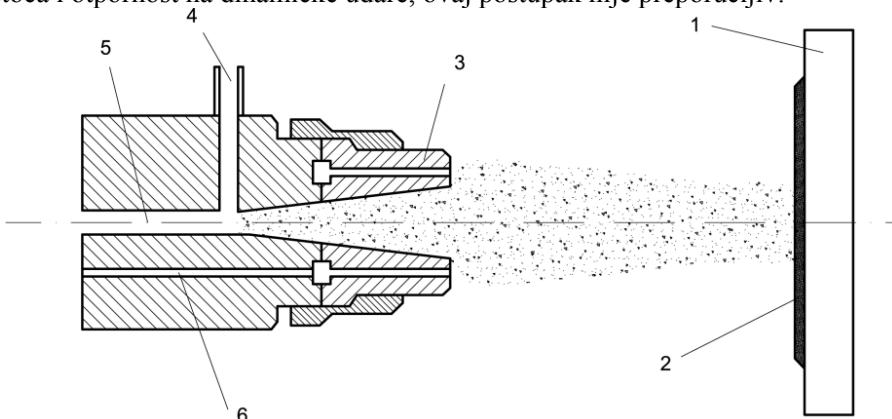
Hladni postupak metalizacije prahom pomoću plamena

Hladni postupak metalizacije prahom pomoću plamena sastoji se u nabacivanju metalnog praha pomoću neutralnog plamena koji nastaje sagorevanjem mešavine acetilena i kiseonika³⁴, pri čemu je oksidirajuće delovanje vazduha minimalno. Pod uticajem plamena u česticama metalnog praha dolazi do termičke reakcije te naglog porasta temperature čestica (temperatura premašuje temperaturu plamena). Čestice zagrejane na visoku temperaturu udaraju u predmet koji je znatno niže temperature (do

³⁴ Kod neutralnog plamena odnos kiseonika i acetilena je 1-1,2. Povećanjem količine kiseonika dobija se oksidirajući plamen, a acetilena redukujući plamen.

300°C) i ostvaruju mikrovezivanje bez značajnijeg povećanja temperature predmeta. Zbog minimalnog oksidirajućeg delovanja plamena, čvrstoća vezivanja nanešenog sloja je vrlo dobra. Velika prednost hladnog postupka metalizacije prahom pomoći plamena je u tome što temperature predmeta ne premašuje 300°C . Ovo je posebno značajno kod mašinskih delova koji su izrađeni od visokolegiranih materijala i materijala koji je termički obrađeni (posebno cementirani) jer ne dolazi do promene termičkih svojstava materijala i pada čvrstoće.

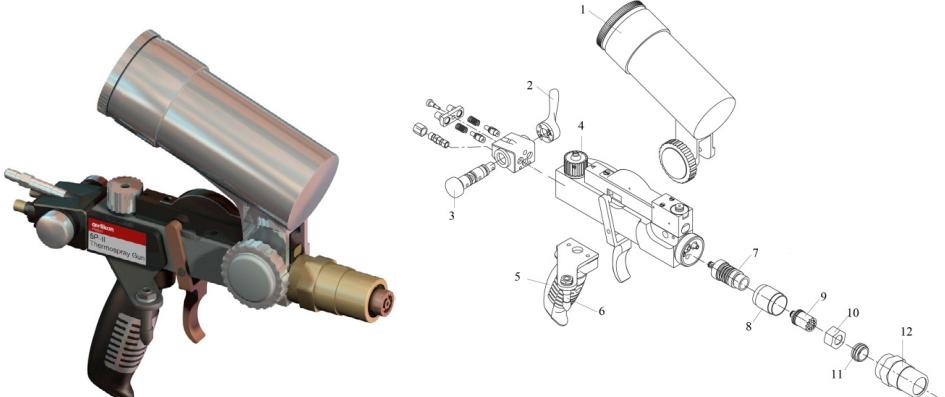
Kod kvalitetno izvedenog postupka, čvrstoća vezivanja dostiže vrednost od 200-400 daN/cm². Takođe, nanešeni sloj ima vrlo dobre klizne osobine i dobru otpornost na habanje. Ovaj postupak nalazi veliku primenu pri regeneraciji mašinskih delova gde dolazi do habanja usled okretanja kinematičkih parova, kao i kod mašinskih delova gde se traži visoka čvrstoća nanešenog sloja. Kod delova kod kojih se traži vrlo visoka čvrstoća i otpornost na dinamičke udare, ovaj postupak nije preporučljiv.



Sl. 5.122. Šematski prikaz glave pištolja za metalizaciju prahom pomoći plamena
1-površina osnovnog materijala, 2-dodatni (metalizirani sloj), 3-brizgaljka, 4-prah, 5-gorivi gas, 6-kiseonik

Sam pištolj se prikopčava na opremu za gasno (autogeno) zavarivanje. Nakon otvaranja dozirnog ventila, prah iz rezervoara praha dospeva u smešu kiseonika i acetilena. Delovanjem toplove prah prelazi u tečno stanje, rastopljene kapljice ubrzane od strujanja sagorelih gasova udaraju u površinu radnog komada, gde ostaju zapepljene. Tako nanešeni sloj je vezan za osnovnu površinu mehaničkim i adhezivnim silama.

Ovaj postupak se primjenjuje za regeneraciju i oplemenjivanje površina valjkastog oblika (uz jednolično okretanje radnog komada). Nanešeni sloj metala je porozan. Nakon postizanja odgovarajuće debljine nanešenog sloja, nanešeni plasti se obrađuju na konačnu meru.



Sl. 5.123. Pištolj za topli i hladni postupak metalizacije prahom pomoću plamena Metco 5P-II

1-rezervoar za prah, 2-ručica dozirnog ventila gasa, 3-dozirni ventil gase, 4-dozirni ventil praha, 5-ručica za držanje pištolja u ruci, 6-čivija za oslanjanje pištolja u nosaču, 7-mešač, 8-naglavak, 9-mlaznica, 10-navrtka mlaznice, 11-sapnica, 12-telo sapnice

(tehničke karakteristike: masa pištolja (bez praha i creva) 1,8 kg, potrošnja acetilena 13,5-31,5 NLPM³⁵, potrošnja vazduha: 0,85 m³/min pri 4,5 bar)

Tehnološka operacija hladnog postupka metalizacije obuhvata:

- pripremu radnog komada,
- predobrada oštećene površine,
- naprskavanje temeljnog sloja,
- naprskavanje pokrovnog sloja,
- obrada na finalnu meru i
- kontrola kvaliteta izvedenih radova.



Sl. 5.124. Nanešen završni sloj

Priprema radnog komada

Deo koji se podvrgava metalizaciji najpre treba temeljito očistiti od svih nečistoća, masti i ulja. Na očišćenom delu se izvršava defektaža, određivajući pri tome vrstu oštećenja (pazeći na nepravilnosti koje bi mogli onemogućiti regenerisanje³⁶). S

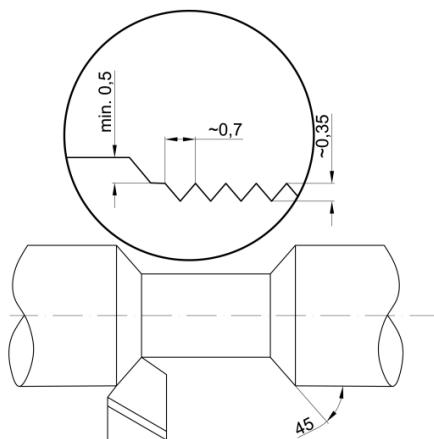
³⁵ NLPM- jedinica protoka gase, primenjuje se u Evropi i definiše protok gase na pritisku od 1 atm (101.325 kPa)

³⁶ Pukotine i dublja oštećenja isključuju mogućnost opravke, ovom metodom.

obzirom da se veza između osnovnog i dodatnog materijala ostvaruje putem adhezije, u cilju povećanja površinskog kontakta površinu osnovnog materijala je potrebno ogrubiti. Obrada (ogrubljavanje) se vrši najčešće na strugu bez primene sredstava za hlađenje i podmazivanje.

Predobrada oštećene površine

Radni komad se pre početka predobrade mora predgrejati na temperature od oko 40°C. Svrha ovog predgrejavanja je eliminacija kondenzacije vlage na komadu u toku rada. Predobrada oštećene površine se mora izvesti do te mere da se uklone sva vidljiva oštećenja. Kod okruglih delova treba ukloniti i eventualnu ovalnost. Preporučljivo je smanjiti meru tako da novonastali sloj, nakon obrade na konačnu meru, ima debljinu oko 0,5 mm.



Sl. 5.125. Priprema površine za metalizaciju na strugu

Nanošenje temeljnog sloja

Nakon pripreme treba da otpočne naprskavanje temeljnog sloja, a najkasnije za petnest minuta, inače postoji opasnost od korozije. Temeljni sloj se nanosi sa egzotermnim metalnim prahom. Potrebno je naneti sloj debljine 0,05 -0,1 mm (praktično da se tankim filmom prekrije čitava površina na koju se nanosi). Udaljenost sapnice pištolja za metalizaciju od radnog komada treba iznositi 15 -20 cm. U zavisnosti od prečnika radnog komada, podešava se pritisak gorivog gasa od 0,2 – 0,5 bara i kiseonika od 2,5 -3,5 bara. Obodna brzina radnog komada treba da iznosi 8-10 m/min.

Osnovna funkcija temeljnog sloja je da omogući kvalitetnu vezu između osnovnog materijala i konačnog materijala koji se nanosi. Da bi se izbeglo nepoželjno oblaganje osnovnog materijala (površine koje se ne podvrgavaju metalizaciji) mogu se ova mesta zaštитiti sa UTP lakom koji je postojan do 400°C. Za predgrevanje radnog komada preporučuje se redukujući plamen (plamen sa viškom acetilena) da bi se izbegla nedozvoljena oksidacija. Temperatura predgrevanja je 50-100°C.

Nanošenje završnog sloja

Završni sloj se naprskava odmah nakon naprskavanja temeljnog sloja, uz iste radne parametre do postizanja željene debljine sloja. Postavljanje pištolja nasuprot struga ima prednost jer se tako postiže ravnomernost, te ga treba koristiti gde god je moguće. Pomak pištolja treba da bude 7-8 mm/obrtaju.

Temperaturu radnog predmeta treba kontrolisati kontaktnim termometrom. Maksimalno dopuštena temperatura radnog predmeta je 250°C. Ukoliko se temperatura približi ovoj

granici, nanošenje se prekida i radni komad se hlađi u prirodnoj struji vazduha uz stalno okretanje na strugu. Maksimalna debljina nanešenog sloja zavisi od kvaliteta praha, a iznosi približno 1,5-2 mm. Zbog obrade na finalnu meru naprskava se za 0,2-0,3 mm veća debljina sloja.

Dodatni materijal za metalizaciju prahom – metalni praškovi izrađeni su od raznih legura, čestice imaju kugličasti oblik, a veličina im je od 80-120 µm. Kugličasti oblik čestice je potreban radi izbegavanja zapušenja u pištoljima. Praškovi predstavljaju mešavine različitih metala koje zavise od područja primene i željenih mehaničkih osobina.

Obrada na konačnu meru

Metalizacijom regenerisane površine koja će se ponovo osposobiti za rad, obrađuju se najčešće struganjem. Nanešeni slojevi tvrdoće veće od 300 HB se obrađuju brušenjem. Zbog relativno visoke mikroporoznosti ovi slojevi se kidaju pri obradi strugarskim nožem. Klizna ležišta se obrađuju struganjem ili brušenjem.

Karakteristično je da se prilikom struganja metaliziranih slojeva koji nisu naročito tvrdi, noževi mnogo brže tupe nego pri običnim strugarskim radovima. Tako na primer, prilikom struganja sloja od ugljeničnog čelika (0,4-0,6% C) bez podmazivanja i hlađenja noževi sa pločicom od tvrdog metalata, moraju se oštiti posle 8-15 minuta rada. Zbog toga se preporučuje struganje prvih čeličnih slojeva pomoću noževa s kružnim vrhom kao kod noževa za liveno željezo. Struganje slojeva cinka i aluminijuma može se vršiti brzinom rezanja do 60-70 m/min s dubinom rezanja do 1,0-1,5 mm i pomakom do 1,0 mm/obrtaju. Ako je u radu metalizirani sloj izložen



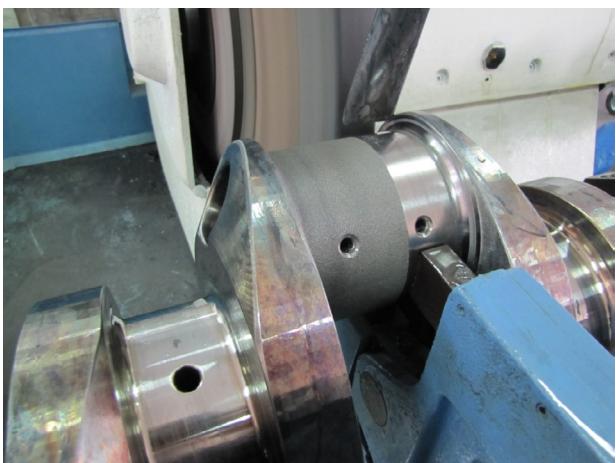
Sl. 5.126. Nanešen završni sloj na kolenasto vratilo



Sl. 5.127. Završno obrađen rukavac kolenastog vratila

trenju potrebno je posle obrade natopiti ga mazivom. Ovo se vrši na taj način što se deo drži nekoliko časova potopljen u mazivu koje je zagrejano na temperaturu 70-100°C.

Obrada metalizovanih slojeva može se vršiti i brušenjem kao samostalna ili kao završna obrada posle struganja. Po pravilu brušenje se primenjuje kod čelika sa velikim sadržajem ugljenika gde bi obrada struganjem bila nemoguća. Za brušenja metalizovanih površina preporučuje se primena krupnozrnastog kamena.



Sl. 5.128. Završna obrada kolenastog vratila
brušenjem

Karakteristike nanešenog sloja hladnim postupkom

Bitno svojstvo ovog postupka je da je izostavljeno stapanje osnovnog i dodatnog materijala nakon naprskavanja. Ovo određuje mogućnost primene ovog postupka. Mehanička čvrstoća metala za metalizaciju (odvojenog od osnove) znatno je manja nego kod livenih metala. Struktura nanešenog sloja je porozna. Poroznost iznosi 15-20 %, stoga tako nanešeni sloj može da apsorbuje ulje, zbog čega je veoma otporan na habanje i može da podnese duže vreme bez podmazivanja. Na toj osobini zasnovano je dobijanje specijalnih pokrivača od antifrikcionih pseudolegura koje se stvaraju kod jednovremenog naprskavanja dva ili više različita materijala. Takvi pokrivači se primenjuju u cilju štednje obojenih materijala. Takođe, zbog svojih dobrih osobina u potpunosti zamjenjuju bronzu i beli metal.

Naneti sloj ima, takođe, i nizak model elastičnosti (za čelik 70.000 N/mm²). Zbog toga se metalizovani slojevi odlično ponašaju u odnosu na statička opterećenja, ali samo u granicama elastičnih deformacija osnove.

U uslovima suvog trenja metalizirani slojevi ne zadovoljavaju. Elektroprovodljivost nanetog sloja, zbog stvaranja tankih slojeva oksida (do 0,1 mm) smanjuje se 8-10 puta. Vezivanje naprskanog sloja za osnovnu površinu omogućavaju adhezivne i mehaničke sile.

Područje primena postupka hladne metalizacije u regeneraciji mašinskih delova su mnogobrojna. U principu se primenjuje za popunjavanje istrošenih mesta na mašinskim delovima. Tako se postupak koristi za:

- regeneraciju mesta naleganja kugličnih ležajeva na vratilima, osovinama, kućištima i drugo,
- regeneraciju površina kliznih ležajeva, kako osovine tako i košuljice ležaja,

- regeneraciju tvrdo hromiranih površina i
- regeneraciju površina mašinskih delova na koje naležu zaptivke (semering).

Generalno, osnovne prednosti ovog postupka su:

- Prahovi sadrže u velikom procentu plemenite legirajuće elemente kao što su hrom, nikl, volfram, molibden, bakar i aluminijum tako da su otporni na koroziju i imaju vrlo dobra klizna i mazajuća svojstva,
- Izborom vrste praha se mogu varirati osobine nanešenog sloja prema željama u pogledu tvrdoće, otpornost na abrazivno habanje, tako da se metalizacijom često mogu zameniti postupci površinskog kaljenja, tvrdog hromiranja i pocinkovanja,
- Radni komad se zagrejava najviše do 250°C , tako da ne izaziva trajne strukturne ili dimenzione deformacije na komadu.

Nedostaci hladnog postupka su:

- Postupak se ne može primeniti na mašinskim delovima koji su površinski izloženi dinamičkim opterećenjima,
- Nije moguća primena ovog postupka na mestima koja su izložena koncentrisanom opterećenju u liniji ili tački (npr. kod igličastih ležajeva),
- Na mestima izloženim delovanju topote se ne može primeniti (npr. vratilo turbokompresora, sedište ventila motora i slično).

Topli postupak metalizacije prahom pomoću plamena

Tehnologija toplog postupka se razlikuje od tehnologije hladnog postupka. Najbitnija razlika je u tome što se nanešeni sloj u toku procesa nanošenja ili neposredno nakon nanošenja kratkotrajno zagreva do tečnog stanja, pri čemu je stvoren rastop u površinskom sloju osnovnog materijala. Temperatura topljenja legura metalnih prahova namenjenih za topli postupak je uvek niža za $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$ od temperature topljenja čelika i kreće se u intervalu $950\text{-}1100^{\circ}\text{C}$. Rastop na površini osnovnog materijala se ne meša sa njim. Prahovi za topli postupak su uvek legirani borom, silicijumom i niklom. Ovi elementi pomažu u procesu difuzije.

Pošto se nanešeni sloj rastapa, on prestaje da bude porozan. Difuziona veza nanešenog sloja sa površinom osnovnog materijala se ne može razdvojiti usled dinamičke ili druge vrste opterećenja.

Razlikuju se dva postupka tople metalizacije prahom u plamenu:

- Postupak sa direktnim stapanjem i
- Postupak sa naknadnim stapanjem.

Postupak sa direktnim stapanjem je postupak pri kojem se površina osnovnog materijala prvo pregreje na temperaturu stapanja ($950\text{-}1100^{\circ}\text{C}$), a zatim se naprska prah dodatnog materijala za metalizaciju kroz sapnicu gorionika kojom je površina zagrevana.

Kod postupka sa naknadnim stapanjem najpre se na pripremljenu površinu naprska jedan sloj metalnog praha, najviše $0,5\text{ mm}$ debljine sloja, a potom se sloj stapa. Ako

postoji potreba za nanošenje veće debljine, onda se postupak ponavlja u potrebnom broju ponavljanja. Pri tome postupak se ne prekida, nego se kontinuirano – nanosi i stapa. Oprema za ovaj postupak je identična sa opremom za nanošenje praha hladnim postupkom. Kod ovog postupka potreban je gorionik velike toplotne moći, jer se naneseni sloj naknadno stapa.

Tehnološka operacija toplog postupka metalizacije obuhvata:

- pripremu radnog komada,
- predobradu oštećene površine,
- nanošenje sloja naprskavanjem,
- stapanje nanešenog sloja,
- obradu na konačnu meru.

Priprema radnog komada obavlja se na identičan način kao kod hladnog postupka.

Predobrada oštećene površine

Ovaj postupak zahteva čistu ogrubljenu metalnu površinu koja se postiže brušenjem ili peskarenjem. Peskarenje je najpovoljniji postupak pripreme površine za topli postupak. Ne sme se pri peskarenju koristiti sredstvo s okruglim česticama, već isključivo sredstvo sa oštrorubnim česticama. Peskarenje okruglim česticama sabija površinu i takva površina postaje neaktivna. Cementirani sloj se mora ukloniti, jer površina bogata ugljenikom sprečava proces difuzije. Pošto se ovim postupkom mogu nanositi vrlo tanki slojevi, do 0,1 mm, nije potrebno smanjivanje mere radnog komada zbog debljine sloja koja će se nanositi.

Nanošenje sloja naprskavanjem

U zavisnosti od vrste toplog postupka, radni komad se predgreva. Pri topлом postupku s direktnim stapanjem predgrevanje se vrši na temperaturu stapanja.

Za svaku vrstu praha proizvođač daje temperature stapanja koja se kreće u području od 900-1100°C. Na tako predgrejanoj površini se izvršava naprskavanje sloja koji se odmah topi i difuzuje. Pri topлом postupku s naknadnim stapanjem, radni komad se predgreva na temperaturu od 200-600°C. Temperatura predgrevanja je srazmerno veća povećanju tvrdoće površine radnog komada. Temperatura se meri kontaktnim termometrom ili termokredama. Debljina nanešenog sloja treba biti za 30% veća od finalne mere–konačne obrade. Ovo je potrebno zbog ostavljanja dela nanešenog sloja za finalnu obradu, kao i zbog smanjenja debljine nanešenog sloja tokom stapanja (za zapreminu poroznosti).

Stapanje nanešenog sloja

Kod toplog postupka s naknadnim stapanjem, nakon nanošenja sloja od najviše 0,5 mm vrši se stapanje. Postupak nanošenja ponavlja se potreban broj puta, dok se ne postigne željena debljina nanešenog sloja.

Obrada na konačnu meru

Primjenjena konačna obrada zavisi od zahteva koji se postavlja pred radni komad, a posebno zavisi od tvrdoće nanešenog sloja.

Prednost nanešenih slojeva toplim postupkom:

- Sloj se vezuje za površinu osnovnog komada difuzionom vezom. Čvrstoća veze može se poistovetiti s vezivanjem zavarenog sloja.
- Tvrdoća nanešenog sloja zavisi od primjenjenog dodatnog materijala, bez termičke obrade. Ovo omogućava regeneraciju oštećenog tvrdo hromiranog i cementiranog sloja, pri čemu se postiže kvalitet površine jednak originalnom delu.
- Sloj sa uspehom izdržava dinamička opterećenja, otporan je na abrazivno trošenje i izdržava koncentrovane površinske pritiske.
- Pošto prahovi namenjeni ovom postupku sadrže u veoma velikom procentu plemenite legirajuće elemente, nanešeni slojevi su otporni na koroziju.
- Postoje posebne vrste praha namenjenih stvaranju slojeva otpornih na toplotna opterećenja. Ovo omogućava regeneraciju ventila, sedišta ventila i sličnih mašinskih delova.

Primena ove metode kod delova velikih gabaritnih dimenzija je otežana zbog velikog odvođenja topline prilikom stapanja nanešenog sloja. Za takve komade moguće je stapanje u pećima. Gornja granica ekonomičnosti primene postupka u regeneraciji je na delovima prečnika do 35 mm. Takođe problem primene ove metode može biti izmenjena struktura materijala tokom procesa stapanja. Zbog toga je potrebno voditi računa o opterećenju i funkciji mašinskog dela.

Ovaj postupak uspešno se može koristi u regeneraciji mašinskih delova u sledećim područjima:

- Za regeneraciju plašta na koji naležu iglice igličastog ležaja,
- Za zaštitu mašinskih delova izloženih koroziji (npr. vratila pumpe za vodu),
- Za regeneraciju tvrdo hromiranih slojeva,
- Za regeneraciju delova koji su u radu izloženi toplotnom opterećenju (npr. vratilo turbokompresora),
- Za regeneraciju mašinskih delova izloženih trenju metal-metal (npr. viljuške menjачa).

Metalizacija žicom pomoću plamena

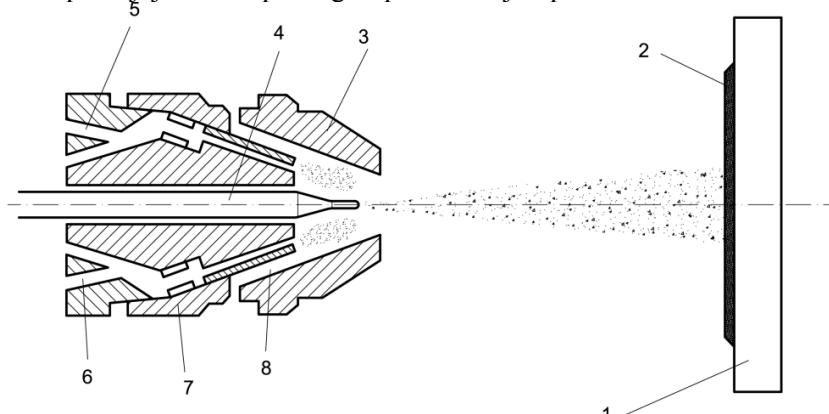
Postupak metalizacije žicom je hladni postupak, jer je zagrevanje radnog komada minimalno, a najviše 250°C. Nosilac energije je acetilen, a za lakše metale poput bele kovine – propan.

Tehnološki postupak je sličan tehnologiji metalizacije prahom – hladnim postupkom. Pištolj se sastoji od sledećih bitnih elemenata:

- Sapnica,

- Mešač gasa i
- Uredaj za pomak žice

U pištolju se nalazi vazdušna turbina, koja pogoni uređaj za pomak žice. Žica dolazi u sapnicu. Na prednjoj strani sapnice gori pramen koji topi material žice.



Sl. 5.129. Šematski prikaz glave pištolja za metalizaciju žicom pomoću plamena
1-površina osnovnog materijala, 2-dodatni (metalizirani sloj), 3-vazdušni zatvarač, 4-žica, 5-gorivi gas, 6-kiseonik, 7-brizgaljka, 8-vazdušni koridor

Rastopljenu masu ubrzava strujanje sagorelih gasova i komprimovani vazduh koji se dovodi preko sapnice za vazduh. Mešač gasa meša kiseonik i acetilen u tačno određenom odnosu, ta mešavina dolazi u sapnicu i sagoreva. Komprimovani vazduh služi takođe i za hlađenje sapnice pištolja.

Protočni merači za kiseonik i acetilen imaju važnu ulogu u procesu, pošto oni precizno prikazuju protok tih gasova. Rukovaoc prilikom naprskavanja jednim kratkim pregledom na njih može konstatovati, eventualna, odstupanja od podešenih vrednosti, što odmah upućuje na promenu parametara, to jest potrebu da se izvrši njihova korekcija.

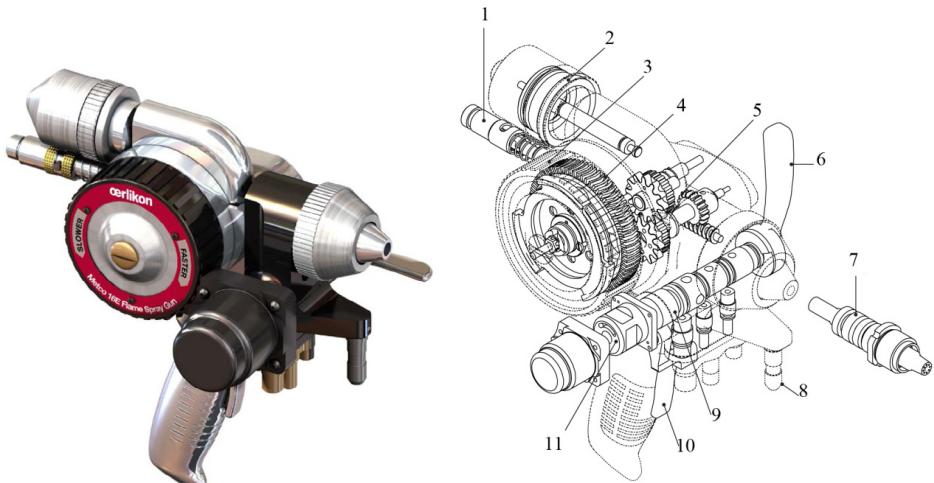
Komprimovani vazduh teba da je tehnički čist. U svrhu prečišćavanja vazduha preporučuje se korišćenje uređaja za prečišćavanja vazduha. Ovaj uređaj se sastoji od filtera za odvajanje prašine i drugih mehaničkih primesa, kao i odvajača vode i ulja. Najčešće se u ovom kompletu nalazi još i uređaj za preciznu regulaciju pritiska vazduha.

Regulacija parametara kiseonika i acetilena se najčešće vrši manometrima postavljenim na bocama, ali se može primeniti i viši nivo regulacije primenom integrisanog regulacionog ormara za kontrolu svih parametara.

Tehnološka operacija metalizacije žicom u plamenu jednaka je operacijama hladnim postupkom prahom. Priprema i predobrada radnog komada se izvodi identično kao kod hladnog postupka metalizacije prahom.

Naprskavanje temeljnog i pokrivnog sloja, je takođe vrlo sličan opisanom postupku

hladnog naprskavanja. Žica za naprskavanje temeljnog sloja je na bazi molibdена. Naprskava se minimalna debljina sloja od 0,05-0,1 mm.



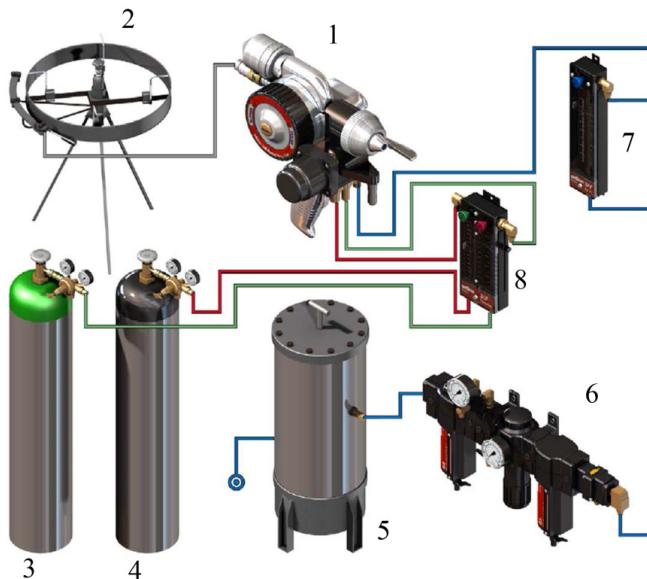
*Sl. 5.130. Pištolj za metalizaciju žicom pomoću plamena Metco 16E
 1-usmerivač žice, 2-mehanizam pogona, 3-točak za kontrolu brzine žice, 4-turbina, 5-prenosni sistem mehanizma za povlačenje žice, 6-poluga ventila za dotok gasa, 7-dizna (sapnica), 8-čivija za montažu na nosač pištolja, 9-jezgro ventila, 10-sigurnosna poluga, 11-sigurnosni mehanizam
 (tehničke karakteristike uređaja: prečnik žice 0,813-4,73 mm (standardno 3,2 mm), masa uređaja 2,5 kg, vrsta gasa: acetilen, propan, propilen, vodonik, potrošnja vazduha: 0,85 m³/min na 4,5 bar)*

Parametri naprskavanja su: obodna brzina radnog komada 25-30 m/min, udaljenost pištolja od radnog komada 100-220 mm, pritisak kiseonika je 1,5 -1,8 bar, pritisak acetilena je 1,0 bar, a pritisak komprimiranog vazduha 3,0-4,0 bara.

Završni sloj se naprskava isto kao i temeljni, s tim što se odabere odgovarajuća žica za postizanje željenog cilja. Minimalna debljina nanešenog sloja je 0,4 mm, a maksimalna oko 2 mm što zavisi od vrste primenjene žice. Temperatura radnog komada ne sme preći 250°C. Pomak pištolja (kada se on postavi na „suprot“ struga) treba da je 7-8 mm po obrtaju. Učinak naprskavanja je približno petostruk u odnosu na hladni postupak prahom i iznosi oko 5 kg/h.

Obrada na konačnu meru se izvodi kao i kod hladno naprskanog sloja prahom.

Karakteristike naprskanog sloja i područja primene su takođe vrlo slični hladnom postupku prahom. Takođe, nanešeni slojevi ovim postupkom imaju slične prednosti i nedostatke kao kod hladnog postupka prahom.

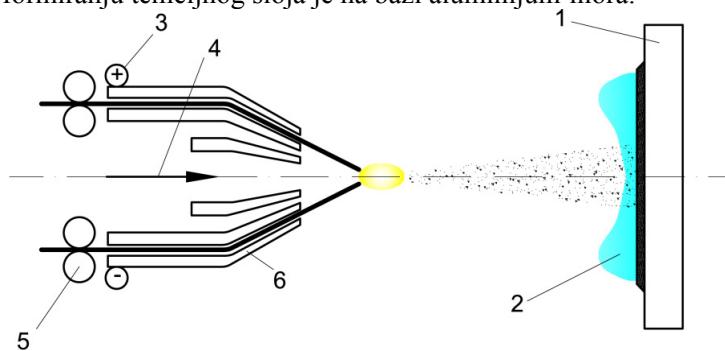


Sl. 5.131. Oprema za metalizaciju žicom u plamenu

1-pištanj za metalizaciju, 2-kalem sa žicom, 3-izvor kiseonika, 4-izvor gorivog gasa (acetilena), 5-izvor vazduha (filter mehaničkih primesa), 6-odvajač ulja i vode iz vazduha, 7-merilo protoka vazduha, 8-merilo protoka gasova (kiseonika i acetilena)

Metalizacija električnim lukom

Savremeni pištajli za metalizaciju električnim lukom rade na principu kratkog spoja. Primena postupka je ista kao postupak naprskavanja žice plamenom. Materijali koji se koriste za ovaj postupak su takođe isti sa tim da je prečnik žice 1,6 mm. Žica namenjena formiraju temeljnog sloja je na bazi aluminijum-hlora.



Sl. 5.132. Šematski prikaz glave pištola za metalizaciju električnim lukom

1-površina osnovnog materijala, 2-dodatni (metalizirani sloj), 3-napajanje žica naponom, 4-vazdušna struja, 5-kontrola brzine ulaza žice, 6-usmerivač žice

Ovim postupkom se najuspešnije regenerišu radilice kompresora i motora, kao i doboši kočnica. Postupak ima značajne prednosti u odnosu na hladni postupak metalizacije prahom, kao i u odnosu na postupak metalizacije žicom sa plamenom. Osnovna prednost ove metode je znatno bolje vezivanje. To se objašnjava time što je temperatura električnog luka viša (oko 5200°C) od temperature plamena acetilena i kiseonika. Na ovoj temperaturi čestice metala se zagreju jače, a pritisak komprimovanog vazduha ubrzava čestice.

Preuzetu toplostnu i kinetičku energiju prenose na kristale koji se nalaze na površini radnog komada stvarajući tačkaste mikrozavare. Čvrstoća vezivanja se kreće oko 80 N/mm^2 . Zahvaljujući visokoj temperaturi (iznad 4000°C) mogu se topiti teško topivi metali (molibden, volfram i titan). Učinak je oko 20 kg/h .

Primena pištolja za elektrolučnu metalizaciju žicom, u odnosu na gasne, ima i nedostatke, a to su:

- teško se postiže stabilan i trajan električni luk usled stavnog pulsiranja,
- usled visoke temperature električnog luka, koja se vrlo teško može regulisati, dolazi do oksidacije i većih gubitaka metala naročito lakotopljivih,
- rastapanjem materijala električnim lukom stvaraju se isparenja štetna po zdravlje rukovaoca,
- rad se mora obaviti sa tamnim naočarima zbog štetnih ultravioletnih zraka, čime je otežana vidljivost pri radu,
- rad električnim pištoljima je zamorniji zbog jakog i neprekidnog šuma, koji se prilikom aplikacije stvara.



*Sl. 5.133. Oprema za elektrolučnu metalizaciju žicom
Metco Flexi Arc 300*

1-pištolj, 2-pogon žice, 3-držać kalema sa žicom, 4-jedinica za napajanje, 5-snop creva i kablova

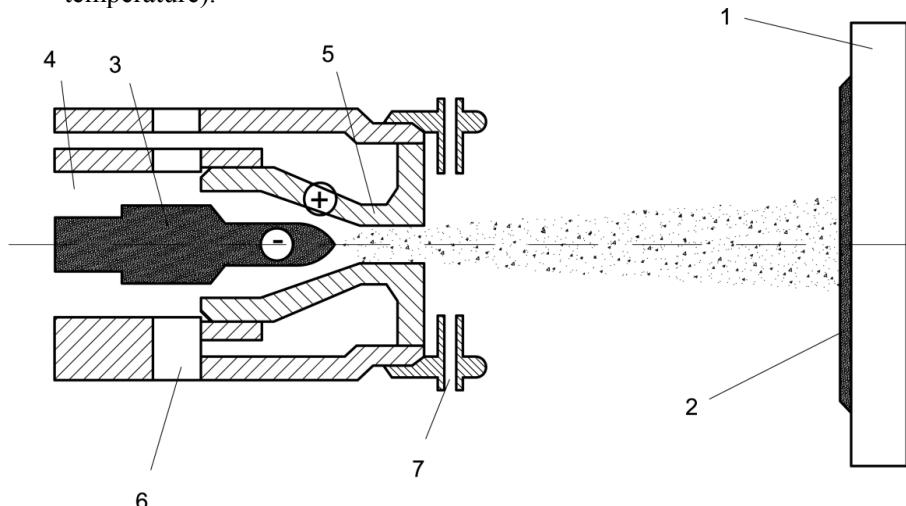
Metalizacija plazma postupkom

Pod pojmom plazma, podrazumeva se stanje materije koja se zagrevanjem dovodi u gasno stanje. Pri postizanju odgovarajuće temperature iz atoma gasne materije se oslobađaju elektroni (materija se jonizuje). Ovo stanje se može postići i primenom

električnog polja visoke frekvencije. Jonizovani radni gas (argon, azot, vodonik, helijum ili njihova mešavina) zagreva se na temperaturu od 4000 do 20000°C, dostižući brzinu od preko 3000 m/s. Ovo omogućava topljenje teško topivih metala i postizanje homogenog, dobro prionjenog, sloja dodatog materijala. Dodatni materijal se dovodi u pištolj u praškastom obliku (granulacija 25-100 µm). Brzina čestica praha je oko 610 m/s.

Karakteristike novonastalog legirajućeg sloja su:

- Visoka tvrdoća sloja (zavisno od materijala),
- Visoka vezivnost nanešenog materijala sa osnovnim (ovo se postiže usled difuznog prodiranja materijala u radni komad zbog velike brzine i visoke temperature).



Sl. 5.134. Šematski prikaz glave pištolja za metalizaciju plazma postupkom 1-površina osnovnog materijala, 2-dodatni (metalizirani sloj), 3-katoda, 4-jonizujući gas, 5-anoda (hlađena vodom), 6-izolacija, 7-dovod dodatnog materijala (praha)

Prednost ove metode ogleda se i u tome što je moguće vrlo precizno kontrolisati lokaciju površine tretiranja (do delova milimetra). Iz tog razloga, delove koje se ne želi tretirati nije potrebno posebno zaštитiti.

Ovim postupkom, moguće je koristiti kvalitetnije materijale (kao čiste) ili



Sl. 5.135. Izgled pištolja za metalizaciju plazmom
Metco 9 MBM

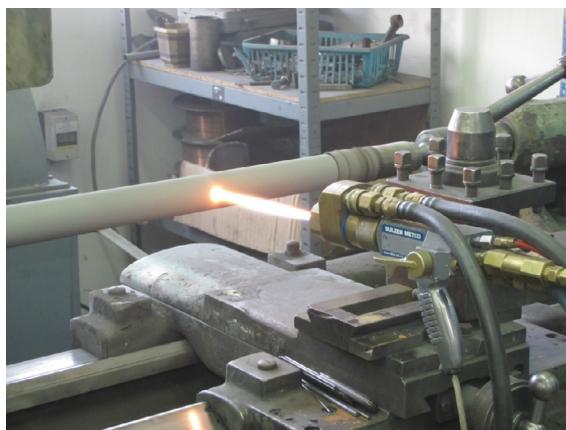
kao njihove mešavine. Takođe se koriste i metalo-keramičke teško topive legure. Izborom intenziteta pražnjenja dobiju se različite karakteristike sloja. Kod nižeg ekvivalenta pražnjenja nastaju manje hrapavi slojevi. Takvi slojevi su po pravilu manje krti i hemijski čistiji. Ukoliko se želi dobiti sloj od 0,2-0,3 mm povećava se površina i učestalost pražnjenja. Deblji slojevi su uvek šupljikavi (poroznji i lomljiviji).

U slučajevima da proces ima za cilj otvrđnjavanje površine ivica

ili oštice raznih mašinskih alata i delova, preporučuje se upotreba tvrdih legura: titan, karbid, volfram, bor. Ukoliko se želi postići velika čvrstoća prevlake mogu se koristiti i grafitne elektrode. Korišćenjem grafitnih elektroda dimenzija predmeta se ne povećava, a tvrdoća se postiže usled karbonizacije površinskog sloja. Uvođenjem gasova u toku procesa mikrolegiranja mogu se postići izuzetno čiste prevlake u atmosferi argona. Uvođenjem azota moguće je nitrirati delove sečiva ili matrica.

Ovaj postupak se može primeniti kod:

- Ojačavanja oštice noža matrice
- Ojačavanja elektro kontakata
- Pojačanja tvrdoće na reznim alatima
- Povećanja antikorozivnih slojeva
- Izvođenje aplikacija na metalu.



Sl. 5.136. Pištolj za metalizaciju plazma postupkom u radu

5.10.1.3. Regeneracija delova sintetičkim materijalima

Regeneracija delova sintetičkim materijalima može se sprovesti primenom različitih lepila, masa za zaptivanje i primenom plastike. Za lepljenje i zaptivanje se koriste različiti proizvodi, dok se u remontnoj tehnologiji regeneracije najčešće koriste proizvodi EGP, dvokomponentna lepila Donit i silikonski kit. Plastične mase nalaze sve veću primenu i to kako u domenu regeneracije istrošenih i polomljenih delova (rukavci, čepovi, zupčanici, lančanici...), tako i u antikorozionoj zaštiti, kao i zaštiti delova od hemijskih uticaja (npr. spiralni puž u rezervoaru prskalice...). Suština regeneracije primenom plastičnih masa sastoji se u tome da se površina koja se regeneriše odmasti, ogrubi (slično kao u postupku regeneracije metalizacijom) i zaštite delovi na koje se ne nanosi plastika. Rezervni deo se greje u peći na temperaturu topljenja plastične mase (oko 200°C). Na zagrejanu površinu osnovnog dela se nanosi

plastična masa u obliku praha koja se otapa, a zatim hlađi na sobnoj temperaturi. Između nanetog plastičnog sloja i osnovnog dela se stvara kvalitetan adhezionalni spoj. Predmet se naknadno obrađuje struganjem. Prednost regeneracije primenom plastičnih masa je u niskoj ceni postupka, velikoj elastičnosti nanetog sloja, kao i otpornosti na koroziju i hemijske uticaje. U mašinstvu se najviše koristi POLIAMID 6 u prahu zbog svoje relativno velike čvrstoće (prekidna čvrstoća 45 N/mm^2) i tvrdoće (900 Brinela).

5.10.1.3.1. Lepljenje

Lepila su čiste supstance ili smeše supstanci, organskog ili neorganskog porekla koje su zahvaljujući svojim osobinama pogodne za čvrsto povezivanje predmeta od istog ili različitog materijala. Osnovna osobina lepila je izuzetna adhezija prema materijalima koje slepljuje i dobra kohezija i stabilnost, tako da obezbeđuje trajnu i čvrstu vezu između slepljenih predmeta.

Primena lepljenja ima znatnih prednosti u povezivanju u odnosu na klasične načine, kao što je zavarivanje³⁷, zakivanje³⁸ itd, te se zbog toga primenjuje gde god je to moguće.

Razlozi za sve širu primenu lepila su sledeći:

- Prilikom lepljenja praktično se ne menjaju osobine i oblik predmeta koji se slepljuju.
- Ostvaruje se ravnomerna raspodela napona po celoj površini lepljenja.
- Mogu se uspešno povezivati predmeti različitog oblika pa čak i u obliku folija.
- Sloj lepila može da služi kao prepreka za prodiranje vlage i elektriciteta.
- Operacija lepljenja se brzo izvodi.
- Cena povezivanja predmeta lepljenjem je najčešće manja nego cena klasičnog povezivanja uz primenu klasičnih postupaka.

Zahvaljujući razvoju hemije, danas praktično ne postoje čvrsti materijali koji se ne mogu uspešno slepitи.

U regeneraciji mašinskih delova lepila se najčešće koriste za:

- Spajanje ravnih i cilindričnih površina,
- Osiguranje zavrtnjeva od samoodvrtanja,
- Postupak impregnacije poroznih komponenti.

³⁷ Problemi koji se javljaju prilikom spajanja zavarivanjem, usled visoke temperature zavarivanja, ogledaju se u promeni strukture zavarenog materijala, pojavi korozije na mestu zavarenog spoja i dilatacije koje mogu da izazovu deformaciju konstrukcije. Takođe, zavarivanjem nije moguće spojiti dva različita metala. Osim toga, razdvajanje ovog spoja predstavlja problem.

³⁸ Spajanje elementa pomoću zavrtnjeva ili zakivaka zahteva bušenje rupa u osnovnom materijalu a time slabljenje materijala na tom mestu. Izbušene rupe dovode do pojave koncentracije napona. Na mestu spoja zakivka i osnovnog materijala dolazi do pojave galvanske korozije. Sam postupak pripreme zahteva puno rada i mnogo elemenata, što je ekonomski vrlo nepovoljno.

Lepila se obično razvrstavaju prema: oblasti primene (lepila za kožu, staklo, drvo, metale, plastiku...), prema poreklu (prirodna, sintetička), prema temperaturi vezivanja (vezuju na hladno, toplo ili pri visokoj temperaturi), prema načinu očvršćavanja (fizičko, hemijsko), prema konačnom svojstvu lepila (lepila otporna na vodu, organske rastvarače, povišene temperature itd.) ili prema fizičkim i hemijskim osobinama osnovne komponente lepila (akrilna, epoksidna itd.).

Proces slepljivanja, bez obzira na vrstu lepila i materijala koji se slepljuju, sastoji se od sledećih operacija:

- priprema površine predmeta za slepljivanje,
- prevođenje lepila u stanje u kome ga je moguće nanositi na površinu predmeta koji se slepljuje (rastvaranje, topljenje itd.),
- nanošenje lepila na pripremljenu površinu,
- spajanje predmeta na koje je naneto lepilo (najčešće pri povišenoj temperaturi i povišenom pritisku).

Najčešći uzročnici dobijanja loših rezultata pri lepljenju su neadekvatna priprema lepljenih površina, neodgovarajući izbor tipa lepka i njegovo nepažljivo nanošenje.

Pre nanošenja lepka neophodno je temeljno očistiti površine koje se žele zlepiti. Čišćenje najčešće obuhvata mehaničke postupke (uklanjanje nečistoća mehaničkim putem), ali često obuhvata i upotrebu raznih hemijskih sredstava (rastvarača), kako bi se uklonile naslage nepoželjnog materijala koje nije moguće ukloniti mehaničkim putem. Rastvarači su po pravilu isparljive supstance koje nakon isparavanja ne ostavljaju nikakav trag na materijalu. Najčešće korišćeni rastvarači su ugljovodonici (izoparafini), ketoni (aceton) i alkoholi (izopropanol). Ukoliko rastvarači mogu da izazovu koroziju osnovnog materijala, po pravilu im se dodaju inhibitori korozije, kako bi se zaštитio osnovni materijal.

Ukoliko se lepi sivi ili nodularni liv, potreбно je prethodno sprovesti mehaničku pripremu površina (peskarenjem ukloniti grafit sa površine) i dalje postupati kao i sa ostalim materijalima.

Takođe, neophodno je ukloniti proizvode površinske oksidacije (npr. na aluminijumu) mehaničkom obradom (brušenjem, šmirglaњem ili uklanjanjem sloja oksida žičanom četkom). Takođe, šmirglaњem je moguće ukloniti i površinski sloj plastičnih ili gumenih materijala.

Mehaničko uklanjanje nečistoća obezbeđuje stvaranje hraptavije površine čime se povećava veličina površine kontakta. Često se dešava da određeni materijal ne reaguje dobro sa lepkom, odnosno, ostvaruje slabe adhezione sile. Ovaj problem je moguće prevazići upotrebom specijalnih premaza (tzv. prajmera) koji stvaraju mnogo čvršće veze (materijal – prajmer – lepak).

U slučaju da se lepe određene vrste plastike (PP – polipropilen, PE – polietilen, PTFE – teflon, silikoni ili mnogi termoplastični elastomeri) potrebna je posebna priprema površina – tzv. ionizacija površina, kako bi se od hemijski inertne dobila hemijski aktivna površina (stoga se često ova sredstva nazivaju aktivatori). Bez upotrebe

aktivatora, lepljenje ovih materijala je, vrlo često, neuspešno.

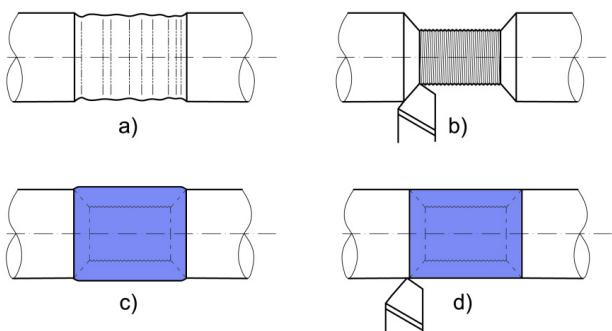
Za potrebe regeneracije delova (pojedinačna proizvodnja) koristi se ručni postupak nanošenja lepka.

Za postupke lepljenja ravnih i cilindričnih površina, najčešće se koriste sledeći tipovi lepkova:

1. anaerobni lepkovi (očvršćavaju u odsustvu kiseonika i u kontaktu sa metalom. Širina lepljenog spoja mora biti najmanje 5 mm, kako bi lepak započeo postupak očvršćavanja, odnosno, kako bi došlo do efekta odsustva kiseonika).
2. modifikovani akrilati (očvršćavaju u odsustvu kiseonika i u kontaktu sa aktivatorom. Tokom primene, na jednu stranu (budućeg) lepljenog spoja se nanosi lepak, a na drugu aktivator.
3. UV lepkovi (Lepkovi koji očvršćavaju pod uticajem ultraljubičastog svetla. Kako bi ultraljubičasto svetlo moglo da aktivira lepak, potrebno je da bar jedan element lepljenog spoja bude providan. U slučaju nedostatka prirodnog ultraljubičastog svetla, moguće je koristiti specijalne UV lampe.)
4. Cijanoakrilati (superlepkovi) Veoma brzo očvršćavaju kada se nađu između lepljenih površina. Ovo se dešava pod uticajem kondenzovane vlage koja se nalazi na lepljenim površinama. Cijanoakrilati nisu, u pravom smislu reči, lepkovi koji očvršćavaju pod uticajem vlage, pošto voda ne učestvuje u hemijskoj reakciji očvršćavanja (u procesu polimerizacije).
5. Jednokomponentni uretani očvršćavaju u elastično čvrsto stanje, pod uticajem atmosferske vlage. Vlaga iz vazduha reaguje sa lepkom (izocijanatom) i učestvuje u procesu polimerizacije.

5.10.1.3.2. Regeneracija delova tečnim metalom

Ova vrsta regeneracije se primenjuje pri hladnoj reparaciji pukotina (bloka, glave motora...), za poravnavanje pohabanih površina, zaptivanje (cevi, rezervoara), spajanje tankih limova. Tečni metal (specijal) koji se koristi u ovom postupku sadrži aktivna i inaktivna punila, koja osnovnoj visoko-kvalitetnoj sintetskoj masi daju tražena svojstva, kao što su mehanička čvrstoća, čvrstoća vezivanja, topotorna provodljivost, koeficijenat linearног istezanja i sl. Tečni metal je otporan na benzin,

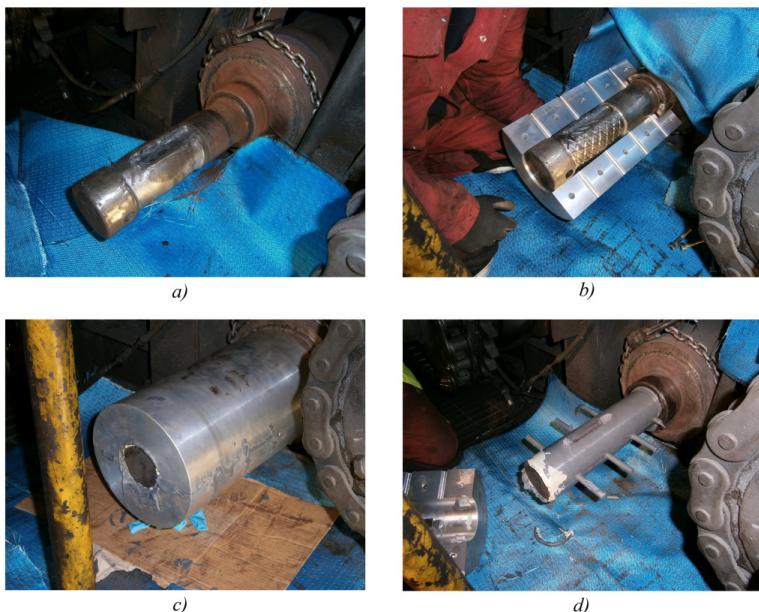


Sl. 5.137. Regeneracija pohabanog rukavca vratila
primenom tečnog metala
a-pohabana površina, b-ogrubljivanje površine, c-nanošenje sloja tečnog metala, d- obrada na završnu
meru

ulje, vodu itd., a zbog niske temperature postupka primene nema opasnosti od deformacije (sl. 5.137.).

Postupak regeneracije pohabanog rukavca vrši se na taj način što se najpre ogrubi površina (izradom navoja ili ukopavanjem žljebova) u cilju povećanja kontaktne površine. Na pripremljeni (ogrubljeni) rukavac nanese se tečni metal sa debljinom sloja uvećanom za dodatak za naknadnu obradu. Nakon otvrđnjavanja (od nekoliko minta do 4 časa) rukavac se obradi na završnu meru.

Često se postupak nanošenja tekućeg metala može kombinovati sa postupkom hladnog navarivanja. Pri toj kombinaciji, u slučaju dužih pukotina, na svakih 5 do 6 cm navari se sloj od oko 5 mm a međuprostor se popuni tekućim metalom. Postupak se sastoji u odmaščivanju, brušenju metala, te nanošenju aktivatora (Al za legure aluminijuma ili Fe za legure gvožđa). Nakon ispiranja i sušenja se četkicom ili lopaticom nanosi tekući metal sa komponentama koje se mešaju u određenim razmerama. U cilju povećanja mehaničke otpornosti nanešenog sloja, tečni metal se impregnira tkaninom od staklenih vlakana.



Sl. 5.138. Primer reparacije rukavca vratila primenom tečnog metala Belzona® 1111 (Super Metal) (izvor: <http://khia.belzona.com/EN/view.aspx>)

a-pohabani rukavac, b-rukavac pripremljen za nanošenje tečnog metala (postavljen donji deo kalupa), c-kalup ispunjen tečnim metalom, d-rukavac pripremljen za obradu na konačnu meru

5.10.1.4. Ostale metode regeneracije

Osim gore navedenih metoda regeneracije, u praksi se koriste i druge metode, kao na primer: regeneracija nanošenjem keramike. Prednosti nanošenja keramike su u visokoj

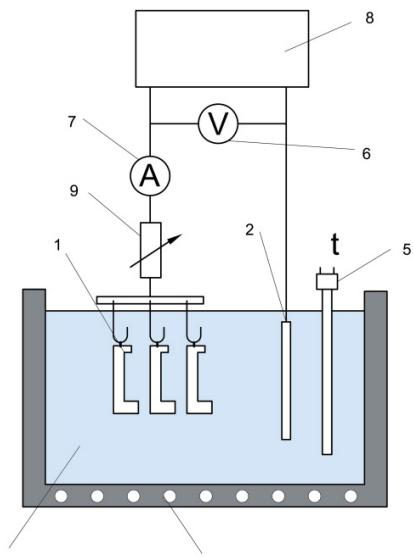
zaštiti od varničenja, dobra mehanička svojstva, otpornost na hemijske uticaje, dobra izolaciona zaštita, kao i otpornost na visoke temperature. U literaturi se najčešće navode praškovi na bazi oksida aluminijuma, titana, hroma, cirkona itd. Nanošenje metalnih prevlaka se koristi kao metoda zaštite, kao i metoda poboljšanja kvaliteta i izgleda mašinskih delova već pri prvoj ugradnji. Osim takozvanih termičkih prevlaka (difuzione i termodifuzione prevlake) koriste se i prevlake na hemijskoj i elektrohemijijskoj osnovi. U termičke postupke metalnih prevlaka spadaju na primer: hromiranje, niklovanje, siliciranje itd. U hemijske postupke nanošenja metalnih prevlaka spadaju postupci kao kobaltiranje, niklovanje itd., a u elektrohemijijske postupke metalnih prevlaka razne galvanske prevlake.

Tvrdo hromiranje

Metoda se primjenjuje pri regeneraciji delova koji su bili izloženi trenju (pohabani delovi, bez pojave pukotina). Tvrdo hromiranje je pogodna metoda prevashodno za regeneraciju pohabanih delova velikih dimenzija. Primena ovog postupka moguća je i na delovima manjih dimenzija ukoliko je regeneracija jeftinija od novog dela. Moguća primena je kod oštećenih osovina, ležišta, klipova, cilindara, alata za obradu deformacijom i sl. Na hromirane površine loše prijanja ulje i mazivo tako da se za delove, od kojih se zahteva dobro prijanjanje ulja ili maziva, vrši mrežasto hromiranje čime se dobija porozna površina (cilindri motora i sl.).

Proces nanošenja hroma se vrši elektrohemijijskim putem tako što se u kadu napunjenu elektrolitom za hromiranje (hromov anhidrig, sumporna kiselina i destilovana voda) uranjaju olovne ploče i deo koji se hromira.

Deo se vezuje za izvor jednosmerne struje kao katoda dok su olovne ploče anodno nanelektrisane. Propuštanjem struje dolazi do taloženja hroma iz elektrolita na površinu. Jačina struje zavisi od površine dela koji se hromira. Gustina struje je $30-80 \text{ A/dm}^2$, a temperatura elektrolita $50-70^\circ\text{C}$. Vreme trajanja hromiranja zavisi od potrebne debljine sloja. Promenom radnih uslova dobija se sjajna, mat i mlečna površina. Vrsta hromirane površine se odabira u zavisnosti od radnih uslova u kojima rade hromirani delovi. Za manja opterećenja koristi se sjajni hrom, a za one pri većim opterećenjima i povišenim temperaturama mlečni hrom.



Sl. 5.139. Šematski prikaz opreme za tvrdo hromiranje
1-predmet koji se hromira, 2-olvorna ploča, 3-elektrolit, 4-grejač, 5-termometar, 6-voltmetar, 7-ampermetar, 8-izvor električne energije, 9-otpornik

Tehnološki postupak obnavljanja je sledeći:

- mehanička obrada (najčešće brušenje) radi uklanjanja nejednakog oštećenja dela,
- kontrola mehaničke obrade
- grubo odmašćivanja u tečnim rastvaračima (trihloretin, perhloretin) i fino odmašćivanje elektrohemskiim putem u alkalnim rastvorima,
- spiranje,
- hemijsko dekapiranje radi uklanjanja oksida,
- ispiranje,
- elektrolitičko dekapiranje radi finijeg uklanjanja oksida,
- hromiranje,
- ispiranje,
- kontrola izgleda i dimenzija,
- termička obrada (temperatura 190-210 °C, vreme 2-6 sati).
- mehanička obrada (brušenje na meru)
- kontrola.

Prevlake hroma koje ne zadovoljavaju zahtevima, uklanjuju se u rastvoru sone kiseline. Zaštita površina koje se ne hromiraju vrši se odgovarajućim lakovima, folijama ili trakama. Karakteristike tvrdo hromiranih delova su:

- maksimalna debljina hromiranog sloja je 1 mm,
- tvrdoća 50-67 HRC,
- nije pogodno za primenu na delovima koji rade pri temperaturama višim od 600°C.

6. | TEHNIČKO ODRŽAVANJE

Pod pojmom tehničkog održavanja treba podrazumevati skup svih radova nege, kontrole i podešavanja koji se izvode bez rasklapanja glavnih sklopova i mehanizama mašine i čije periodično obavljanje je neophodno u cilju očuvanja svršishodnog funkcionisanja mašine.

Planski i stručno obavljeni radovi tehničkog održavanja umanjuju istrošenost, intenzitet habanja, pospešuju ekonomičnost eksploracije mašine i obezbeđuju kvalitet obavljenih radova.

Radi se o preventivnim (ranije propisanim) intervenicijama koje obuhvataju zamenu potrošenih delova (npr. filter, remen, kočione pločice...) i tečnosti (npr. motorno ulje, rashladna tečnost...), kontrole i podešavanja sklopova i sistema motora (npr. zazor ventila, pritisak ubrizgavanja...), a prema preporukama proizvođača. Ukoliko mašina radi u težim uslovima (npr. lošiji kvalitet korišćenog goriva, povećana opterećenja, dugotrajan rad na visokim ili niskim temperaturama...) period izvođenja potrebno je skratiti (nekada i na 50%).

Najčešće se pod pojmom tehničkog održavanja podrazumeva način formiranja ritma izvođenja pojedinih operacija. Međutim, sistem tehničkog održavanja ima šire značenje. Ono predstavlja zbir logički postavljenih tehničkih i organizacionih mera i uputstava, koji treba da obezbede stručno izvođenje i preventivan karakter. Naime, neblagovremeno ili nestručno izvođenje mera tehničkog održavanja mogu usloviti pogoršanu efikasnost, smanjenu pouzdanost mašine i povećano habanje (što uzrokuje nastanak zastoja u radu).

Osnovni cilj preventivnog održavanja mašine je eliminisati ili smanjiti na najmanju moguću meru mogućnost pojave otkaza tokom njenog korišćenja. Preventivna održavanja se mogu uslovno podeliti na jednokratna preventivna održavanja (priprema mašine za prvo puštanje u rad¹ i razrada²) i periodična preventivna održavanja (u i nakon garantnog roka). Periodična preventivna održavanja se mogu, na osnovu ostvarenog nivoa radova, razvrstati na osnovno održavanje³ (kao najniži nivo preventivnog održavanja) i na više nivoe periodičnih preventivnih održavanja (osnovni i »veliki« servis).

6.1. INTERVAL IZVOĐENJA TEHNIČKOG ODRŽAVANJA

Vremensko trajanje posle koga je na nekom tipu mašine izvođenje jedne operacije

¹ Nulti servis koji se izvodi pre predaje nove ili remontovane mašine

² Servis u periodu razrade obuhvata aktivnosti koje se sprovode i u redovnom periodičnom servisu ali u kraćim vremenskim intervalima (npr. *John Deere* na svojim novim ili generalno remontvanim motorima, predviđa redukovanje intervala zamene motornog ulja sa 250 h – kod redovnog intervala na 100 h).

³ Svakodnevno održavanje-provera na početku radnog dana i između smena

tehničkog održavanja ponovo aktuelno naziva se vremenom ciklusa. Dužina ciklusa u najvećoj meri zavisi od tehničkih zahteva, kao i od zahteva radne pouzdanosti. Utvrđivanje aktuelnosti obavljanja pojedinih radnih operacija tehničkog održavanja je složen problem.

Treba imati u vidu činjenicu postojanja vrlo heterogenih radnih uslova čak i za iste tipove mašina. Da bi bilo koji sistem tehničkog održavanja imao preventivan karakter, vreme ciklusa mora biti jednako ili manje od vremena najranije pojave neispravnosti kao posledice izostanka radova tehničkog održavanja.

Prihvatajući cikluse propisane od strane proizvođača mašina, proizvođača potrošnih elemenata i radnih fluida ili sopstvenih statističkih pokazatelja, ritam izvođenja radova može se projektovati na bazi:

- odrađenih pogonskih časova,
- odrađenih motočasova,
- urađenih hektara rada,
- utrošenog goriva i
- kalendara.

Jedna od najmodernijih varijanti preventivnog održavanja je održavanje po stanju. Ovaj vid održavanja omogućava primenu odgovarajućih dijagnostičkih metoda i postupaka. Dijagnostika je proces utvrđivanja tehničkog stanja objekta diagnostike bez njegovog rasklapanja, a na osnovu registrovanja i analize dijagnostičkih simptoma i parametara i na osnovu njihove funkcionalne veze sa stanjem strukture sistema. Poseban značaj danas ima autodijagnostika, tj. primena automatizovanih dijagnostičkih sistema (ADS) kojima se opremaju savremene poljoprivredne mašine, a koji imaju zadatku da rukovaoca blagovremeno obaveste o potrebi „servisiranja“ mašine u određenom roku. U takvim slučajevima se trenutak narednog preventivnog održavanja određuje na bazi prognoze sposobnosti sistema da bez pojave otkaza radi do tog trenutka⁴.

Proizvođači mašina intervale izvođenja pojedinih mera tehničkog održavanja daju u vidu tabelarnog prikaza, a opis načina izvođenja svake pojedinačne operacije u »Priručniku za upravljanje i održavanje« koji predstavlja obaveznu dokumentaciju koja se isporučuje uz mašinu.

Tab. 6.1. Servisni plan za traktor John Deere serije 8000.

Operacija	Časova (h)						Prema potrebi
	10	250	750	1500	2000	1 god.	
Kontrola nivoa ulja u motoru i sredstva za hlađenje	*						
Ispuštanje akumulirane vode u separatoru za gorivo	*						
Kontrola nivoa transmisiono - hidrauličnog ulja	*						
Podmazivanje ležajeva prednjeg mosta	*						
Podmazivanje ležajeva podiznog sistema	*						

⁴ Više o dijagnostici će biti reči u poglavljju „Dijagnostika tehničkih sistema“

Kontrola pritiska u pneumaticima	*						
Zamena motornog ulja i filtera	*						
Kontrola rada kočnica	*						
Kontrola akumulatora	*						
Čišćenje rezervoara za gorivo	*						
Čišćenje oduška rezervoara za gorivo	*						
Kontrola zategnutosti vijaka na točkovima	*						
Kontrola neutralnog položaja ručice menjачa	*						
Kontrola parkirnog položaja ručice menjacha	*						
Kontrola količine ulja sekundarnog rezervoara za kočnice	*						
Čišćenje prečistača vazduha u kabini traktora	*						
Podmazivanje ležajeva prednjeg pogonskog mosta	*						
Provera količine ulja u prednjem pogonskom mostu	*						
Kontrola ispravnosti aparata za gašenje požara	*						
Podmazivanje šarki zadnjeg stakla kabine traktora	*						
Kontrola ispravnosti sistema za napajanje motora vazduhom		*					
Provera broja obrtaja motora		*					
Dodati kondicioner u rashladnu tečnost		*					
Zamena transmisiono-hidrauličnog filtera za ulje		*					
Zamena transmisiono- hidrauličnog ulja		*					
Čišćenje kućišta prečistača hidrauličnog ulja		*					
Čišćenje mrežastog filtera transmisionog ulja		*					
Zamena ulja u kućištu prednjeg točka i diferencijalu prednjeg pogonskog mosta		*					
Kontrola brizgaljki		*					
Podmazivanje ležaja zadnjih hidrauličnih poluga		*					
Kontrola zategnutosti kaiša ventilatora		*					
Kontrola zategnutosti kaiša alternatora		*					
Zamena ulja u kućištu ventilatora		*					
Podešavanje zazora ventila		*					
Zamena primarnog prečistača za vazduh		*					
Ispiranje sistema za hlađenje i zamena termostata			*				
Zamena ublaživača udara na radilici motora				*			
Zamena filtera transmisiono-hidrauličnog ulja					*		
Zamena preprečistača za gorivo					*		
Zamena separatora vode za gorivo					*		
Zamena filtera za gorivo					*		
Kontrola termostata					*		
Odzračivanje kočnica					*		
Čišćenje motora od nakupljene nečistoće					*		
Čišćenje mrežice ventilatora i hladnjaka za ulje					*		
Servisiranje vazdušnog preprečistača					*		
Servisiranje prečistača za vazduh					*		
Zamena remena alternatora					*		
Zamena remena ventilatora					*		
Servisiranje svetla					*		

6.2. INFORMACIJE U SISTEMU PREVENTIVE

Dobro organizovano preventivno održavanje podrazumeva izgrađen sistem informisanja. Informacije moraju biti iskazane kratko, jasno, sažeto, jednostavno, nedvosmisleno i razumljivo.

Preporučuje se da informacije budu telegrafske i imperativne (iskazuju se kratke naredbe kao na primer: Podmaži ležaj, Proveri nivo ulja u karteru i slično).

Jasno moraju biti naznačeni termini i intervali između pojedinih intervencija na preventivnom održavanju. Definisanje intervala moguće je na više načina, a što zavisi od ravnomernosti eksploracije. Ukoliko je eksploracija ravnomerana, tada se može prihvati kalendarski termin što je izuzetno pogodno sa stanovišta planiranja. Međutim, poljoprivredna proizvodnja je izrazito diskontinualan proces te je relativno mali broj mašina koje imaju kontinualnu eksploraciju pa prema tome i mogućnost kalendarskog terminiranja intervencija održavanja. Iz navedenih razloga treba nalaziti druge pokazatelje za intervale a koji će uzeti u obzir neravnomernost eksploracije kao i neravnomernost opterećenja mašina (odrađenih pogonskih časova, odrđenih motočasova, urađenih hektara rada, utrošenog goriva).

6.3. DOKUMENTACIJA U SISTEMU ODRŽAVANJA

U sistemu održavanja pojavljuje se dokumentacija koja ima zadatak da bude nosilac informacija. Osnovu dokumentacije čini **Radni nalog** koji treba u osnovi da odgovori na pitanja:

KO-KADA-GDE-ŠTA-ČIME-KAKO-KOLIKO

Prilikom ispunjavanja radnog naloga treba koristiti telegrafski stil pisanja uz eventualno korišćenje standardizovanih simbola.

Lista preventivnog pregleda predstavlja specifičan dokumenat koji ima za cilj da omogući arhiviranje uočenih problema prilikom izvršavanja preventivnog pregleda. Kod složenijih sredstava za rad, potrebno je obezbediti posebna *Upustva za preventivni pregled* koje treba da bude neka vrsta podsetnika za rad pri čemu se posebna pažnja obraća nestandardnim zahtevima, kao i uputstvima za postupke rada kod specifičnih operacija.

6.4. PREVENTIVNI PREGLED, ČIŠĆENJE I PODMAZIVANJE

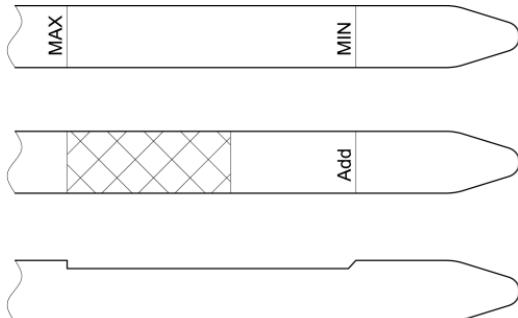
Preventivni pregled (kontrola) se usmerava na pregled stanja sastavnih delova i sklopova, kao i pregled funkcionisanja celokupnog sredstva za rad. Prilikom pregleda stanja konstatuje se samo radi - ne radi ili loše radi - dobro radi. Ukoliko je sredstvo za rad prilagođeno permanentnom uvidu u stanje putem ugrađenih kontrolnih mesta i davača, pregledi se svode na očitavanje instrumenata u određenim vremenskim intervalima. Ako se prilikom preventivnog pregleda otkrije neko oštećenje ili kvar koji se može u kraćem vremenskom intervalu, uz upotrebu priručnog alata radnika koji radi na tehničkom održavanju otkloniti, tada to treba odmah i učiniti.

Ako to nije slučaj, kvar se ne otklanja odmah nego se sačinjava izveštaj o tome i upućuje se na redovne intervencije opravke.

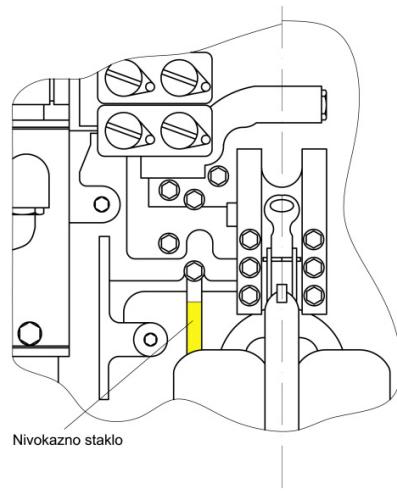
Svakodnevni pregled mašine, pred početak rada ili između smena (na svakih 10 časova) podrazumeva pregled nivoa ulja u karteru motora, hidraulično transmisionom sistemu, nivo rashladne tečnosti u sistemu hlađenja, provera pneumatika i sl.

Količina ulja u karteru motora kontroliše se svakog dana pred početak rada ili između smena (na svakih 10 časova). Kontrola se vrši preko merne šipke. Mašina (traktor) se postavi na ravnu površinu i ugasi. Nakon 10 minuta izvuče se merna šipka, obriše čistom krpom, vratи u otvor na bloku motora i ponovo izvuče. Količina ulja očitana na mernoj šipci treba da se nalazi između minimalne⁵ i maksimalne vrednosti. Ukoliko se ulje nalazi blizu ili ispod minimalnog nivoa, potrebno je doliti svežu količinu ulja. Ulje se doliva maksimalno do nivoa koji označava maksimum. Ovde je neophodno naglasiti da se prilikom dosipavanja mora koristiti isto ulje koje je korišćeno prilikom zamene ulja. Naime, različiti proizvođači koriste različite aditive za postizanje odgovarajućih karakteristika ulja. Aditivi se mogu proizvoditi na bazi različitih hemijskih komponenti, što njihovim mešanjem može izazvati hemijsku reakciju, odnosno ubrzani degradaciju ulja. Takođe, prilikom dosipanja ulja, preporučljivo je koristiti ulje iz iste barže (istog bureta), s obzirom na to da isti proizvođač može zameniti dobavljača aditiva, o čemu nije dužan da obavesti krajnjeg korisnika. Potrošnja ulja tokom eksploatacije je normalna pojava (o izboru ulja i njegovoj potrošnji više pažnje je posvećeno u poglavlju „Maziva“).

Količina hidraulično transmisionog ulja kontroliše se preko merne šipke ili vizirnog stakla. Kontrola hidraulično transmisionog ulja vrši se sa spuštenim podiznim



Sl. 6.1. Najčešće korišćeni način označavanja graničnog nivoa ulja na mernoj šipci



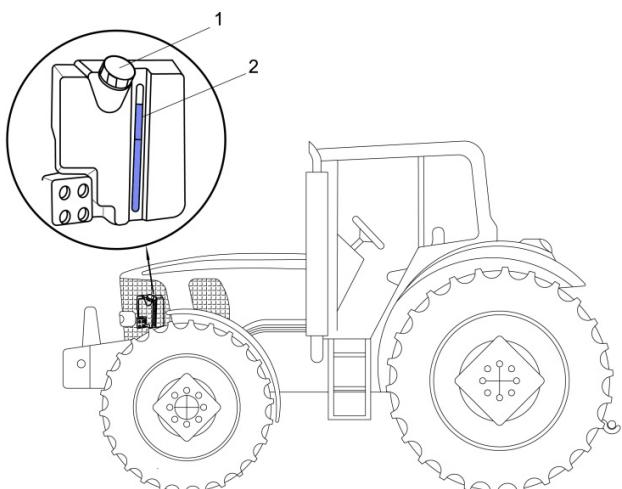
Sl. 6.2. Kontrola nivoa hidraulično transmisionog ulja traktora John Deere 8020

⁵ Neki proizvođači motora minimalni nivo označavaju sa oznakom Add (dodatak) a maksimalni nivo označavaju krajem ukrštenih crtica na mernoj šipki.

polugama u donji položaj. Pre kontrole motor treba da radi oko 10 minuta, kako bi se hidraulično transmisiono ulje zagrejalo na temperaturu oko 45°C ⁶. Optimalno je da nivo ulja bude na maksimumu. Previsok nivo ulja u hidraulično transmisionom sistemu može uzrokovati povećanje otpora (pad snage motora) i pregrevanje tokom transporta. Pravila za dolivanje ulja su ista kao i kod motornog ulja (o izboru ulja više u poglavlju „Maziva“).

Kontrola rashladne tečnosti se kontroliše na ekspanzionom sudu. Kada je motor hladan, nivo rashladne tečnosti je nešto iznad nivoa koji označava minimum. Kada motor dostigne radnu temperaturu, nivo rashladne tečnosti će se podići. Ukoliko je nivo rashladne tečnosti ispod minimalnog nivoa, neophodno ju je doliti do nivoa nešto iznad minimuma. Obavezno treba konsultovati tehničku dokumentaciju o koncentraciji aditiva koje je potrebno dodati. Naime, jednostavne mešavine etilen glikola ili propilen glikola sa vodom ne pružaju adekvatnu zaštitu od korozije, habanja i pitinga usled kavitacije, pa je neophodno dodati rashladnoj tečnosti odgovarajuće aditive shodno preporuci proizvođača.

Savremeni motori koji se ugrađuju na samohodne poljoprivredne mašine opremljeni su separatorom, čiji je zadat da obezbede separaciju vode u periodu kada motor ne radi, a kako bi se sprečilo ubrizgavanje vode u cilindar motora (o dizel gorivu i problemima koji nastaju usled prisustva vode u njemu više je rečeno u poglavlju „Dizel gorivo“). Na početku svakog dana potrebno je ispustiti vodu iz separatora, odvrtanjem navrtke sa dna separatora i filtera za gorivo⁷.



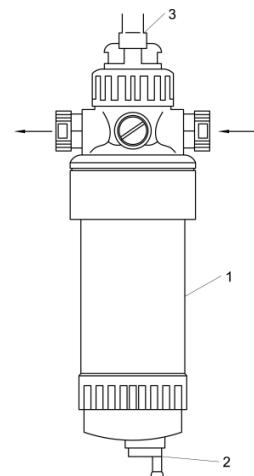
Sl. 6.3. Kontrola nivoa rashladne tečnosti
1-čep za ulivanje rashladne tečnosti, 2-nivokazna cev

⁶ Što je temperatura ulja veća, nivo ulja na mernoj šipki ili vizirnom staklu je viši, dok će kod hladnjeg ulja nivo opadati.

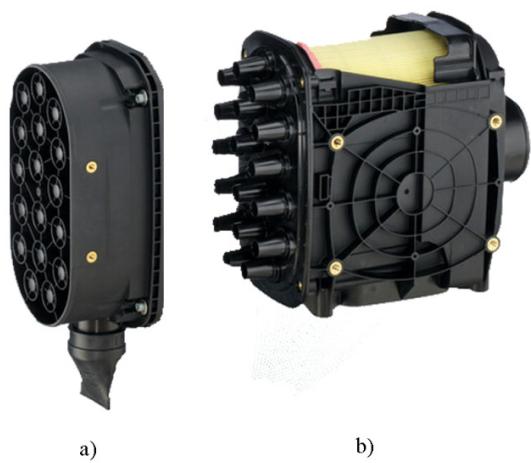
⁷ Ukoliko se svakodnevno pojavljuje voda na dnu separatora potrebno je izvršiti dreniranje dna rezervoara za gorivo.

Čišćenje je aktivnost u preventivnom održavanju koju mogu obavljati bilo poslužiocirukovaoci, bilo radnici službe održavanja. Obavezno čišćenje celokupne mašine obavlja se nakon završene smene, a detaljnije čišćenje se obavlja u definisanim vremenskim intervalima. Prilikom spoljašnjeg čišćenja mašine obratiti pažnju na elektronske (električne) komponente i konektore, ležajeve, brzovezujuće spojnice hidraulične instalacije i druge osetljive delove i komponente. Voda pod pritiskom može da prodre duboko u ove spojeve i da uzrokuje poremećaj u njihovom radu. Prilikom čišćenja ovih elemenata potrebno je smanjiti pritisak vode i prati delove pod uglom od 45-80°. Prilikom čišćenja mašine primenom komprimovanog vazduha treba imati na umu da vazdušni pritisak može da dovede do generisanja elektrostatičkog elektriciteta na električnim (elektronskim) komponentama i konektorima, što može dovesti do poremećaja u radu elektronskih komponenta mašine.

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti periodičnom čišćenju filtera za napajanje motora vazduhom, s obzirom na to da poljoprivredne mašine rade u uslovima velike koncentracije prašine⁸. Čišćenje filtera za vazduh vrši se po potrebi (nakon paljenja signalnog uređaja u kabini mašine koji ukazuje na pad pritiska u usisnoj grani)⁹. Savremene poljoprivredne mašine opremanju se kombinovanim



Sl. 6.4. Ispuštanje vode iz filtera goriva
1-filter, 2-čep za ispuštanje vode,



Sl. 6.5. Prečistač vazduha
a-ciklonski preprečistač, b-kućište primarnog i sekundarnog filtera

⁸ Koncentracija prašine (čadi) u vazduhu iznosi 0,05-0,15 mg/m³, u gradu je 0,5-1 mg/m³ a u poljoprivredi 5-200 mg/m³

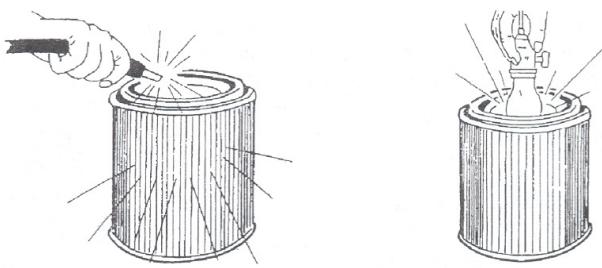
⁹ Minimalno jednom godišnje potrebno je filter zameniti novim

filterima koji se sastoje od grubog ciklonskog pretprečistača i primarnog i sekundarnog filter uloška. Bitno je napomenuti da je dozvoljeno samo čišćenje primarnog filter uloška za vazduh. Sekundarni (fini) filter uložak nije predviđen za čišćenje (njegova demontaža sa usisne grane najčešće podrazumeva i zamenu istog).

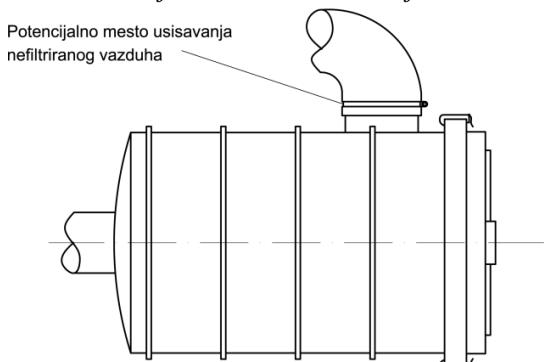
Čišćenje primarnog filter uloška vrši se blagim udarcima rukom po boku filtera ili komprimovanim vazduhom (izduvavanje nečistoća vršiti u smeru suprotnom od smera prolaska vazduha) maksimalnog pritiska 5 bara (sl. 6.6a).

Nakon čišćenja potrebno je proveriti postojanje mehaničkog oštećenja filtera postavljanjem lampe (izvor svetlosti) unutar filtera (sl. 6.6b). Ukoliko se uoči bilo kakvo oštećenje na filteru ili zaptivaču, neophodno ga je zameniti novim¹⁰. Takođe, neophodno je proveriti ispravnost sprovodnih creva za vazduh i njihovih veza sa drugim elementima za napajanje motora vazduhom kako bi se eliminisala mogućnost usisavanja prašine nakon prolaska vazduha kroz filter (sl. 6.7.).

Kod samohodnih mašina, periodično je potrebno očistiti prostor između rebara hladnjaka fluida (hladnjak rashladne tečnosti, hidraulično transmisionog ulja, goriva, vazduha...). Savremene mašine imaju dizajnirane hladnjake na taj način da ih je moguće međusobno smaći ili iskrenuti kako bi se isti što bolje očistili. Čišćenje spoljašnje površine hladnjaka moguće je vršiti mekanom četkom, komprimovanim vazduhom ili vodom pod umerenim pritiskom. Prilikom čišćenja komprimovanim vazduhom izduvavanje hladnjaka vršiti u smeru suprotnom od smera protoka vazduha pri normalnom radu motora. Prilikom čišćenja hladnjaka, obratiti pažnju na stanje



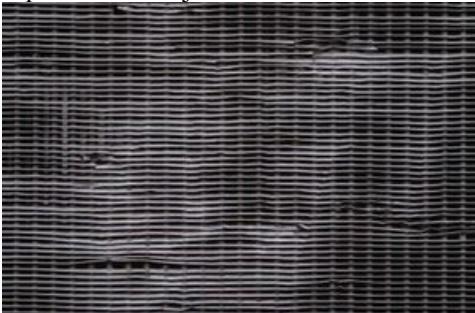
Sl. 6.6. Čišćenje primarnog filtera za vazduh izduvavanjem
a-čišćenje, b-kontrola oštećenja



Sl. 6.7. Prekontrolisati sve spojeve u sistemu za napajanje motora vazduhom

¹⁰ Preporučuje se da se svi zamenjeni filteri odmah bace. Ne treba ih čuvati u skladištu repromaterijala kao potencijalno moguć deo za korišćenje. Najbolje je filtere odmah probušiti kako bi ste se osigurali da nećete ponovo koristiti isti.

limenih rebara. Deformisana rebra opstruiraju protok vazduha tokom rada i smanjuju kapacitet hlađenja.



Sl. 6.8. Deformisana rebra hladnjaka



Sl. 6.9. Iskretanje hladnjaka

Deformisane limove ispraviti primenom pogodnog alata. Takođe, redovno čistiti mrežicu na prednjoj maski mašine. Ukoliko mašina radi u uslovima sa velikom količinom suve biljne mase, prašine i sl. čišćenje hladnjaka vršiti između dve smene ili na kraju radnog dana.

Podmazivanje ima zadatak da obezbedi permanentno prisustvo odgovarajuće količine i kvaliteta masti svim mestima predviđenim za podmazivanje. Praksa je pokazala da uredno i adekvatno podmazivanje predstavlja najbolju preventivnu pri zaštiti mašine. Podmazivanje mazaličnih mesta vrši se primenom odgovarajuće masti (saglasno sa preporukama proizvođača- više o izboru masti u poglavlju „Maziva“). Za podmazivanje se koriste „dekalamit“ mazalice pod pritiskom. Ukoliko mašina radi u uslovima povećane vlažnosti, podmazivanje mastima vršiti svakodnevno.



Sl. 6.10. Podmazivanje primenom „dekalamit“ mazalice

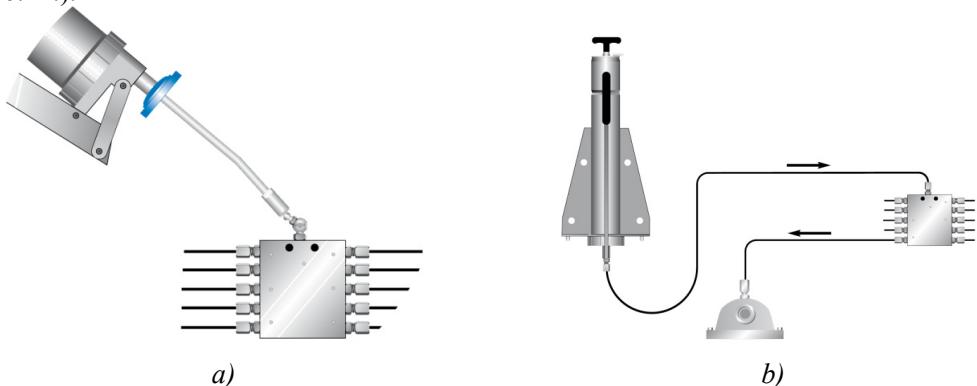
Centralno podmazivanje

Veliki broj mazajućih mesta na mašinama predstavlja potencijalnu teškoću imajući u vidu mogućnost neizvršavanja podmazivanja u definisanim terminskim intervalima. Izostanak podmazivanja prouzrokuje po pravilu znatno skraćenje veka trajanja uparenih delova što je posledica povećanog habanja. Sistemom centralnog podmazivanja postižu se dva efekta. Prvi i značajniji efekat je sigurnost podmazivanja, dakle osiguran pristup maziva u svakom unapred definisanom vremenskom intervalu svim mazajućim mestima. Drugi efekat je izražen u skraćenju utrošenog vremena za izvođenja operacija podmazivanja. Ovi sistemi se uveliko koriste kod kompleksne poljoprivredne mehanizacije kao što su mašine za ubiranje.

U osnovi centralni sistem podmazivanja se deli na:

- Sistem podmazivanja primenom ručno pogonjene pumpe,
- Automatski sistem centralnog podmazivanja.

Sistem podmazivanja primenom ručno pogonjene pumpe podrazumeva da rukovalac mašinom periodično izvrši podmazivanje. Ovo se može izvesti primenom dekalamit mazalice (kojom se podmazuje jedno mazalično mesto na centralnom distributoru maziva, a ovaj dalje cevčicama distribuira mazivo ka tačkama podmazivanja) ili ručnom pumpom postavljenom na mašini uz centralni distributor. Ovi sistemi su posebno pogodni u uslovima gde ne postoji izvor napajanja električnom strujom (sl. 6.11.).



Sl. 6.11. Ručno centralno podmazivanje

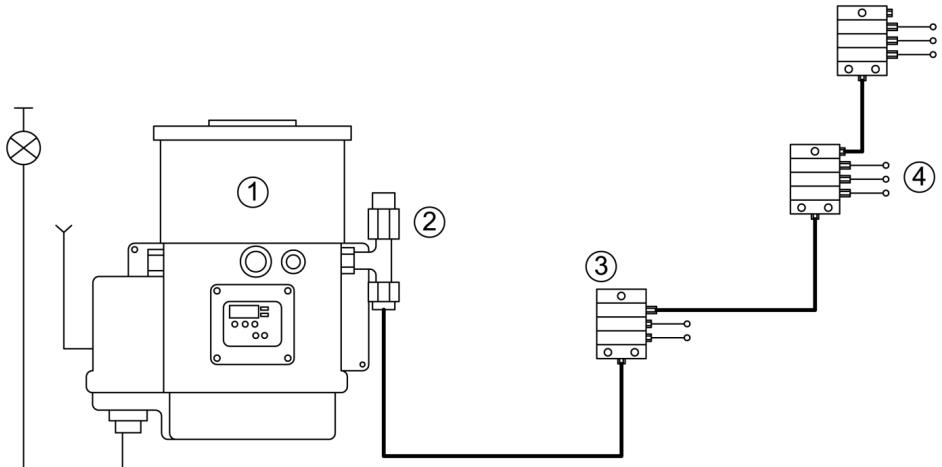
a-centralno podmazivanje primenom „dekalamit mazalicom“, b-ručna pumpa postavljena na mašinu

Automatski sistem centralnog podmazivanja se deli na:

- Centralni sistem podmazivanja s potpunim gubitkom maziva (jednolinijski, dvolinijski i progresivni),
- Cirkulirajući sistem podmazivanja uljem (jednolinijski, dvolinijski i progresivni)¹¹,
- Podmazivanje minimalnom količinom maziva (MQL)¹¹,
- Podmazivanje lančanih prenosnika¹¹ i
- Sistem doziranja minimalne količine maziva¹¹.

Jednolinijski sistemi s potpunim gubitkom maziva namenjeni su za distribuciju mazaličnim mestima relativno male količine maziva (Izmenjivi dozirni elementi na klipnim distributorima omogućuju isporuku od 0,01 do 1,5 cm³ maziva po ciklusu ili impulsu pumpe). Količine maziva precizno su definisane za svaku pojedinačnu tačku podmazivanja. Ovi sistemi rade u vremenskim intervalima ili prema režimu rada. Koriste se za podmazivanje uljem ili mastima konzistencije NLGI 000 i 00.

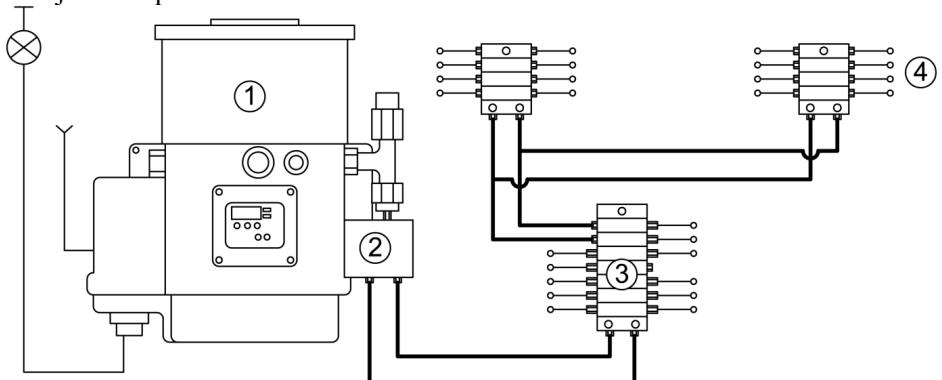
¹¹ Ovi sistemi nemaju primenu na poljoprivrednim mašinama te iz tog razloga neće biti opisani u nastavku.



Sl. 6.12. Jednolinijski sistem centralnog podmazivanja

- 1-rezervoar za ulje (mazivo) sa pumpom (klipnom ili zupčastom), 2-sigurnosni ventil,
- 3-jednolinijski klipni razvodnik, 4-mesto podmazivanja

Dvolinijski sistemi primenjuju se za podmazivanje kompleksnih sistema koji rade u ekstremno teškim uslovima kao što su valjaonice, čeličane, cementare, pogoni za termičku obradu, rudarska i lučka postrojenja... Dvolinijski sistem sadrži dve glavne linije koje su naizmenično opterećene i rasterećene. Ovi sistemi projektuju se za rad sa uljima viskoziteta od $50 \text{ mm}^2/\text{s}$ i mastima konzistencije do NLGI 2. Ovaj sistem omogućava podmazivanje pod pritiskom od 400 bara preko 1000 tačaka istovremeno na udaljenosti i preko 100 m.

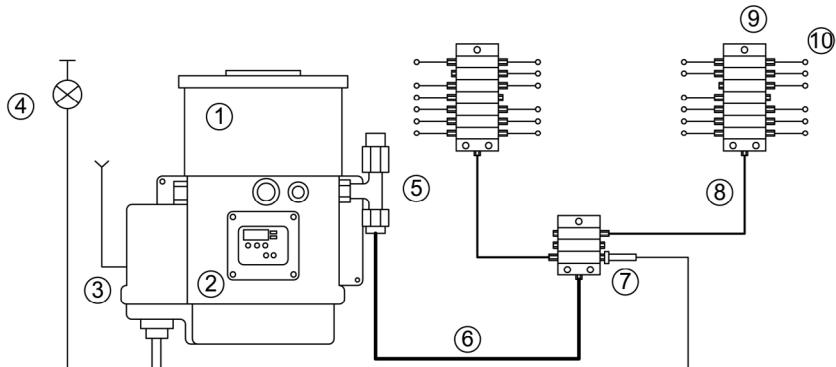


Sl. 6.13. Dvolinijski sistem centralnog podmazivanja

- 1-rezervoar za ulje (mazivo) sa pumpom (klipnom ili zupčastom), 2-prekretni ventil,
- 3-dvolinijski klipni razvodnik, 4-mesto podmazivanja

Progresivni sistemi centralnog podmazivanja isporučuju mazivo (ulje SAE 80/90 ili mast do konzistencije NLGI 2) u cikličkom režimu, sa ili bez integrisane upravljačko-kontrolne jedinice. Mazivo iz rezervoara kapaciteta 1-15 kg, isporučuje se od strane pumpe (zupčaste ili klipne, napona napajanja 12 ili 24 V) tačkama podmazivanja

putem plastičnih cevčica (prečnika 4mm) a preko progresivnog razvodnika koji deli ukupnu količinu maziva na tačno određene količine (definisane zahtevima pojedinih tačaka podmazivanja). Progresivni razvodnik funkcioniše na bazi naizmeničnog kretanja klipova (levo-desno) unutar razvodnika. Klipovi su gonjeni mazivom pod pritiskom. Količina maziva isporučena prema određenoj tački podmazivanja definisana je prečnikom klipa i dužinom njegovog hoda. Svaki od niza klipova unutar razvodnika može isporučiti mazivo prema tački podmazivanja tek onda kada je to učinio prethodni klip. Doziranje maziva tako se odvija na progresivni način. Svaki klip ima dva izlaza i dva krajnja položaja (levo-desno). Ovaj sistem se najčešće koristi kod poljoprivrednih i građevinskih mašina. Ulje se dovodi plastičnim cevčicama prečnika 4mm. Operativna temperatura ovih sistema je od -30 do +40°C. Radni pritisak je preko 350 bara. Ovakvi sistemi se najčešće koriste kod poljoprivrednih i građevinskih mašina.



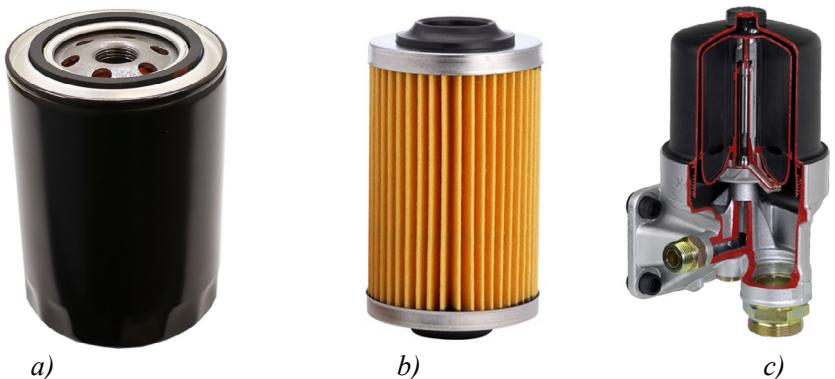
Sl. 6.14. Progresivni sistem centralnog podmazivanja

1-kompaktna centralna jedinica, 2-kontrolno-upravljačka jedinica, 3-napajanje (12 ili 24 V), 4-kontrolna lamicica, 5-sigurnosni ventil, 6-primarna linija, 7-primarni distributer sa senzorom ciklusa, 8-sekundarna linija, 9-sekundarni distributer, 10-tačka podmazivanja

6.5. ZAMENA FILTERA I ULJA U MOTORU

Interval zamene motornog ulja zavisi od kvaliteta korišćenog ulja, uslova eksploatacije i preporuke proizvođača,. Korisnici mehanizacije su u garantnom ruku dužni da poštuju preporuke proizvođača. Proizvođači poljoprivrednih mašina (prevashodno traktora) danas najčešće preporučuju interval zamene motornog ulja 250 ili 500 časova. Van garantnog roka moguće je zamenu ulja vršiti u zavisnosti od stanja istog (metode ispitivanja stanja ulja opisane su u poglavljju „Maziva“),

Pre zamene motornog ulja, motor se startuje i pusti da radi oko 5 min, da bi se ulje zagrejalo. Mašinu postaviti na ravan plato, ugasiti motor, skinuti čep za ulivanje ulja i skinuti čep za ispuštanje ulja sa dna kartera motora. Demontirati filter za ulje (pri svakoj zameni ulja obavezno se menja i filter). Danas se na savremenim poljoprivrednim mašinama koriste tri vrste filtera: spin-on, zamenljivi filterski ulošci i centrifugalni filteri (sl. 6.15.).

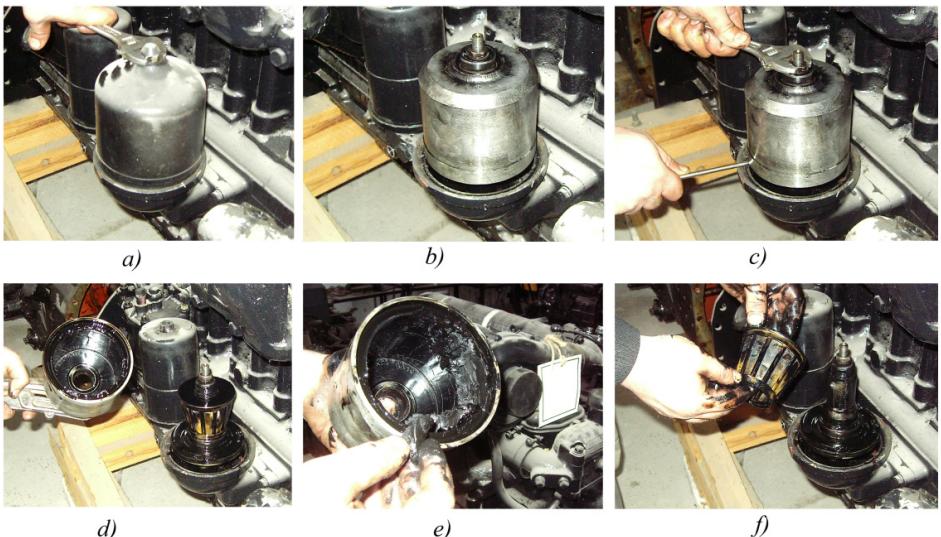


Sl. 6.15. Tipovi filtera motornog ulja

a-spin-on, b-zamenljivi filterski uložak, c-centrifugalni filter

Prilikom zamene filtera, odabir spin-on filtera ili filterskog uloška vršiti u skladu sa preporukama proizvođača. Naime, na tržištu se nudi veliki broj filtera koji su vizuelno vrlo slični, međutim, mogu se međusobno razlikovati po dimenzijama kućišta, dimenzijama zaptivne gumice, radnom pritisku, stepenu filtrabilnosti, prečniku navoja priključka, pritisku otvaranja nepovratnog ili bajpas ventila... Pre ugradnje „spin-on“ filtera namazati zaptivnu guminicu svežim motornim uljem i uvrnuti filter na prethodno detaljno očišćeno kućište. Filter se steže rukom, bez primene alata za demontiranje filtera. Prilikom zamene filterskog uloška potrebno je proveriti da li je zaostalo ulje u kućištu filtera (celokupna količina ulja iz kućišta bi trebalo da se vrati u karter motora, nakon skidanja poklopca filtera). Ukoliko ima zaostalog ulja potebno je odvrnuti vijak na dnu kućišta i ispustiti svu zaostalu količinu. Prilikom ugradnje novog filter uloška zameniti zaptivnu guminicu (zaptivnu guminicu namazati čistim motornim uljem). Kod centrifugalnih filtera nakon demontaže poklopca, vrši se demontaža rotora. Unutrašnjost rotora se čisti grebačem, a mrežasti filter sredstvom za odmašćivanje.

Pri svakoj zameni ulja preporučuje se čišćenje oduška kartera motora. Vratiti čep na dno kartera. Pri svakoj demontaži čepa potrebno je zameniti zaptivni prsten (podlošku) novim. Sipati predviđenu količinu novog ulja, startovati motor i proveriti da li postoji eventualno curenje.



Sl. 6.16. Rasklapanje centrifugalnog prečistača traktora MTZ 1021

a-skidanje poklopca, b-rotor filtera, c-demontaža rotora, d-unutrašnjost rotora, e-nataložene nečistoće unutar rotora prečistača, f-mrežasti filter prečistača

6.6. ZAMENA HIDRAULIČNO-TRANSMISIONOG ULJA

Interval zamene hidraulično transmisionog ulja uskladiti sa zahtevima proizvođača. Danas najčešće proizvođači poljoprivrednih mašina predviđaju interval zamene ovog ulja na 1500 časova rada. Ovaj interval može biti i kraći ukoliko hidraulika radi pri povećanom opterećenju koje ima za posledicu intenzivno zagrevanje ulja. Neblagovremena zamena hidraulično-transmisionog ulja uzrokuje pojавu taloga na radnim elementima sistema, zaglavljivanje elemenata, povećano habanje, pojačano curenje i gubitak snage. Prilikom zamene hidraulično-transmisionog ulja neophodno je proučiti uputstvo za održavanje mašine. Naime, zbog složenosti hidraulično-transmisionog sistema savremenih poljoprivrednih mašina, najčešće nije moguće ispuštiti svu količinu ulja odvrtanjem samo jednog čepa (npr. čepa na dnu kućišta diferencijala). Često je neophodno odvrnuti veći broj čepova (sa kućišta diferencijala, menjača) i demontirati neka od sprovodnih cevi za ulje.

Pre ispuštanja hidraulično-transmisionog ulja, mašinu postaviti na ravnu podlogu, startovati motor dok se ulje ne zagreje). Nakon zagrevanja ulja, ugasiti motor i pristupiti ispuštanju ulja shodno preporukama proizvođača. Zameniti filter hidraulično transmisionog ulja. Zamena filtera hidraulično-transmisionog ulja se najčešće vrši sa intervalom koji je duplo kraći od zamene ulja (npr. 750 h). Zamenu filtera moguće je izvršiti i sa kraćim intervalom ukoliko se upali signalna lampica zaprljanosti filtera hidraulično-transmisionog ulja. Naime mnoge poljoprivredne mašine opremljene su

senzorom (prekidačkog tipa¹²) o otvorenosti bajpas voda. Na savremenim poljoprivrednim mašinama ugrađuje se filter hidraulično-transmisionog ulja različitog tipa (*spin-on*, zamenljivi filterski ulošci i centrifugalni filteri). Prilikom zamene filtera, zaptivnu guminu podmazati isključivo hidrauličnim uljem. Ukoliko je hidraulično-transmisioni sistem opremljen i mrežastim filterom,¹³ prilikom zamene ulja obavezno ga očistiti. Nakon montaže filtera i čepova, uliti predviđenu količinu ulja odgovarajuće viskozne gradacije i kvaliteta (o hidraulično-transmisionom ulju više je rečeno u poglavlju „Maziva“). Kod mašina (u prvom redu traktora) koje su opremljene upravljačkom jedinicom za automatsku promenu stepena prenosa, neophodno je izvršiti kalibraciju ukoliko se vrši zamena ulja različite viskozne gradacije.

Nakon nalivanja ulja, startovati motor tokom nekoliko minuta i proveriti da li postoji curenje. Ugasiti motor i nakon 5 minuta proveriti nivo ulja. Po potrebi dosuti ulje.

6.7. KONTROLA NIVOA I ZAMENA ULJA U PREDNJEM POGONSKOM MOSTU I ZAVRŠNOM PRENOSU

Kontrola nivoa ulja u prednjem pogonskom mostu i završnom prenosu (bočnim reduktorima) vrši se u skladu sa preporukom proizvođača a maksimalno na svakih 250 časova. Zamena ovog ulja vrši se najčešće na 1500 h. Prednji pogonski most najčešće je opremljen sa dva čepa. Jedan čep se nalazi na donjem delu kućišta diferencijala prednjeg pogonskog mosta i namenjen je za ispuštanje ulja, a drugi negde na njegovoj sredini. Čep koji se nalazi negde na sredini kućišta predstavlja nivokazni otvor. Nakon

demontaže ovog čepa doliva se predviđeno ulje (o uljima više u poglavljiju „Maziva“) dok ne počne da curi kroz otvor. Početak curenja ukazuje na dostizanje predviđenog nivoa ulja.

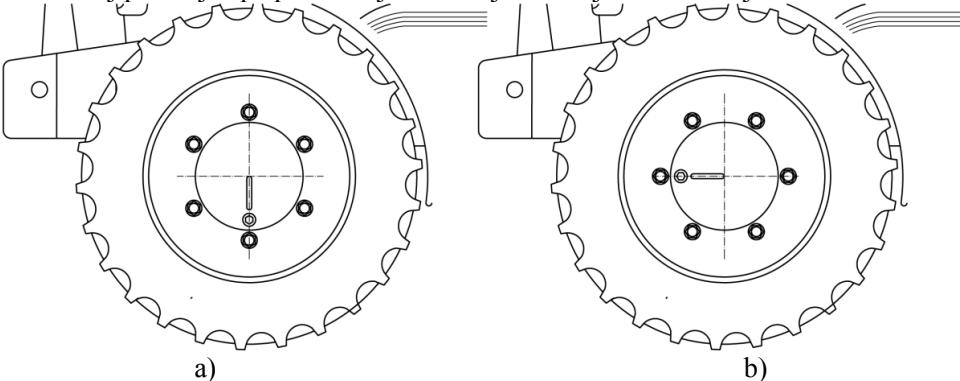


Sl. 6.17. Čepovi za ispuštanje i dolivanje ulja u kućištu diferencijala prednjeg pogonskog mosta traktora MTZ 820

¹² O tipovima senzora savremenih poljoprivrednih mašina više je dato u poglavljju „Dijagnostika“

¹³ Mrežasti filteri koriste se za predfiltriranje ulja. Otporni su na visoke pritiske i temperature. Mogu se čistiti. Karakteriše ih veliki kapacitet i niska efikasnost filtriranja. Pranje mrežastog filtera moguće je razredivačem ili nekim drugim odmašćivačem. Nakon pranja filter se suši komprimovanim vazduhom.

Kontrolu nivoa i zamenu ulja u završnom prenosu (bočnim reduktorima) različiti proizvođači rešavaju na različite načine. Najčešće su zastupljena dva načina: sa jednim ili dva čepa. Kod sistema sa dva čepa kontrola se vrši na način kako je opisano kod kontrole nivoa ulja u prednjem pogonskom mostu. Kod sistema sa jednim čepom ispuštanje ulja se vrši okretanjem točka u položaj da se čep nalazi u donjem položaju. Nakon ispuštanja ulja, točak se zakreće u takav položaj da se čep nalazi u nivou ose točka. Ovaj položaj čepa predstavlja nivo koji određuje količinu ulja u ovom kućištu.



*Sl. 6.18. Položaj čepa prilikom zamene ulja u kućištu završnog prenosa
a-položaj točka pri ispuštanju ulja, b-položaj točka pri dolivanju i kontroli nivoa ulja*

6.8. ZAMENA RASHLADNE TEČNOSTI

Zamena rashladne tečnosti vrši se u skladu sa preporukama proizvođača. Najčešće je interval zamene rashladne tečnosti 2 godine (neki proizvođači predviđaju prvu zamenu rashladne tečnosti nakon 3 godine, a svaku narednu nakon 2 godine). Zamena rashladne tečnosti se vrši kada je motor hladan (kod ugrejanog motora pritisak u sistemu je povišen). Zamena rashladne tečnosti obuhvata sledeće korake¹⁴:

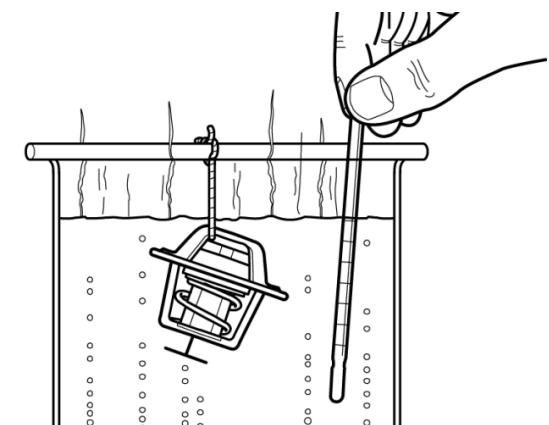
1. Pažljivo otpusti čep sa hladnjaka (ekspanzionog suda) kako bi se oslobođio pritisak, nakon toga se čep potpuno skine.
2. Odvrnuti slavinu sa hladnjaka rashladne tečnosti i bloka motora.
3. Demontirati poklopac termostata, izvaditi termostat i vratiti poklopac na svoje mesto (bez termostata).
4. Zavrnuti ispusne slavine.
5. Napuniti sistem sredstvom za ispiranje.
6. Startovati motor.
7. Nakon dostizanja radne temperature ugasiti motor i ispustiti rastvor za ispiranje.

¹⁴ Grejač kabine sve vreme ostaviti u položaju uključeno. Ovo je bitno kako bi se ispustila i tečnost koja se nalazi u instalaciji sistema za zagrevanje kabine,

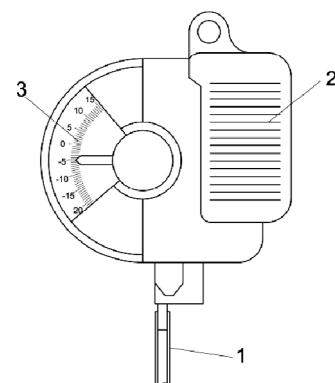
8. Ponoviti korak 5, 6 i 7 korišćenjem čiste vode (nikada ne sipati hladnu vodu ili rashladnu tečnost u zagrejani motor).
9. Demontirati poklopac termostata, očistiti zaptivnu površinu, staviti termostat i novu zaptivku i montirati poklopac pritezanjem vijaka odgovarajućim momentom pritezanja.
10. Zavrnuti ispusne slavine i sipati propisanu rashladnu tečnost.

Ispravnost termostata kontroliše se njegovim potapanjem u vodu i zagrevanjem iste. Na sobnoj temperaturi termostat treba da je zatvoren. Na temperaturi oko 60°C termostat treba da počne da se otvara a na 85°C da je potpuno otvoren.

Temperatura smrzavanja rashladne tečnosti se kontroliše pomoću namenskog instrumenta. U zavisnosti od odnosa vode i koncentrovanog sredstva za hlađenje zavisi gustina smeše. Iz tog razloga gustina je parametar koji se meri prilikom određivanja temperature smrzavanja rashladne tečnosti. Merenje se vrši na taj način što se skine čep sa hladnjaka (ekspanzionog suda), u rashladnu tečnost uroni crevo mernog instrumenta, otpusti se vazdušni mehur (mehur je pre uranjanja cevčice u rashladnu tečnost pritisnut) čime se usisava manja količina rashladne tečnosti u instrument. Na instrumentu se direktno očitava njena temperatura smrzavanja.



Sl. 6.19. Ispitivanje temperature otvaranja termostata



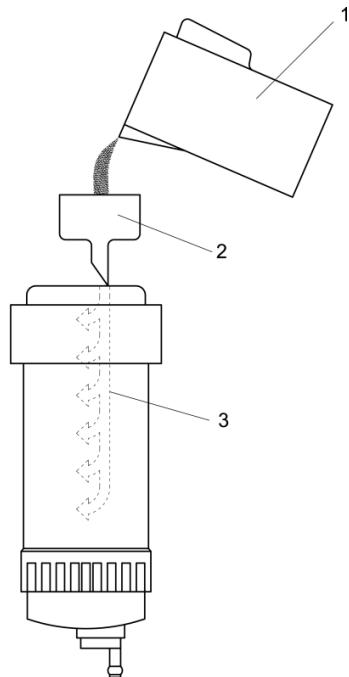
Sl. 6.20. Namenski instrument za ispitivanje temperature smrzavanja rashladne tečnosti
1-crevo za uzorkovanje, 2-vazdušni mehur, 3-temperaturna skala

6.9. ODRŽAVANJE SISTEMA ZA NAPAJANJE MOTORA GORIVOM

Zamena filtera za gorivo vrši se prema preporuci proizvođača, najčešće je to na svakih 250 časova ili češće ukoliko se javi potreba (ukoliko dođe do poremećaja u radu motora). S obzirom na to da se gorivo u sistemu nalazi pod pritiskom, neophodno je pre demontaže filtera otpustiti pritisak u sistemu. Ovo se radi odvrtanjem čepa sa

filtera (sa njegove donje ili gornje strane, zavisno od modela filtera). Savremeni sistemi za napajanje motora gorivom najčešće su opremljeni sa dva filtera za gorivo (primarnim i sekundarnim). Filter za gorivo se demontira na različite načine zavisno od konstruktivne izvedbe (odvrtanjem, demontiranjem montažnih kopči itd.). Zaprljani filter nije moguće isprati niti ga naknadno koristiti. Iz tog razloga preporučuje se probijanje filtera probojcem i na taj način eliminisanje mogućnosti naknadne ugradnje. Pre montaže, novi filter se napuni gorivom uz oprez da ne dođe do kontaminacije filtera prljavštinom. Gorivo u filter se sipa lagano, kako bi se obezbedio njegov prolaz kroz uložak.

Zaptivku na filteru podmazati i nakon toga montirati filter (primarni i sekundarni). Nakon montaže filtera, startovati motor i pustiti da radi sa srednjim brojem obrtaja (rasterećen motor). Ukoliko motor ne može da startuje ili se javi problemi tokom rada, neophodno je ukloniti vazduh iz sistema za napajanje motora gorivom. O načinu ispuštanja vazduha iz sistema za napajanje motora gorivom neophodno je konsultovati se sa uputstvom za rad i održavanje. Međutim, postoje opšti principi kako se ovo izvodi. Najpre se ispušta vazduh iz filtera za gorivo, odvrtanjem vijka za ispuštanje vazduha sa kućišta filtera i pumpanjem ručnom pumpom (pumpom niskog pritiska). Kada kroz otvor na filteru kreće gorivo bez vazdušnih mehurova, zavrće se vijak sa filtera i procedura se nastavlja sa odvrtanjem vijka sa pumpe visokog pritiska. Nakon pojave goriva bez prisustva vazduha, odvrću se preklopne navrtke sa vodova visokog pritiska na mestu brizgaljki. Pokrene se motor elektropokretačem, kada se pojavi gorivo na izlaznom delu voda visokog pritiska zavrnu se preklopne navrtke i startuje motor.



*Sl. 6.21. Prethodno punjenje filtera sa gorivom
1-posuda sa gorivom, 2-levak za sigurno ulivanje goriva, 3-filter*

6.10. KONTROLA AKUMULATORA

Iako se danas na poljoprivrednim mašinama uglavnom ugrađuju akumulatori koji ne zahtevaju nikakvo održavanje, zbog često nepovoljnih radnih uslova (visoka spoljna temperatura, učestala startovanja motora...) mogu se javiti potrebe za dolivanjem destilovane vode. Kontrola akumulatora vrši se prema preporukama proizvođača, a najčešće na svakih 250 časova. Prilikom rukovanja i održavanja akumulatora, neophodno je posvetiti posebnu pažnju. Naime, unutar akumulatora se nalazi elektrolit (vodeni rastvor sumporne kiseline) koji je isparljiv i u gasnom stanju vrlo eksplozivan.

Potpuno napunjen akumulator mora da ima gustinu $1,270 \pm 0,01$ g/cm³, na temperaturi od 25°C, što odgovara koncentraciji od 37,77%. Gustina elektrolita se u toku eksploatacije menja, prilikom pražnjenja akumulatora dolazi do opadanja gustine elektrolita da bi na kraju pražnjenja dostigla vrednost od 1,14 g/cm³ (20,47%), dok prilikom punjenja dolazi do povećavanja koncentracije kiseline do 1,28 gr/cm³.

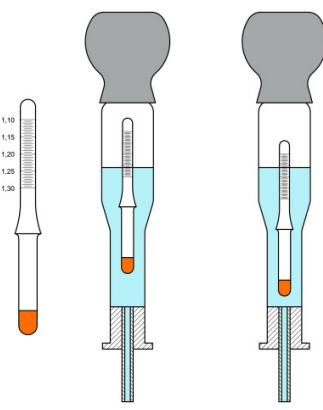
Na gustinu elektrolita utiče temperatura: povećavanjem temperature dolazi do snižavanja gustine, dok opadanje temperature izaziva povećanje gustine elektrolita. Promena gustine po jednom stepenu iznosi 0,00074gr/cm³, što predstavlja temperaturni koeficijent. Instrument za merenje gustine elektrolita naziva se areometar (bometar).

Tab. 6.2. Promena napunjenosti akumulatora u funkciji gustine

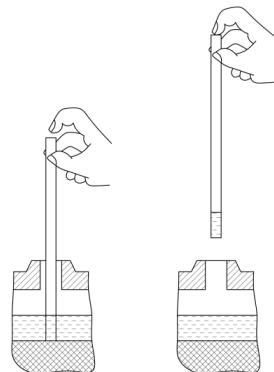
Gustina elektrolita (g/cm ³)	Stepen napunjenosti akumulatora (%)
1,280	100
1,235	75
1,190	50
1,145	25
1,110	0

Gustina elektrolita je bitan pokazatelj rada akumulatora. Proverom gustine moguće je utvrditi stepen napunjenosti akumulatora i utvrditi stanje njegove ispravnosti. U tabeli 6.2. data je gustina elektrolita i % napunjenosti akumulatora. Ukoliko se izmerenoj vrednosti gustine u jednoj čeliji doda koeficijent 0,85 dobija se vrednost napona te čelije. Tako na primer ako je gustina elektrolita 1,280 gr/cm³ i njoj se doda koeficijent 0,85 dobija se vrednost 2,13, što odgovara naponu te čelije.

Pored gustine, nivo elektrolita je takođe veoma bitan za normalan i pouzdan rad čelije, odnosno celog akumulatora. Nivo elektrolita mora da bude 10-15 mm iznad gornje tačke separatora. Nedostatkom potrebnog nivoa elektrolita dolazi do neželjenih efekata u samom procesu unutar čelije (pojave sulfata, smanjenje kapaciteta, smanjenje startne struje, itd.). Pravilna kontrola elektrolita se vrši staklenom cevčicom



*Sl. 6.22. Instrument za merenje gustine elektrolita
a-aerometar (bometar), b-normalna gustina elektrolita (akumulator napunjen), c-nedovoljna gustina elektrolita (akumulator prazen)*



Sl. 6.23. Kontrola nivoa elektrolita

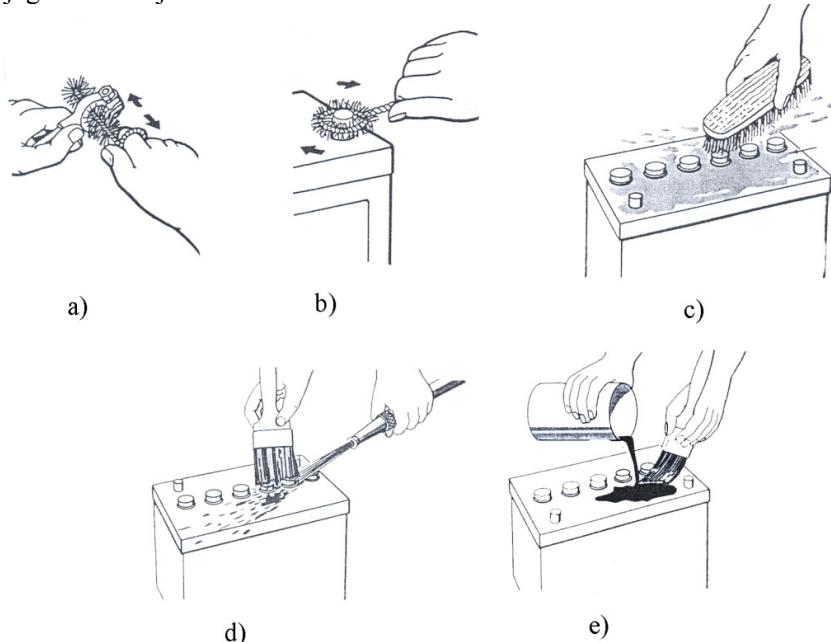
kao što je prikazano na slici 6.23.

Do gubitka tečnosti, odnosno elektrolita, može da dođe u više slučajeva, a to su:

- fizičkim oštećenjem kutije
- izlivanjem tečnosti
- neispravnošću vozila (prepunjavanjem), itd.

Opšta pravila za održavanje i upotrebu akumulatora su:

- Baterija uvek mora biti čista i suva. Po dolivanju tečnosti, bateriju obavezno obrisati suvom krpom. Nečistoće sa mostova i izvoda polova čistiti sa rastvorom sode (NaHCO_3) u toploj vodi (1 kg sode na 10 lit vode), pri čemu se mora voditi računa da rastvor ne dođe u dodir sa unutrašnjim elementima baterije. Nakon izvršenog čišćenja potrebno je sve veze premazati vazelinom, kao zaštitom od daljeg korodiranja.



Sl. 6.24. Pranje akumulatora

a-čišćenje klema na kablovima žičanom četkom, b-čišćenje kontakta na akumulatoru, c-ribanje jako zaprljanih mesta kućišta akumulatora četkom za ribanje, d-pranje akumulatora vodom i četkom, e-neutralizacija kiseline primenom vodenog rastvora sode

- Kontaktne veze uvek moraju biti dobro pričvršćene i zategnute. U slučaju slabijeg pričvršćenja i uz dodir sa kiselinom dolazi do stvaranja olovo-sulfata na tim mestima, a samim tim i do lošijeg ostvarenja kontakta. Pored toga, povećava se mogućnost pojave varnice pri takvom kontaktu, a koja u dodiru sa praskavim gasovima prilikom punjenja može dovesti do eksplozije akumulatora. I na mesinganim klemama se u dodiru sa elektrolitom takođe stvara izolacioni sloj

između pola i kleme, a sa tim i povećanje otpora protoka struje, što prouzrokuje zagrevanje provodnika pri startovanju. Kleme moraju biti dobro očišćene i čvrsto stegnute za polne izvode.

- Priprema elektrolita određene koncentracije se vrši u specijalnim posudama i određenim postupkom. Pri mešanju sumporne kiseline i destilovane vode potrebna je velika opreznost. Način mešanja ove dve tečnosti se odvija na taj način što se uvek sipa kiselina u vodu i to u tankom mlazu i uz stalno mešanje. Nikako se ne sme dolivati voda u kiselinu, jer tada dolazi do burne reakcije praćene povećanjem temperature rastvora. Pri rukovanju kiselinom obavezno koristiti zaštitno odelo i zaštitne naočare.

6.10.1. Punjenje baterije

Pravilno punjenje (dopunjavanje) olovnih akumulatora vrši se po određenim propisima i pravilima. Ne poštujući te propise i pravila pri dopunjavanju baterija dolazi do njihovog oštećenja i smanjenja veka trajanja.

Propisi kojih se treba pridržavati su sledeći:

- Ispraznjeni akumulator se mora staviti na punjenje najkasnije u roku od 24 h, jer u protivnom dolazi do stvaranja sulfata na površinskom delu ploča.
- Pre priključivanja akumulatora na izvor napajanja (punjač) potrebno je izvršiti vizuelni pregled baterije: pregledati nivo elektrolita, gustinu elektrolita i napon akumulatora.
- Obavezno odvrnuti čepove sa akumulatora kako u toku punjenja ne bi došlo do eksplozije prouzrokovane stvaranjem praskavih gasova u toku punjenja.
- Pri priključenju na izvor napajanja potrebno je obratiti pažnju da ne dođe do zamene polova izvora i izvoda polova na akumulatoru.
- U toku punjenja potrebno je kontrolisati: napon, gustinu elektrolita, temperaturu i sam tok punjenja (vreme). Najčešća kontrola je potrebna u prva dva časa i poslednja dva časa punjenja. Ukoliko dolazi do naglog povećanja temperature preko 40°C , potrebno je smanjiti struju punjenja (ako je moguće), ili isključiti punjenje dok se temperatura ne vратi na sobnu. Potom pristupiti ponovnom punjenju, ali sa manjom početnom strujom. Akumulator je napunjen kada mu gustina elektrolita dostigne vrednost $1,280 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, ili kada mu napon u poslednja tri merenja u jednom satu bude nepromenjen, odnosno u blagom opadanju.
- Nije poželjno puniti akumulator većom strujom od propisane.
- Po završetku punjenja, prvo se isključi punjač, pa potom skidaju klemne sa polova baterija. Taj postupak se vrši posle isteka minimalno jednog sata po završetku punjenja (nestručnim rukovanjem može doći do eksplozije akumulatora).
- Po završnom skidanju akumulatora sa punjača obavezno ga obrisati kako ne bi došlo do oštećenja mesta u vozilu (kiselina) na kojem je smešten akumulator.

- Punjenje akumulatora mora da se vrši isključivo u prostorijama, namenjenih za tu svrhu, odnosno propisno zaštićenih i sa odgovarajućim provetrvanjem (10-15 izmena vazduha u prostoriji na čas).

6.10.2. Sulfatizacija akumulatora

Sulfatizacija ploča najčešće nastaje kada je baterija ispražnjena, a u propisanom vremenu ne bude dopunjena (24h). Takođe do sulfatizacije dolazi dubokim pražnjenjem baterije ispod nivoa koji je propisan (1,73V po čeliji). Stvaranjem sulfata na pločama (pobelele ploče) dolazi do smanjenja difuzije i do sve većeg širenja sulfata. Ukoliko se pravovremeno ne preduzmu mere sprečavanja njegovog širenja i vremenskog odležavanja, dolazi do stvaranja dubinskog sulfata, koji je fatalan za dalji rad baterije.

Tipični znaci sulfatiranja su:

- smanjenje kapaciteta baterija,
- smanjenje gustine elektrolita u bateriji,
- pri startovanju dolazi do povećanja opterećenja čelije i
- pri startovanju dolazi do povećanja temperature (povećan unutrašnji otpor).

Kada je u bateriji nastupila sulfatizacija u manjoj meri, (kada se stanje baterija uoči na vreme), staviti bateriju na punjenje sa 1/4 propisane vrednosti struje 5h i to sve dok se ne dobije propisana gustina elektrolita ili najveća moguća gustinu koju baterija može da daju datom momentu. Pri tome paziti da temperatura elektrolita ne prelazi 45°C.

Za razbijanje sulfata koji je zahvatio veći deo ploča bateriju staviti na punjenje sa režimom konstantnog napona (zbog velike unutrašnje otpomosti baterije) do vrednosti napona od 2,4V po čeliji. Zatim bateriju staviti na pražnjenje i prazniti do propisane vrednosti od 10,5 V. Ovaj režim ponavljati dok se ne postignu potrebni parametri punjenja ili kapaciteta. U ovakvom slučaju može da dođe do povećanja gustine elektrolita. U ovakvim slučajevima potrebno je izbaciti kiselinu i naliti novu, odgovarajuće gustine (1,280 g/cm³).

U najgorem slučaju, kada je sulfat zahvatio veliki deo ploča, razbijanje se isključivo može izvršiti izbacivanjem kiseline iz baterije i nalivanjem destilovane vode. Bateriju puniti sa 10% propisane struje 5h pražnjenja. Zatim izvršiti dubinsko pražnjenje baterije, izliti elektrolit i naliti propisanu vrednost kiseline. Baterija se ponovo priključuje na punjenje i kontroliše se tok punjenja, ukoliko se nisu postigli dobri rezultati, proces se ponavlja još nekoliko puta.

Potpuno napunjena baterija ne sme ostati priključena na izvor napajanja, da bi se dopunjava, jer se sa tim ne dobija veća napunjenošt baterije. Višak energije koji se i dalje dovodi u akumulator stvara praskave gasove, dovodi do gubitka tečnosti, a samim tim i povećanja koncentracije elektrolita, oštećenja ploča.

Nedovoljno napunjena baterija stavljena u eksploraciju pospešuje stvaranje sulfata na pločama i gubitak kapaciteta, odnosno startne sposobnosti same baterije.

6.11. KONTROLA, ČIŠĆENJE I PODEŠAVANJE BRIZGALJKE ZA GORIVO

Brizgaljke u motorima rade u specifičnim uslovima. Pri radu motora javljaju se razni potresi, vrlo različite promene optrećenja, temperatura u samom prostoru za sagorevanje je vrlo visoka, a pritisak ubrizgavanja goriva prelazi 200 bara¹⁵.

Iz navedenog se vidi da su uslovi rada brizgaljki vrlo teški. Otuda je neophodno obratiti pažnju na konstrukcione i eksplatacione parametre i održavanje za vreme rada motora, a takođe, i u vaneksploatacionom periodu.

Nosač brizgaljke pričvršćen je za glavu cilindra pomoću prirubnice i dva vijka. Zaptivanje između brizgaljke i cilindra ostvaruje se pomoću bakarne zaptivne podloške, koja se nalazi između donje ivice držača brizgača i glave cilindra. Površina cilindarske glave, naležuće površine bakarne zaptivne podloške, kao i odgovarajuća površina na držaču brizgača moraju biti čiste, da bi se postiglo dobro zaptivanje.

Ukoliko se brizgaljka skida, iz bilo kog razloga, preporučuje se zamena zaptivne podloške. Zaptivna podloška treba da se navlači na brizgač lako, ali ne labavo. Ni u kom slučaju ne sme da se upotrebi neka druga zaptivna podloška. Posle ovoga se može staviti brizgaljka na svoje mesto, obraćajući pri tome pažnju da lako ulazi u cilindarsku glavu i na vijke koji je pridržavaju, tako da može da se stavi bez upotrebe sile. Navrtku na prirubnici treba pritezati pođednako da bi se sprečilo zakošenje i oštećenje brizgača u glavi cilindra. To je veoma važno, jer svaka neravnomernost u pritezaju može da izazove zakošenje brizgača, što će imati kao posledicu prolazak gasova kroz sedište brizgaljke.

Brizgaljku treba skidati u redovnim vremenskim razmacima, zbog ispitivanja. Ukoliko su uslovi sagorevanja u motoru dobri, a rezervoar za gorivo i sistem za prečišćavanje se održavaju čisti, dovoljno je brizgaljke ispitivati svakih 2000 h (preporuka proizvodača Belarus) odnosno jedanput godišnje (preporuka proizvodača Massey Ferguson traktor serije 8100).

Neispravnost brizgaljki se obično ispoljava:

- lupanjem u jednom ili više cilindara,
- gubitkom snage,
- povećanjem potrošnje goriva,
- pregrevanjem motora,
- crnim dimom u izduvnim gasovima.

Loše ubrizgano gorivo, tj. gorivo koje je nedovoljno raspršeno ne može da se pomeša sa vazduhom i da sagori. Takvo gorivo se sliva niz zidove cilindara i klipove spirajući film maziva. Nedostatak filma maziva između klipa i zida cilindra povećava trenje i habanje. Isto to gorivo se sliva u karter motora, gde kontaminira celokupnu količinu maziva, smanjujući njegova mazivna svojstva.

¹⁵ Odnosi se na klasične sisteme za napajanje motora gorivom (sa pumpom visokog pritiska)

Loše ubrizgavanje je posledica mnogih neispravnosti. Loš prečistač za gorivo propušta čestice nečistoća. Čestice nečistoće koje dospeju do brizgaljki mogu da spreče pravilan rad elementa brizgaljke, tj. da spreče potpuno zatvaranje rupice brizgaljke iglom. Posledica toga je naknadno kapanje goriva u cilindar posle ubrizgavanja. Kapanje brizgaljke izaziva i nečistoća koja prodre u povratni ventil pumpe visokog pritiska i tako spreči potpuno zatvaranje elementa pumpe. Isto tako dolazi do ranijeg ubrizgavanja goriva (na nižem pritisku ubrizgavanja) jer zbog lošeg zaptivanja igle postoji prolaz za gorivo. Neispravnosti brizgaljke modifikuju ugao predubrizgavanja.

Loše sagorevanje izaziva pojavu gareži koja se taloži na vrhu brizgača i postepeno zatvara rupicu.

Sledeće neispravnosti brizgaljki utiču na povećanu potrošnju goriva:

- postojanje razlika u pritiscima otvaranja brizgalji,
- primena brizgaljki različitih geometrijskih mera na istom motoru,
- zapušene rupice od gareži,
- nezaptivenost elemenata brizgaljke,
- nedovoljan pritisak ubrizgavanja,
- loš oblik mlaza,
- slaba prodornost mlaza,
- kapanje brizgaljke.

6.11.1. Ispitivanje i proba

Često se neispravna brizgaljka može pronaći otpuštajući preklopnu navrtku dovodne cevi za gorivo na svakoj brizgaljki redom, dok motor radi bez opterećenja. To će sprečiti da gorivo bude ubaćeno kroz tu brizgaljku u cilindar motora, te ona neće uticati na njegov rad. Ako posle popuštanja jedne preklopne navrtke ostane isti broj obrtaja motora ili prestane lupanje, to ukazuje da je ta brizgaljka u kvaru.

Treba skinuti navrtke sa prirubnice sumnjive brizgaljke i brizgaljku izvući iz cilindarske glave, okrenuti je oko cevi tako da je brizgač okrenut napolje (usmeren od motora), ne brišući ga pri tome, a potom skinuti ostale priključke. Pošto se otpuste priključci cevi od drugih brizgaljki (da bi se izbegla mogućnost startovanja motora) treba okrenuti kolenasto vratilo motora sve dok brizgaljka ne ubrizga u vazduh. Pri tome će se odmah videti da li je njen mlaz ispravan. Ukoliko je mlaz suviše vlažan (nedovoljna raspršenost kapljica), prugast (mlaz je razbijen u nekoliko manjih mlazeva), iskrivljen na jednu stranu ili ukoliko brizgaljka kaplje potrebno je ispitati rupice specijalnim alatom. Ako i posle čišćenja rupice brizgača mlaz ne zadovoljava treba skinuti kompletну brizgaljku.

Sumnjivu brizgaljku, još uvek neizbrisani, treba postaviti na uredaj za ispitivanje. S najmanje 10 punih hodova ručne pumpe izbaciti najpre sav vazduh iz sistema. Tada treba kontrolisati pritisak pri kome izbija mlaz. Taj pritisak treba da je prema propisanim vrednostima koje daje proizvodač.

Nakon toga, posmatranjem, uočiti jednoličnost mlaza pri brzini pumpanja od najmanje

20 hodova u minuti. Svaki mlaz treba da bude raspršen (u vrlo finu maglu) i da formira kupu prečnika 75 mm na udaljenosti od oko 300 mm od brizgača.

Brizgaljka je ispravna za rad ukoliko, pri radu uređaja za ispitivanje sa gornjim brzinama, daje dva snažna mlaza.

Brizgaljka je zaprljana i treba je pregledati ako:

- izbacuje vlažne i zbijene mlazeve,
- ukoliko je jedna od rupa zapušena ili delimično zapušena (tako da iz jedne rupe izlazi znatno veći mlaz nego iz druge).

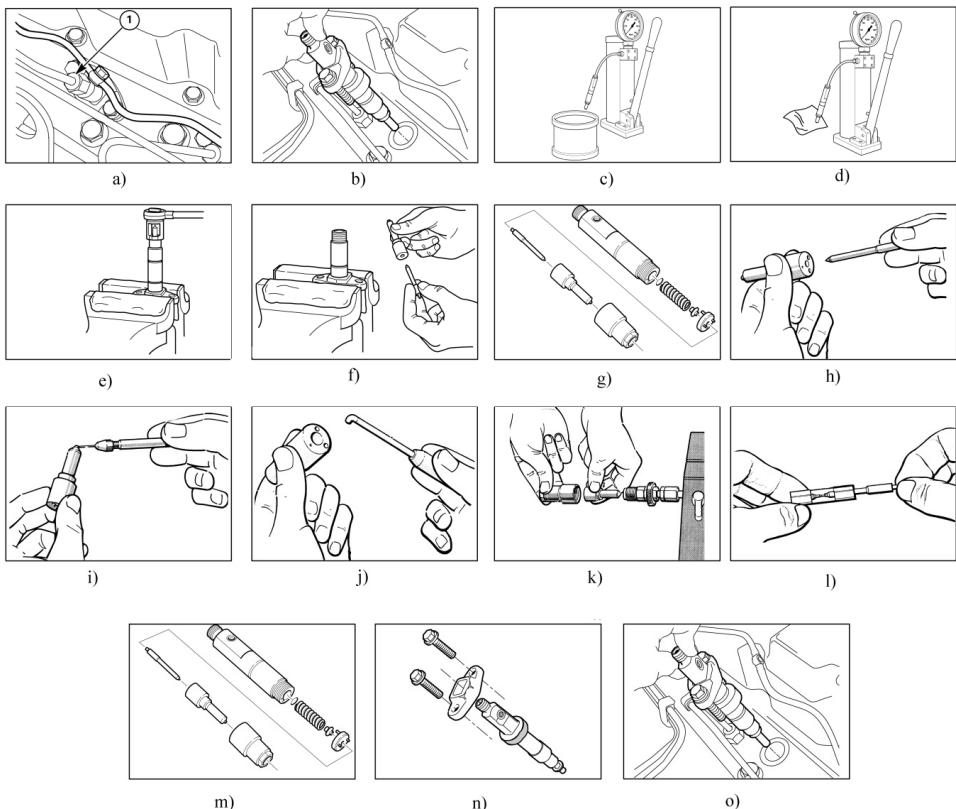
Kod skidanja brizgaljke sa uređaja za ispitivanje zatvoriti ventil okrećući točak i odvrćući preklopnu navrtku malo po malo, tako da pritisak postepeno opada.

Sve brizgaljke su još u fabrići podešene na određeni radni pritisak. Ukoliko se novi brizgač stavlja u nosač brizgaljke, potrebno je ponovo podešavanje pritiska. Pritisak otvaranja igle brizgaljke, koja je bila određeno vreme u upotrebi, će blago opasti.

Nemoguće je podesiti pritisak ubrizgavanja na brizgaljki na bilo koji stepen tačnosti bez korišćenja uređaja za ispitivanje. Ukoliko je podešenost brizgaljke poremećena, a uzimajući u obzir da svaki okret zavrtnja za podešavanje pritiska opruge znači odgovarajuće povećanje ili menjanje pritiska ubrizgavanja, može se desiti da se pritisci na brizgaljkama razlikuju i do 15 bara. Sa takvim razlikama pritisaka na brizgaljkama motor ne može da radi ispravno

Pre rastavljanja brizgaljke treba popustiti oprugu odvrtanjem vijka za podešavanje pritiska, a zatim držać brizgača popustiti ključem. Ni u kom slučaju ne treba staviti držać brizgača u stegu, niti u podesive ključeve, jer to može dovesti do njihovog oštećenja. Prekontrolisati površinu držaća brizgača, da li je oštećena, tako da bi oštećenje moglo da "zaseče" brizgač na bilo koji način. Sve dodirne površine treba da su čiste i sjajne, bez ikakvih oštećenja, i da se međusobno poklapaju kako bi mogao da se ostvari spoj za visoki pritisak između tela brizgaljke i brizgača. Nakon toga skinuti nosač brizgaljke sa alata za stezanje i zajedno sa držaćem brizgača potopiti ga u čist petrolej ili tečnost za pranje u neku pogodnu posudu i ostaviti da odstoji.

Kada je već izvršeno rastavljanje brizgaljke, posebnu pažnju posvetiti pregledu igle brizgaljke i brizgača. Iglu brizgaljke treba uzeti za njenu dršku palcem i kažiprstom i pažljivo izvući zbog pregleda. Proveriti pri tome da li se igla slobodno kreće u brizgaču. Donji kraj igle treba da je čist i svetao, bez pega, ogrebotina i tamnih mrlja i da u žljebovima nema prljavštine, metalnih delića ili drugih stranih predmeta. Ukoliko je prljav ili zakoksovan treba ga čistiti sve dok metal ne bude sjajan. Kad su površine čiste i bez oštećenja treba ispitati brizgač.



Sl. 6.25. Čišćenje brizgaljke

a-otpuštanje preklopne navrtke (1) voda visokog pritiska i vijka povratnog voda, b-vadenje brizgaljke, c-ispitivanje pritiska ubrizgavanja i oblika mlaza, d-ispitivanje puštanja brizgaljke, e-demontaža preklopne navrtke brizgača, g-demontaža brizgača, g-demontaža ostalih elemenata brizgaljke, h-čišćenje vrha sedišta igle, i-čišćenje rupica brizgača, j-čišćenje kanala brizgača, k-čišćenje čadi sa vrha brizgača, l-poliranje vrha igle, m-sklapanje brizgaljke (podešavanje pritiska ubrizgavanja), n-postavljanje držača brizgaljke, o-postavljanje brizgaljke u sedište cilindarske glave

Proveriti da li na spoljnoj površini brizgača ima gareži. Očistiti garež sa finom četkom od mesingane žice (ili primenom specijalnog alata za uklanjanje gareži). Iglu i brizgač treba potopiti u petrolej. Pošto su dovoljno dugo bili u petroleju, pristupiti čišćenju na sledeći način:

- Iglu brizgaljke treba izglačati trljanjem čistom krpom (komad iskuvane pamučne tkanine ili korišćenjem specijalnog namenskog alata). Naročitu pažnju treba obratiti na sedište igle. Taj deo, kao i vrh igle i konus mogu se čistiti mesinganom četkom.

- Na brizgaču treba najpre ispitati kanal da bi se videlo da li je čist i da nije začepljen.
- U rupu brizgača u kojoj klizi igla uvući alat za čišćenje sve dok nos ovog alata ne dopre do kraja. Tada čvrsto pritisnuti njime na bokove kanala i okrećući ga očistiti garež koja se nataložila u tom prostoru. Tada treba ispitati sedište igle pod jakim osvetljenjem, da se ustanovi da li ima na njemu prljavštine ili gareži. Prljavštinu, ako je ima, ukloniti mekim strugačem od mesinga.
- Očistiti rupice u dnu brizgača alatom na kome je postavljena žica za čišćenje odgovarajućeg prečnika. Posebno treba voditi računa da ne dođe do loma žice u rupama pošto ih je nekad nemoguće izvaditi. Žica za čišćenje treba da bude postavljena u hvatač alata tako da viri samo 1,5 mm, kako bi imala maksimalnu otpornost na savijanje. Uvući žicu u rupu, pritiskujući i okrećući je blago sve dok rupa ne bude potpuno čista.

Kada je i spoljna strana brizgača čista, mogu se igla i brizgač montirati. To treba uraditi prstima dok su oba dela još vlažna od petroleja.

Nosač brizgaljke treba oprati u čistom petroleju, a pri tome treba obratiti pažnju na to da fino brušena površina bude čista i bez ogrebotina. Ta površina mora da bude čista i da dobro naleže na površinu brizgača, kako bi mogla da ostvari spoj otporan na visok pritisak. Telo brizgaljke treba spolja dobro očistiti od prljavštine i masti. Preporučljivo je da se rastavi unutrašnjost nosača brizgaljke da bi se pregledala opruga i tanjirići opruge. Delove treba brižljivo oprati i sa njih skinuti svu prljavštinu. Ukoliko je opruga i ostali delovi u dobrom stanju mogu se ponovo sklopiti, a najbolje je ako su prethodno ovlaš premazani uljem za podmazivanje.

Vek trajanja opruge brizgaljke može se znatno povećati pažljivim postupanjem i zato treba paziti da se izbegne njeno oštećenje. Razlog oštećenja može biti vlaga i korozija. Preporučuje se da se te opruge pregledaju, očiste i podmažu svaki put kada se skidaju brizgaljke zbog čišćenja, a isto tako treba povesti računa i o skladištenju brizgaljki kako bi se sprečila mogućnost dolaska u dodir sa vlagom.

Nosač brizgaljke i brizgač treba pažljivo sklapati, pošto su oprane naležuće površine. Posle čišćenja brizgaljku treba ispitati na uređaju za ispitivanje brizgaljki. Pritisak ubrizgavanja se podešava pomoću vijka i kontra navrtke. Ispravna brizgaljka, kada se ispituje pumpanjem goriva kroz nju, daje karakterističan zvuk pri izlasku goriva iz rupice. Pošto je brizgaljka neko vreme bila u radu, taj zvuk se menja u zvuk sličan pucketanju.

6.11.2. Oprema za ispitivanje

Uredaj za ispitivanje brizgaljki je radionički uređaj koji na jednostavan i brz način omogućava ispitivanje i podešavanje elemenata za ubrizgavanje. Na brizgaljkama je moguće ispitati i podesiti sledeće:

- curenje uzduž iglenog kanala,
- nepropusnost sedišta,
- zazor između igle i vodice brizgaljke,

- raspodela mlaza brizgaljki kod višemlaznih brizgaljki,
- slika mlaza,
- pritisak ubrizgavanja.

Uređaj za ispitivanje brizgaljki KI-3333 sastoji se od delova koji su slični sistemu za ubrizgavanje goriva na motoru.

Kućište uređaja ujedno služi i kao rezervoar za gorivo. U rezervoaru se nalazi filter za gorivo. Nivo goriva uvek treba da je maksimalan u suprotnom kroz filter se usisava vazduh. Na gornjoj strani kućišta se nalazi otvor za sipanje goriva sa mrežicom i poklopcom. Na gornjoj strani kućišta nalazi se još jedan otvor sa filterom, preko koga se prosuto gorivo po gornjoj površini, sliva u rezervoar.

Usisni sistem za raspršeno gorivo opremljeno je centrifugalnim ventilatorom, koji se pokreće komprimovanim vazduhom. Ventilator je smešten na zadnjoj strani komore i koristi se da zaštitи radnu okolinu od isparenja i finih čestica goriva nastalih brizganjem goriva. Sijalice su postavljene u obliku prstena na unutrašnjoj prednjoj strani komore. One osvetljavaju unutrašnost komore i omogućuju lakše posmatranje mlaza goriva.

Tečnost za ispitivanje može da bude dizel gorivo (Evrodizel) ili ulje SAE 10.

6.11.3. Ispitivanje i podešavanje brizgaljki

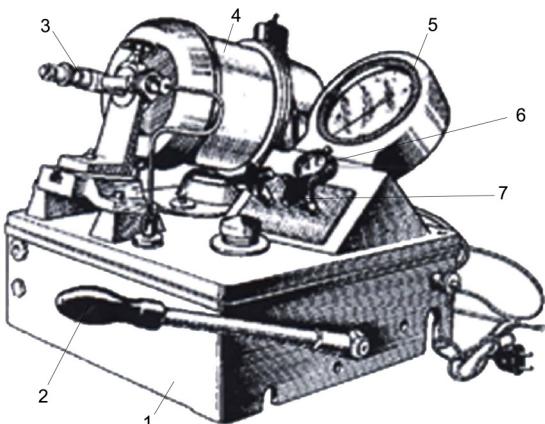
6.11.3.1. Priprema brizgaljke za ispitivanje

U odeljenju za ispitivanje brizgaljki mora da vlada besprekorna čistoća. I najmanje prodiranje prašine u radne delove pumpe i brizgaljke prouzrokovati će negativne posledice po vek trajanja tih delova.

Sto pogodan za rad sa brizgaljkama je pokriven sa gornje strane staklenom pločom. On treba da je predviđen samo za ovaj posao i treba da se održava čistim bez ikakve prljavštine. Pamučni otpaci i čupave krpe ne smeju se upotrebljavati za čišćenje.

Sto u kome se drži alat za čišćenje brizgaljki, kao i ostala oprema, mora da ima fioku u koju ne prodire prašina.

Alat za pridržavanje brizgaljki treba da je pričvršćen na radni sto. Njegov zadatak je



Sl. 6.26. Uređaj za ispitivanje brizgaljke KI-3333
1-kućište, 2-ručna pumpa visokog pritiska za gorivo,
3-brizgaljka sa vodom visokog pritiska, 4-providna
komora za ubrizgavanje goriva i posmatranje mlaza
(opremljena centrifugalnim ventilatorom), 5-
manometar, 6-štoperica, 7-dva ventila za gorivo

da pridržava čvrsto brizgaljku dok se na njoj vrše razni poslovi oko održavanja. Držač brizgača treba pritezati dinamometarskim ključem i to momentom od 45 Nm (Case MXM 120-190). U vezi sa ovim treba imati na umu da preterano pritezanje ovog držača neće zaustaviti eventualno propuštanje goriva na sastavu brizgaljke i brizgača. Ukoliko na sastavu ima prljavštine, brizgaljku treba rasklopiti i ukloniti svaku nečistoću.

Ako brizgaljka nije bila rasklapana postupak pripreme je sledeći. Brizgaljka se stavi u alat za pridržavanje na stolu. Ključem se odvrne, a zatim skine zaštitna kapa. Popusti se kontranavrtka. Na priključak prelivne cevi montira se prelivna cevčica.

Tako pripremljena brizgaljka se postavi u držač na uređaju za ispitivanje, učvrsti stezačem i na priključak za dovod goriva montira cev visokog pritiska. Nakon toga, guranjem držača po klizaču, brizgaljka se unese u komoru i navrtkom fiksira držač.

6.11.3.2. Kontrola pritiska ubrizgavanja¹⁶

Pri ispitivanju pritiska dizel gorivo (Evrodizel) mora imati temperaturu najmanje 15°C. Nakon što se brizgaljka postavi na uređaj, napuni se gorivom pokretanjem poluge pumpe 4-5 puta.

Zatim se pokretanjem poluge pritisak povećava sve dok se gorivo ne ubrizga u komoru. Na manometru se očita vrednost pritiska. Svaki proizvođač daje propisane vrednosti za pritisak ubrizgavanja u zavisnosti od modela brizgaljke i njene primene. Ukoliko pritisak nije u odgovarajućim granicama, njegova vrednost se reguliše vijkom. Uvrtanjem se više sabija opruga i raste vrednost pritiska, odvrtanjem se postiže suprotan efekat.

Pritisak brizgaljke treba da bude podešen za 5 bara više od radnog pritiska. Podešeni pritisak je veći od radnog zbog toga što pritisak ubrizgavanja u toku rada nešto opadne.

Postupak se ponavlja sve dok se ne postigne vrednost pritiska ubrizgavanja.

6.11.3.3. Ispitivanje zaptivenosti brizgaljke

Provera zazora između igle i brizgaljke kao i provera zaptivanja izmedu brizgaljke i nosača brizgaljke (brušenih površina, naleganje metal na metal) vrši se na taj način što se meri brzina opadanja pritiska goriva na ovim mestima. Ovo se očitava na manometru uređaja za ispitivanje brizgaljki.

Postupak je sledeći: podesiti pritisak ubrizgavanja za 10 bara viši od radnog. Ručicom pumpati gorivo dok pritisak ne dostigne vrednost pred samo ubrizgavanje. Tada zatvoriti ventil između manometra i brizgaljke. Sačekati da pritisak opadne za 10 bara ispod radnog pritiska brizgaljke. Od tog trenutka se počinje meriti vreme za koje pritisak opadne za 50 bara (pri ovome brizgaljka ne sme da brizga). Vreme opadanja

¹⁶ PAŽNJA: Mlaz brizganja je opasan po ljudsko telo. On prodire duboko ispod kože, uzrokuje opasne ozlede i upale, odnosno trovanja.

pritiska ne sme da bude manje od 6 sekundi. Ako pritisak opadne brže od 6 sekundi znači da zaptivanje između igle i brizgača i nosača brizgaljke nije zadovoljavajuće. Razlog tome može biti:

- pohabana igla brizgaljke (u tom slučaju zameniti iglu i brizgač, jer su oni zajedno obrađeni na superfiniš mašini – lepovaljem, i uvek idu kao par).
- nedovoljno pritegnut držač brizgača, u tom slučaju mora se pritegnuti do momenta pritezanja od 45 Nm.
- prljavština na naležućoj površini između brizgača i nosača brizgaljke.

Takođe, pad pritiska ne sme biti duži od 45 sekundi. Duže vreme ukazuje na koksovanje brizgaljke.

Obrisati dobro brizgač i ručicom uređaja uspostaviti pritisak za 10 bara manji od radnog, odnosano za 20 bara manji od podešenog, jer je ona prethodno već podešena na 10 bara iznad radnog pritisak. Pri tome brizgaljka ne sme da brizga. Proveriti da li brizgač propušta gorivo (suzi, kaplje). Neznatno vlaženje može da se zanemari.

6.11.3.4. Kontrola oblika mlaza

Podesiti pritisak ubrizgavanja na preporučenu vrednost i pri brzini od 90-100 ubrizgavanja u minuti posmatrati oblik mlaza. Brizgaljka treba da daje podjednake mlazove pod propisanim uglovima¹⁷ koji se rasprskavaju na udaljenosti oko 300 mm od brizgaljke i na prečniku od oko 75 mm. Pri tome mlazevi ne smeju da budu vlažni, prugasti ili iskrivljeni u jednu stranu, jer je to znak da u otvorima ima prljavštine ili gareži koju treba očistiti.

Tab. 6.3. Mogući uzroci lošeg rada brizgaljke

Ustanovljene greške	Mogući uzroci	Otklanjanje
Jako curenje	Brizgaljka ima preveliki zazor na telu brizgaljke	Brizgaljku zameniti
	Prikљučne površine između držača i brizgača nisu čiste	Očistiti
Brizgaljka je poplavila	Pogrešna montaža brizgaljke na motor	Brizgaljku kompletno zameniti
Pritisak ubrizgavanja preslab, brizgaljka kapljе	Opruga držača brizgaljke je puknuta, brizgaljka ne zaptiva usled toga Iglica brizgaljke ostaje visiti	Zamena opruge i podešavanje pritisaka. Očistiti brizgaljku
Loša slika mlaza brizgaljke	Prevelik talog na iglici Rupice za ubrizgavanje su delimično zapušene Oštećena igla brizgaljke	Očistiti brizgaljku Očistiti brizgaljku Očistiti brizgaljku

¹⁷ Broj i ugao između mlazova zavisi od vrste brizgaljke.

7. | DIJAGNOSTIKA TEHNIČKIH SISTEMA

7.1. UVOD

Razvoj poljoprivredne tehnike podrazumeva ugradnju sve složenijih (kompleksnijih) sklopova, samim tim njihovo rasklapanje u cilju konstatovanja nastalih kvarova postaje sve zahtevniji posao. Takođe, treba imati na umu da u toku rasklapanja tehničkog sistema dolazi do narušavanja prvobitne sprege između njegovih elemenata. Naime, nepoželjna pojava u svakom sistemu je narušavanje prvobitne sprege, koja dovodi do ponavljanja faze uhodavanja sistema. Uz pravovremenu i ispravnu primenu dijagnostike izbegava se nepotrebno rasklapanje sistema, omogućava konstantna kontrola, planiranje opravki, produžava se vreme rada sistema i izbegavaju nepotrebni zastoji.

Po definiciji dijagnostika je proces utvrđivanja tehničkog stanja (radne ispravnosti) objekta dijagnostike¹, bez njegovog rastavljanja. S obzirom na to da rasklapanje pojedinih sklopova mašina nije moguće ili nije ekonomski isplativo (zbog visokih troškova), dijagnostika dobija još više na značaju. Utvrđivanje tehničkog stanja, obavlja se na osnovu registrovanja i analize dijagnostičkih simptoma i parametara i njihove funkcionalne veze sa stanjem sistema.

7.2. UTICAJ DIJAGNOSTIKE NA EFIKASNOST TEHNIČKE EKSPLOATACIJE

Tehnička eksploatacija u sebi sadrži sve tehničke elemente neophodne za održavanje radne ispravnosti mašina. Ona ima osnovni zadatak da omogući nesmetanu tehnološku eksploataciju. U ovim nastojanjima, dijagnostika ima veliki značaj, pre svega sa stanovišta upravljanja sistemom tehničke eksploatacije.

S obzirom na to da tehničko održavanje mašina predstavlja sistem unapred definisan po sadržaju i obimu, nameće se potreba inkorporacije dijagnostike u isti. Naime, tehničko održavanje predstavlja prinudno-preventivni sistem, međutim uvođenjem dijagnostike isti se pretvara u sistem tehničkog održavanja „po stanju“ što predstavlja novi kvalitet. To istovremeno podrazumeva značajne uštede u materijalu i vremenu.

Takođe, uvođenje dijagnostike ima izuzetno veliki značaj na efikasnost sistema za opravku mašine, pre svega sa stanovišta kontinualnog praćenja stanja radne ispravnosti mašina. Na taj način se stvaraju uslovi za objektivizaciju periodičnih i globalnih terminskih planova opravke. Dosadašnji planovi se uglavnom oslanjaju na iskustvo, što svakako ima svojih nedostataka koji se izbegavaju primenom dijagnostike. Vezano sa tim planski pristup opravki omogućuje racionalizaciju nabavke rezervnih delova što ima za posledicu značajno smanjenje zaliha. Time se

¹ Objekt dijagnostike - svaki zatvoreni sistem u užem ili širem smislu (vozilo, motor, pojedinačni sklop i sl.) čije tehničko stanje utvrđujemo dijagnostikom.

doprinosi i racionalizaciji ukupnog poslovanja.

Osim navedenog, dijagnostika nalazi svoju primenu i kao kontrolna operacija u smislu provere kvaliteta obavljenih radova opravke, a naročito kada su u pitanju intervencije koje zahtevaju znatnija ulaganja. Sa druge strane, ona doprinosi i objektivizaciji merila kvaliteta rada izvršilaca na opravkama, što ima izuzetnog značaja na efikasnost tehnološke i tehničke eksploatacije u posleremontnom periodu.

7.3. UTICAJ DIJAGNOSTIKE NA EFIKASNOST TEHNOLOŠKE EKSPLOATACIJE

Primarna svrha svake poljoprivredne maštine je njena tehnološka eksploatacija. Iz tog razloga, sve mere koje se preduzimaju u toku eksploatacionog veka maštine treba da budu podređene tom cilju. Sa druge strane, postoje ekonomski zakonitosti koje govore o troškovima eksploatacije, s obzirom da isti direktno utiču na cenu proizvoda, a time i na uspešnost poslovanja.

Imajući sve ovo u vidu postavlja se problem definisanja racionalnog sastava mašinskog parka u kome treba pomiriti sa jedne strane agrotehničke zahteve i tehničke mogućnosti, kao i pouzdanost maština i sa druge strane ekonomski elemente koji zahtevaju minimum angažovanih maština. Da bi se pomirili ovi zahtevi, neophodno je upravljati stanjem radne ispravnosti maština, a što je moguće samo uz pretpostavku da se omogući efikasno periodično kontrolisanje stanja radne ispravnosti i to planski sa unapred definisanim programom i zadacima. Nesumnjivo je da ovo može da se realizuje samo uz široku primenu dijagnostike kao izvora podataka koji će omogućiti donošenje brzih i objektiviziranih odluka vezanih za upravljanje stanjem radne ispravnosti. Ovo pre svega znači da je neophodna tesna saradnja službe tehnološke i tehničke eksploatacije radi usklađivanja potreba sa mogućnostima, te da se maksimalno zadovolje agrotehnički zahtevi uz minimum rezervi.

7.4. STRUKTURNI I DIJAGNOSTIČKI PARAMETRI I SIMPTOMI

Svaki tehnički sistem poseduje neku formu, tj. strukturu. Tu strukturu čine svi elementi, sklopovi i podsistemi datog sistema. Struktura sistema je zavisna od:

- Broja, veličine i same vrste elemenata koji čine tu strukturu;
- Vrste i broja veza između elemenata sistema;
- Vrste, broja i veličine elemenata koji čine datu strukturu;
- Načina međusobnog dejstva samih elemenata sistema.

Struktura sistema može da se posmatra kao:

- Makrostruktura (kroz međusobni raspored sklopova maštine, motora ili sl.) ili kao
- Mikrostruktura (kroz uzajamne veze zasebnih elemenata sistema).

U praksi, tokom eksploatacije makrostruktura se ne menja jer bi se time menjala i konfiguracija samog sistema. Nasuprot tome, mikrostruktura se vremenom menja usled habanja i oštećenja elemenata sistema.

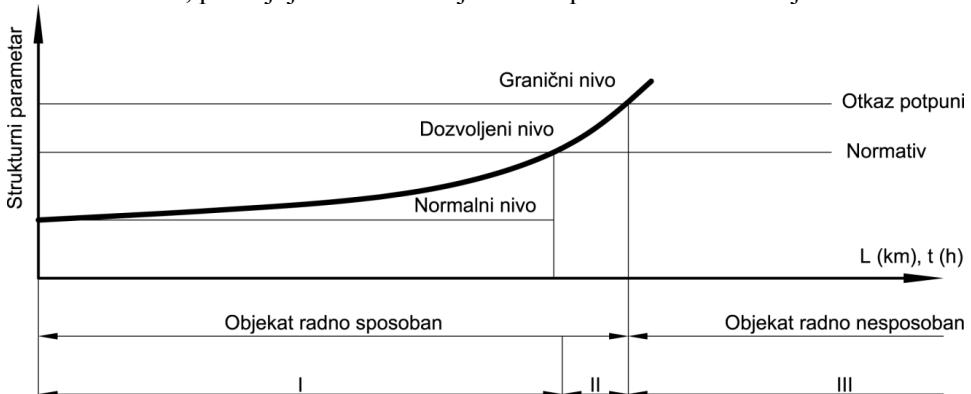
Strukturu sistema definišu tzv. strukturni parametri, koji su u stvari određene fizičke

veličine, npr.:

- Mehaničke (pritisak, sila itd.);
- Električne;
- Toplotne;
- Geometrijske (zapremina, površina i sl.) i drugi.

Koliko god neki tehnički sistem bio kvalitetno izведен, tokom eksplotacije izložen je manjim ili većim promenama vrednosti strukturalnih parametara. Takve promene uzrokuju smanjenu radnu sposobnost sistema u vidu pogoršanja kvaliteta izlaznih parametara elemenata, ili tehničkog sistema u celini. Vrednosti strukturalnih parametara se kreću u određenim granicama i mogu biti:

- Nominalna (početna), pri kojoj je radna sposobnost sistema u granicama dozvoljenog odstupanja za posmatrani parametar;
- Dozvoljena (normativna), pri kojoj je radna sposobnost sistema na gornjoj granici dozvoljenog odstupanja parametra ;
- Granična, pri kojoj sistem više nije radno sposoban - u otkazu je.



Sl. 7.1. Promena strukturalnog parametra u zavisnosti od dužine pređenog puta, tj. vremena provedenog u radu

Karakteristike sistema koje se posmatraju na izlazu, a koje se menjaju usled promena vrednosti strukturalnih parametara, nazivaju se dijagnostički simptomi. Ti dijagnostički simptomi kvantifikuju se određenim dijagnostičkim parametrima.

Na osnovu vrednosti dijagnostičkih tj. strukturalnih parametara razlikuju se dva stanja sistema:

- Stanje sistema u radu (prva i druga oblast) gde su vrednosti parametara između nominalnog i dozvoljenog nivoa (oblast I) ili je između dozvoljenog i graničnog nivoa (oblast II), kada sistem radi umanjenom ali prihvatljivom efikasnošću;
- Stanje sistema u otkazu (oblast III) gde strukturalni parametar dostiže svoj granični nivo, usled čega dolazi do otkaza koji onemogućava dalji rad ili umanjuje efikasnost sistema do onemogućavanja daljeg rada.

Kao relevantni parametri, uzimaju se oni koji su za dati sistem bitni sa tehničkog i ekonomskog aspekta. Sam proces dijagnostike se sastoji iz tri osnovne celine:

- Utvrđivanje eventualnih odstupanja dijagnostičkih parametara od nominalnih vrednosti;
- Analiziranje i karakterisanje odstupanja dijagnostičkih parametara od nominalnih vrednosti;
- Utvrđivanje karakteristika rada do pojave otkaza (npr. broj pređenih kilometara, broj sati rada itd.).

Dijagnostika kao osnovni zadatak ima da utvrdi trenutno stanje sistema. Međutim, ona takođe omogućava predviđanje stanja sistema ili njegovih elemenata u budućnosti i izradu retrospektive stanja tehničkog sistema u prošlosti (radi eventualnog otkrivanja uzroka nastanka havarije ili zastoja u radu).

Da bi se na osnovu izmerenih dijagnostičkih parametara mogla postaviti tačna dijagnoza sistema, neophodno je poznavati njihove granične vrednosti, tzv. dijagnostičke normative. Oni se utvrđuju na osnovu statističkih zakonitosti promena dijagnostičkih parametara. Ove zakonitosti se utvrđuju eksperimentalno, u laboratorijskim ili eksploracionim uslovima i statistički obrađuju.

Prethodno usvojeni kriterijumi tih normativnih vrednosti su:

- Tehnički kriterijum (prepostavka termina otkaza elementa datog sistema);
- Kriterijum efikasnosti sistema (koji prepostavlja opadanje efikasnosti sistema, povećanu potrošnju goriva, smanjenje snage motora i sl.);
- Funkcionalni kriterijum koji prepostavlja pad funkcionalnosti, bezbednosti i udobnosti korišćenja sistema (pregrevanja sklopova, povećana buka i sl.).

Da bi neki parametar mogao biti nazvan dijagnostičkim, mora da ima sledeće karakteristike:

- jednoznačnost (svakoj vrednosti struktturnog parametra odgovara samo jedna vrednost dijagnostičkog parametra);
- osetljivost (promena struktturnog parametra uslovljava dovoljno veliku promenu dijagnostičkog parametra);
- merljivost (mogućnost samog merenja parametra);
- postojanje granične vrednosti (dijagnostički normativ).

Dijagnostički simptom može se nazvati parametrom kada se uspostavi kvantitativna veza sa struktturnim parametrom. Dijagnostički parametri i simptomi, po obimu i karakteru informacija koje pružaju, dele se u tri grupe:

- Specijalni, koji nezavisno od ostalih parametara jednoznačno ukazuju na neku konkretnu neispravnost dela sistema ili celine;
- Opšti (integralni), koji stanje sistema karakterišu u celini, ne omogućavajući pritom donošenje zaključaka o konkretnijim neispravnostima;
- Uzajamno zavisni (simptomsko-kompleksni), koji karakterišu otkaz sistema kao skup više izmerenih parametara zajedno.

7.5. METODE DIJAGNOSTIKE

U zavisnosti od načina posmatranja, metode dijagnostike se dele na:

- Opštu (osnovnu, globalnu) dijagnostiku čiji cilj je da utvrdi stanje objekta u celini, da ustanovi da li objekat funkcioniše ili je u otkazu-bez utvrđivanja neispravnosti konkretnih delova objekta;
- Lokalnu (detaljnu) koja utvrđuje tehničko stanje pojedinih elemenata sklopa tehničkog sistema, kao i uzroka i karaktera samih otkaza.

Ako se posmatra sredstvo i postupci dijagnostike, ona može biti:

- Subjektivna dijagnostika, koja koristi relativno jednostavne metode i sredstva dijagnostike, bazira se na iskustvu i navikama samog dijagnostičara. Deli se uslovno na vizuelne (odstupanja u bojama gasova, ulja...), akustične (opsvravacije udara i šumova) i osećajne (pregorelo ulje, pregrevanje delova motora...). Ponekad, međutim, nije dovoljno samo iskustvo, jer postoji više mogućih razloga otkaza. Zbog toga, veliku ulogu u ovoj vrsti dijagnostike igraju tablice za otkrivanje otkaza (tab. 7.1.). One pomažu u otkrivanju veza između primećenih simptoma, mogućih uzroka i vrste otkaza, pritom najčešće dajući preporuke za otklanjanje otkaza;
- Objektivna dijagnostika, koja donosi objektivne ocene stanja posmatranog objekta uz korišćenje najsavremenije specijalne opreme.

Tab. 7.1. Primer dijagnostičkih tablica traktora John Deere 8010

SIMPTOM	PROBLEM	REŠENJE
MOTOR		
Motor teško startuje ili neće da startuje	Nekorektna startna procedura	Ponovi proceduru startovanja
	Nema goriva	Proveri rezervoar
	Vazduh u instalaciji za gorivo	Odzrači instalaciju
	Ručna pumpa ostavljena u gornjem položaju	Fiksiraj je u donjim položaju
	Hladno vreme	Upotrebi pomoć za startovanje pri hladnom vremenu
	Mali broj obrtaja startera	Vidi starter se okreće polako
	Ulje u karteru previše viskozno	Upotrebi ulje odgovarajućeg viskoziteta
	Neodgovarajuća vrsta goriva	Upotrebi odgovarajuću vrstu goriva u zavisnosti od vremenskih uslova
	Voda, prljavšina ili vazduh u instalaciji za gorivo	Ispusti, isperi i odzrači sistem
	Zapušen filter goriva	Zameni filter
Lupanje motora	Prijava ili oštećene brizgaljke	Proveri brizgaljke
	Nedovoljno ulja	Dodaj ulje
	Neodgovarajući ugao predubrizgavanja pumpe visokog pritiska	Zovi servis
	Niska temperatura rashladne tečnosti	Proveri termostate
Motor radi nepravilno ili se guši povremeno	Pregrejan motor	Vidi pregrejan motor
	Niska temperatura rashladne tečnosti	Proveri termostate
	Zagušeni filteri goriva	Zameni filtere
	Voda, prljavšina ili vazduh u instalaciji za gorivo	Ispusti, isperi i odzrači sistem
	Oduška rezervoara zapušena	Operi odušku i oduvaj prljavštinu

	Prljave ili oštećene brizgaljke	Proveri brizgaljke
Ispod normalne radne temperature	Neispravni termostati	Proveri i zameni termostate
	Neispravan senzor temeprature ili pokazivač	Proveri veze, senzor i pokazivač
	Visko fan zablokiran	Zovi servis
Gubitak snage	Motor preopterećen	Smanji opterećenje ili smanji stepen prenosa
	Nedovoljan broj obrtaja motora	Zovi servis
	Zagušeni filter vazduha	Očisti ili zameni filter
	Zagušeni filteri goriva	Zameni filtere
	Neodgovarajuća vrsta goriva	Upotrebi odgovarajuće gorivo
	Pregrejan motor	Vidi pregrejan motor
	Ispod normalne radne temperature	Proveri termostate
	Neodgovarajući zazor ventila	Zovi servis
	Prljave ili oštećene brizgaljke	Proveri brizgaljke
	Neodgovarajući ugao predubrizgavanja pumpe visokog pritiska	Zovi servis
	Turbo punjač ne radi	Zovi servis
	Procurila zaptivka izduvne grane	Zovi servis
	Priklučak pogrešno podešen	Vidi uputstvo za rukovanje priklučka
	Restrikcija u instalaciji za gorivo	Očisti ili zameni instalaciju za gorivo
	Neodgovarajući balast	Podesi balast prema opterećenju
Mali pritisak ulja	Nizak nivo ulja	Dodaj ulje
	Neodgovarajući tip ulja	Ispusti i napuni karter sa uljem odgovarajućeg viskoziteta i kvaliteta
Velika potrošnja ulja	Ulje nedovoljno viskozno	Upotrebi odgovarajući viskozitet ulja
	Curenje ulja	Proveri uljne vodove, zaptivke i čep
	Zapušena oduška poklopca glave motora	Očistiti
	Defektan turbo punjač	Zovi servis
Motor emituje beli dim	Proveri vrstu goriva	Upotrebi korektno gorivo
	Zagušeni filter vazduha	Očisti ili zameni filter
	Motor preopterećen	Smanji opterećenje ili smanji stepen prenosa
	Prljave ili oštećene brizgaljke	Proveri brizgaljke
	Neodgovarajući ugao predubrizgavanja pumpe visokog pritiska	Zovi servis
	Turbo punjač ne radi	Zovi servis
Motor se pregrevanje	Prljav hladnjak tečnosti ili ulja, ili otvori na haubi	Ukloni prljavštinu
	Motor preopterećen	Smanji opterećenje ili smanji stepen prenosa
	Nizak nivo ulja	Proveri nivo ulja. Dodaj ulje po potrebi
	Nizak nivo rashladne tečnosti	Napuni tečnost do odgovarajućeg nivoa, proveri hladnjak i spojeve na curenje
	Neispravan poklopac hladnjaka	Proveriti
	Labav ili oštećen kaiš ventilatora	Zategni kaiš ili zameni po potrebi
	Potrebljeno ispiranje rashladnog sistema	Isperi rashladni sistem
	Neispravni termostati	Proveri i zameni termostate
	Neispravan senzor temeprature ili pokazivač	Proveri veze, senzor i pokazivač
	Neodgovarajuća vrsta goriva	Upotrebi odgovarajuće gorivo
Velika potrošnja goriva	Neodgovarajuća vrsta goriva	Upotrebi odgovarajuće gorivo
	Zagušeni filter vazduha	Očisti ili zameni filter

	Motor preopterećen	Smanji opterećenje ili smanji stepen prenosa
	Neodgovarajući zazor ventila	Zovi servis
	Prljave ili oštećene brizgaljke	Zovi servis
	Neodgovarajući ugao predubrizgavanja pumpe visokog pritiska	Zovi servis
	Prikљučna mašina pogrešno podešena	Vidi uputstvo za rukovanje priključnom mašinom
	Niska temperatura motora	Proveri termostate
	Previše balasta	Podesi balast prema opterećenju
	Defektan turbo	Zovi servis
TRANSMISIJA		
Ulje u transmisiji se pregrevanje	Nedovoljno snabdevanje transmisije uljem	Napuni sistem sa odgovarajućim uljem
	Zapušen hladnjak ulja	Očisti hladnjak
	Zapušen filter transmisije	Zameni filter
Curi ulje na ventilacioni otvor transmisije	Zapušena mrežica za ulje u transmisiji	Očistiti mrežicu
Transmisija menja stepene prenosa sporu i teško okretanje volana	Hladno ulje	Zagrij ulje
Transmisija lošije menja stepene prenosa nego na početku	Potrebna kalibracija transmisije	Zovi John Deere dilera
Kompletan hidraulični sistem ne funkcioniše ispravno	Nedovoljno snabdevanje transmisije uljem	Napuni sistem sa odgovarajućim uljem
	Zapušen filter transmisije	Zameni filter
	Zapušen hladnjak ulja	Očisti hladnjak
	Interna curenja	Zovi servis
Hidraulično ulje se pregrevanje	Nedovoljno snabdevanje transmisije uljem	Napuni sistem sa odgovarajućim uljem
	Zapušen hladnjak ulja	Očisti hladnjak
	Zapušen filter transmisije	Zameni filter
	Interna curenja	Zovi servis
	Hidraulično opterećenje priključka ne odgovara mogućnostima traktor	Zovi servis
KOČNICE		
Pedale propadaju (bez pogona)	Vazduh u sistemu	Zovi servis
Nepodešene pedale (bez pogona)	Zadnja zaptivka kočionog klipa curi	Zovi servis
	Otvor za ispuštanje vazduha iz kočnica nije korektno zatvoren	Zovi servis
	Curenje u sistemu kontrole pumpe na kočionom ventilu	Zovi servis
Predugačak hod pedala ili povratni udarci (pogon uključen)	Curenje u sistemu kontrole pumpe na kočionom ventilu	Zovi servis
	Vazduh u sistemu	Zovi servis
	Zadnja zaptivka kočionog klipa curi	Zovi servis
	Otvor za ispuštanje vazduha iz kočnica nije korektno zatvoren	Zovi servis
	PODIZNE POLUGE	
Nedovoljan transportni klirens	Topling predugačak	Podesiti
	Podizne poluge predugačke	Podesiti
	Prikљučak nije nivelisan	Niveliši
	Prikљučak pogrešno podešen	Vidi uputstvo za rukovanje priključka

	Granična visina dizanja nije korektno podešena	Podesiti
Podizne poluge ne prate kretanje ručice	Greška u kolu senzora pozicije poluga ili u senzoru pozicije	Zovi servis
	Kontrola mešanja sila/položaj u pogrešnoj poziciji	Okreni kontrolu mešanja sila/položaj u levo
	Sistem je resetovan	Aktiviraj sistem
Slaba kontrola pozicije	Osigurač za kalibraciju nepažljivo uklonjen	Uveri se da je ključ u poziciji OFF (isključen) i onda pomeri osigurač u poziciju za rezervne
	Greška u kolu senzora pozicije poluga ili u senzoru pozicije	Zovi servis
Poluge se spuštaju sporo	Kontrola brzine spuštanja pogrešno podešena	Podesi kontrolu brzine spuštanja
Poluge se ne podižu ili se sporo podižu	Preveliko opterećenje na polugama	Smanji opterećenje
	Granična visina dizanja nije korektno podešena	Podesiti
	Vertikalne poluge prekratke	Podesi poluge
Prikљučno oruđe ne radi na željenoj dubini	Slabo prodiranje	Vidi uputstvo za rukovanje priključnom mašinom
	Senzor sile pokvaren	Zovi servis
Nema reakcije ili nedovoljna reakcija podiznog sistema na silu vuče	Kontrola mešanja sila/položaj u pogrešnoj poziciji	Okreni kontrolu mešanja sila/položaj u desno
	Sistem je resetovan	Aktiviraj sistem
	Slabo prodiranje	Vidi uputstvo za rukovanje priključnom mašinom
	Brzina spuštanja prespora	Podesi brzinu spuštanja
Podizne poluge se ne pomeraju (kontrole ne rade, uključujući spoljni prekidač za dizanje/spuštanje)	Pregoreli osigurači	Zameni osigurače
	Motor ne radi	Startuj motor
Spoljni prekidač za dizanje/spuštanje ne pomeri poluge	Kvar na prekidaču, konektoru ili električnoj instalaciji	Zovi servis
SCV		
Dugme slavine neće da se okreće	Nakupljena prljavština	Očisti prljavštinu ispod dugmeta
	Proveri protok	Pomeri SCV ručicu
Spoljni cilindar ne može da podigne teret	Preveliko opterećenje	Smanji opterećenje
	Creva nisu pravilno instalirana	Zakači creva pravilno
	Neodgovarajuća veličina cilindra	Uzmi odgovarajuću veličinu cilindra
	SCV zaključan	Otključaj SCV
Brzina kretanja klipa prespora ili prebrza	Pogrešno podešavanje parametara rada	Podesiti
Smer kretanja cilindra pogrešan	Creva nisu pravilno instalirana	Zakači creva pravilno
Creva neće da se zakače	Neodgovarajući muški konektori	Koristi priključke po ISO standardu
Funkcija držanja ručice otpušta prerano ili uopšte ne drži	Vreme pogrešno postavljeno	Podesi vreme
	Ručica nije puštena u neutral	Pusti ručicu u neutral za vreme manje od 0,8 sec od aktiviranja komande
SCV ručica ne otpušta	Ručica u plivajućem položaju	Okreni selektor u pravilnu poziciju
	Mehaničko oštećenje ručice	Zovi servis
ELEKTRIČNI SISTEM		
Indikator napona blinka kada postoji nizak napon akumulatora (motor)	Preopterećenje prilikom startovanja-zaustavljanja	Ostavi motor da još radi
	Oštećeni akumulatori	Proveri elektrolit

ugašen i ključ daje kontakt)	Nizak napon punjenja Veliki otpor u kolu punjenja Kvar indikatora	Zovi servis Zovi servis Zovi servis
Indikatori za servisno upozorenje i napon zajedno blinkaju ukazujući na nizak napon punjenja akumulatora (motor radi)	Mali broj obrtaja motora Kaiš proklizava Oštećeni akumulatori Ošteto alternator Preveliko električno opterećenje	Povećaj broj obrtaja Proveri kaiš Proveri elektrolit Zovi servis Smanji opterećenje
	Pogrešno povezani kablovi na alternatoru Neispravan regulator	Proveri kablove Zovi servis
	Preveliko električno opterećenje	Smani opterećenje
	Pogrešno povezani kablovi na alternatoru Neispravan regulator	Proveri kablove Zovi servis
	Otpušteni ili korodirani konektori Istrošen akumulator Labav ili oštećen kaiš alternatora	Očisti i pritegni konektore Proveri elektrolit Zategni kaiš ili ga zameni
Akumulatori se ne punе	Menjač u brzini Oštećen ili nepodešen sigurnosni prekidač ili solenoid startera	Postavi ručicu u neutral Zovi servis
	Otpušteni ili korodirani konektori Nizak izlazni napon akumulatora	Očisti i pritegni konektore Zovi servis
	Pregoreo osigurač Nizak izlazni napon akumulatora	Zameni osigurač Proveri elektrolit
	Ulje u karteru previskozno Otpušteni ili korodirani konektori	Upotrebi odgovarajući viskozitet ulja Očisti i pritegni konektore
	Pregoreo osigurač	Zameni osigurač
Ceo električni sistem ne funkcioniše	Loše povezani akumulatori Istrošen akumulator Pregoreo osigurač Pregoreo ili se otpustio glavni osigurač	Očisti i pritegni konektore Proveri elektrolit Zameni osigurač Zameniti
Ventilator ne radi	Ventilator ne radi	Proveri sve osigurače ventilatora
Ventilator radi samo na maksimumu	Pregoreli otpornici	Zovi servis
KABINA		
Ventilator ne drži prašinu van kabine	Oštećena zaptivka oko filtera Oštećen filter Preveliko curenje vazduha Protok vazduha ventilatora suviše mali	Proveri stanje zaptivke Provjeti da li je filter korektno postavljen Zameni filter Eliminiši curenje vazduha Vidi protok vazduha ventilatora suviše mali
	Zapušen filter ili usisna mrežica Grejač ili isparivač zapušeni	Očisti Očisti
Grejač neće da se isključi	Creva pogrešno povezana	Zovi servis
Nizak napon Nizak nivo rashladnog fluida Kaiš proklizava Uključen grejač Kompresor zaglavio	Proveri kolo punjenja Proveri na mernom staklu Proveri zategnutost kaiša Isključi grejač Okreći remenicu kompresora napred nazad	

Voda curi ispod sedišta	Zapušeno crevo za dreniranje kondenzata iz klima uređaja	Očisti crevo
	Curi crevo od grejača	Zameni crevo
Suspenzija sedišta zaglavljuje	Strani objekat ispod sedišta	Drzž površinu oko sedišta potpuno čistom
Suspenzija sedišta ne radi	Pregoreo osigurač	Zameni osigurač
Radio ne radi	Pregoreo osigurač	Zameni osigurač

S obzirom na to da primjena vrsta dijagnostičke opreme zavisi od vrste posmatranog objekta, objektivna dijagnostika se deli na:

- Univerzalne metode dijagnostike - primjenjive praktično na svim sistemima i sklopovima. Postoji nekoliko podvrsta ove metode, u zavisnosti od polja primjene:
 - energetska metoda, koja meri promene energetskih parametara sistema (npr. obrtni moment, snaga i sl.) i koristi se u sklopu opšte dijagnostike;
 - topotna metoda, koja prati i meri promene temperature vode, ulja, produkata sagorevanja, temperatura određenih sklopova mašine i sl.;
 - vibroakustična metoda koja kao metod dijagnostike koristi merenje zvučnih signala (nivo buke, udara, šumova itd.) ili parametre vibracija (određuje frekvenciju i amplitudu). Ova metoda zahteva kompleksnu mernu opremu, koristi se kod sklopova i elemenata koji se kreću;
 - stroboskopska metoda, koja koristeći stroboskopski efekat karakterističan za elemente koji obavljaju periodično ili obrtno kretanje.
- Specijalne metode dijagnostike - koje se mogu koristiti u limitiranom broju sistema, sklopova ili elemenata. Baziraju se na merenju sledećih parametara:
 - određenih geometrijskih veličina (zazori između elemenata, nagibi i sl.);
 - stepena hermetičnosti radne zapremine (klipno-cilindarskog sklopa motora ili kompresora, pneumatika i sl.);
 - hemijskog sastava i koncentracije određenih komponenti u izduvnim gasovima;
 - količine, vrste i brzine promene koncentracije produkata habanja koji se nađu u ulju za podmazivanje (motora, menjača, reduktora, diferencijala..).

Moguća je podela dijagnostike i prema korišćenim sredstvima i uređajima na:

- dijagnostiku stacionarnim sredstvima (tzv. laboratorijska dijagnostika - na probnim stacionarnim stolovima);
- dijagnostiku obavljenu prenosnim sredstvima (tzv. putna dijagnostika).

Sredstva za dijagnostiku, generalno gledano, treba da budu što jednostavnija za rukovanje, da omogućuju što lakše postavljanje, što preciznije dijagnoze (uz merenje što manje parametara), da su otporna na specifične uslove merenja, kao i da mogu da zadovolje uslove pouzdanosti kroz smanjenu osjetljivost na vek trajanja. Dijagnostika se obavezno sprovodi:

- posle nultog servisa;
- uvek kada se vrši periodični servis;
- pre i posle svake intervencije;
- kada se uoči eventualna neispravnost u radu.

7.6. SUBJEKTIVNI POSTUPCI DIJAGNOSTIKE

7.6.1. Ispitivanje šuma

Ovo je jedan od najstarijih metoda dijagnostikovanja stanja tehničkih sistema. S obzirom na to da su šumovi često nečujni za ljudsko uho, u dijagnostikovanju stanja tehničkih sistema koriste se industrijski stetoskopi. Na slici 7.2. prikazan je industrijski stetoskop PCE-S 41, opsegom merenja od 100 Hz do 10 kHz. Moguće ga je koristiti u temperaturnom opsegu od -10 do 55°C.

Radi se o vrlo osetljivom uređaju za osluškivanje šumova nastalih pri relativnom kretanju spregnutih elemenata, mašinskih i električnih uređaja. Bitna karakteristika uređaja jeste mogućnost uklanjanja (utišavanja) neželjenih (sporednih) zvukova i na taj način izolovanja predmetnih šumova, čime je omogućeno precizno lociranje kvarova na mašini u radu.



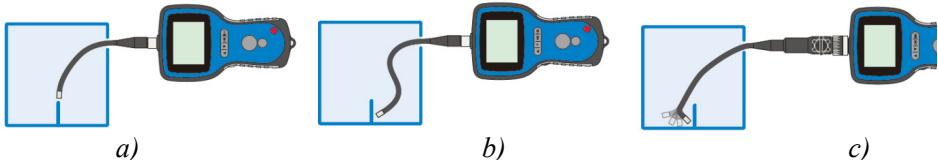
Sl. 7.2. Industrijski stetoskop PCE-S

41

7.6.2. Vizuelno ispitivanje

Endoskopi se koriste za vizuelno posmatranje teško dostupnih mesta bez demontaže ili razaranja (unutrašnjost kućišta, cevi...). Posebno su interesantni za osmatranje delova mašina koji se nalaze u mračnim prostorijama, kućištima ozubljenja, cilindrima motora, sudovima pod pritiskom i sl. Radi se o cevastim optičkim instrumentima koji omogućavaju posmatraču da posmatra unutar delova kada je pristup unutrašnjosti nepogodan ili zahteva značajno vreme za demontažu. Prečnik endoskopa varira od 5 do 45 mm, dužine od 100 mm do 10 m. Endoskopi mogu biti kruti (koristi se kada je pristup mestu jednostavan) i fleksibilni (koristi se u slučaju kada je pristup mestu posmatranja otežan).

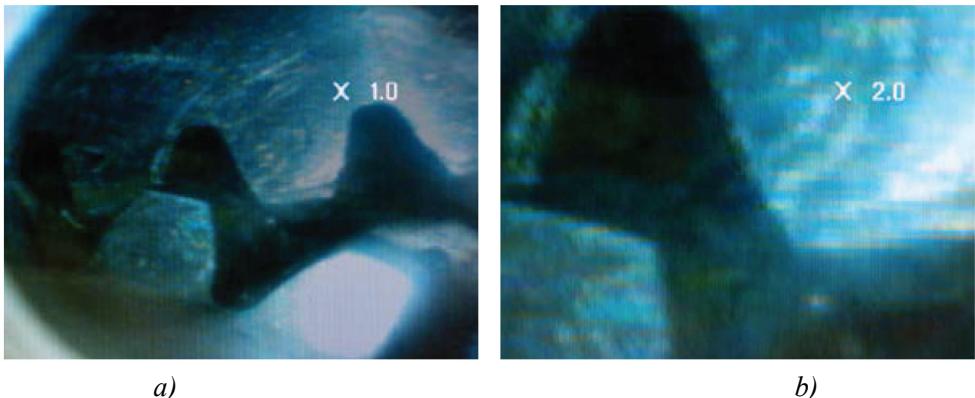
Na slici 7.3. prikazan je endoskop THES 10 proizvođača SKF. Uređaj je opremljen kompaktnim displejom dimenzije 3,5" sa pozadinskim osvetljenjem. Na vrhu endoskopa nalazi se minijaturna kamera (5,8 mm) visoke rezolucije sa digitalnim zumom 2X, i LED osvetljenje koje omogućava posmatranje mračnih površina. Uređaj može biti opremljen sa fleksibilnom, polukrutom ili rotirajućom cevi dužine do 1 m.



Sl. 7.3. Endoskop THES 10 (SKF)
a-fleksibilna cev, b-polukruta cev, c-rotirajuća cev

Kamera može da pravi fotografije ili video zapis na eksternoj memoriji (SD kartica),

koje se naknadno mogu preneti na računar sa ciljem analiziranja i čuvanja slika.



a)

b)

Sl. 7.4. Endoskopski snimak zupčanika
a-normalna veličina, b-uvećan snimak 2 puta

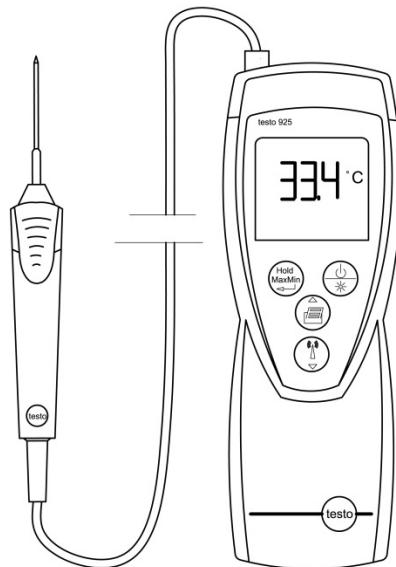
7.7. OBJEKTIVNI POSTUPCI DIJAGNOSTIKE

Od objektivnih postupaka dijagnostike najčešće se koristi određivanje: temperature, pritiska, protoka, vibracije, obrtnog momenta, broja obrtaja, snage, potrošnje goriva, emisije izdavnih gasova... U narednom tekstu biće nešto više reči o praćenju temperature, broja obrtaja, vibracija, pritiska i protoka fluida, dok će o ostalim dijagnostičkim postupcima više biti reči kasnije na primeru SUS motora.

7.7.1. Merenje temperature

Temperatura je jedan od najvažnijih parametara stanja većine tehničkih sistema. Ona je za većinu sklopova (podsklopova) normativno određena. Tako na primer, kod motora SUS jedan od bitnih parametara koji se prati jeste temperatura ulja i rashladne tečnosti. Takođe, za određivanje optimalne količine goriva koja se ubrizgava u cilindar, kod savremenih motora SUS, elektronskoj kontrolnoj jedinici bitan je podatak o temperaturi goriva. Danas se u praksi koriste različite vrste senzora temerature koji se ugrađuju tehničke sisteme. O senzorima temperature koji se ugrađuju na savremene poljoprivredne mašine, biće više reči u delu „Dijagnostika elektronskih uređaja“.

U praksi za dijagnostiku stanja često se koriste elektronski portabl termometri. Instrumenti se sastoje od sonde koja je fleksibilnim kablom povezana sa



Sl. 7.5. Digitalni termometar
Testo 925 (opseg merenje od -50 do 1000°C)

indikatorском jedinicom (sl. 7.5.). Pogodan je za merenje temperature čvrstih, tečnih i gasovitih tela ili površina.

Za određivanje temperature teško dostupnih ili opasnih elemenata tehničkih sistema koriste se termometarski pištolji. Termometarski pištolji su ručni merni uređaji namenjeni bezkontaktnom merenju temperature tela u mirovanju ili kretanju. Imaju mogućnost merenja temperature vrlo malih površina. Postoji veliki broj modela ovih uređaja. Najrasprostranjeniji su uređaji koji mere temperaturu tačke u koju su usmereni. Izmerena temperatura se očitava direktno na displeju uređaja.

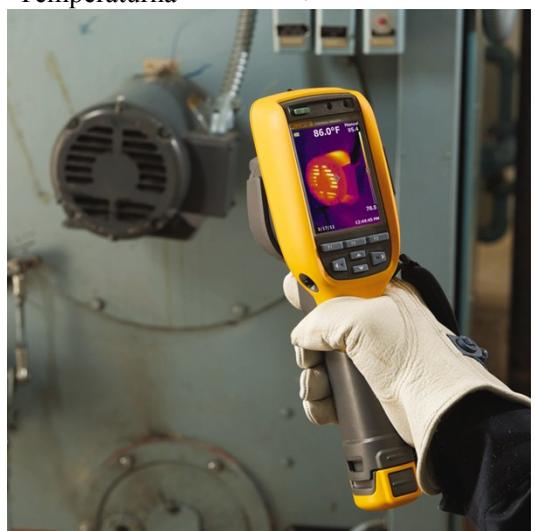
Takođe, danas su široko rasprostranjene infracrvene termokamere namenjene merenju raspodele temperature na nekom objektu. Temperaturna raspodela objekata omogućava pronalaženja lokalnih pregrevanja nastalih kao posledica habanja (abnormalne temperature uzrokovane: istrošenošću ležaja, greći u centriranju, preopterenjem, itd.), naprsnuća, oštećenja izolacije i sl. Termalne kamere omogućavaju čuvanje snimljenog filma i prenošenje na računar.

Termalne kamere efikasno se mogu koristiti za:

- Dijagnostikovanje oštećenja ležajeva (oštećeni delovi ležajeva dovode do porasta temperature na površini kućišta ležaja),
- Dijagnostikovanje stanja sistema za hlađenje i podmazivanje,
- Praćenje procesa sagorevanja (nepravilan proces sagorevanja uzrokuje nepravilan raspored toplove u pećima, kotlovima, cilindrima motora SUS),
- Ispitivanje pojave taloga (u cevnim sistemima pojавa taloga kamence ili u pećima i kotlovima pojавa pepela, prašine ili korozionih produkata moguće je detektovati),
- Detekcija oštećenja izolacije,
- Detekcija neispravnosti električnih komponenti (loši priključci, vodovi, kontaktni otpori i sl. dovode do lokalnog zagrevanja)...



Sl. 7.6. Termometarski pištolj IRX 68 (opseg merenja -50 do 1850°C)



Sl. 7.7. Infracrvena termokamera Fluke Ti100



Sl. 7.8. Detekcija dotrajalosti ležaja (izvor: NEC)

7.7.2. Merenje broja obrtaja

Broj obrtaja je takođe vrlo bitan parametar koji ukazuje na ispravnost ili podešenost tehničkog sistema (na primer: kod hidrostatickih prenosnika pad broja obrtaja najčešće znači da postoje mesta isticanja radnog fluida-pada pritiska). Danas je razvijen čitav niz mehaničkih i elektronskih uređaja za merenje broja obrtaja (tahometara). U osnovi razlikuju se bezkontaktni, kontaktni i tahografi za merenje obimne brzine. Danas su najčešće ova tri tipa objedinjena u jednom uređaju. Na slici 7.9. prikazan je ručni tahometar sa digitalnim pokazivanjem. Ima mogućnost kontaktног и bezkontaktnog merenja, kao i merenja obimne brzine.

U održavanju radne ispravnosti tehničkih sistema široku primenu u određivanju broja obrtaja imaju tzv. stroboskopske lampe. Princip rada ovih uređaja bazira se na osvetljavanju predmeta čiji se broj obrtaja meri impulsnom svetlošću promenljive učestalosti (trajanje impulsa osvetljenja je oko $10 \mu\text{s}$). Učestalost (perioda) osvetljenja se može regulisati na stroboskopskoj lambi. Kada se obezbedi da je perioda osvetljenja jednaka periodi obrtanja dobija se utisak kao da rotacioni predmet miruje. Vrednost perioda se očitava na instrumentu.



Sl. 7.9. Tahometar Testo 470
a-nastavci za kontaktno merenje, b-nastavci za merenje obimne brzine, c-skidanjem ovog nastavka moguće je izvršiti bezkontaktno merenje

Stroboskopske lampe se pored određivanja broja obrtaja koriste za podešavanje ugla pretpaljenja (kod oto motora) i predubrizgavanja (kod dizel motora). Kod stroboskopskih lampi prilagođenih ovoj nameni perioda paljenja lampe određena je momentom slanja napona ka svećici prvog cilindra kod oto motora, odnosno početka distribucije goriva kod dizel motora (postavljanjem senzora na vod visokog pritiska, momenat početka ubrizgavanja određuje se na bazi deformacije cevi nastale kao posledica povećanja pritiska-piezo senzor). Usmeravanjem svetlosti stroboskopske lampe na oznake koje proizvođač postavlja na kolenastom vratilu motora (najčešće na remenicu za pogon alternatora) dobija se efekat kao da kolenasto vratilo miruje. U tom stanju oznaka na vratilu treba da se poklopi sa odgovarajućom oznakom na kućištu motora. Ukoliko ovo nije slučaj, potrebno je korigovati ugao pretpaljenja (zakretanjem razvodnika paljenja) ili ubrizgavanja (zakretanjem PVP) tako da se navedene oznake međusobno poklope.

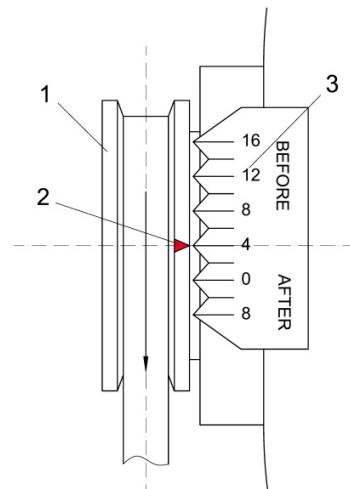
7.7.3. Merenje vibracija

Vibracija je često korišćen parametar kod dijagnostike tehničkih sistema. Praćenjem i analizom vibracija na mestu uležištenja može da se ukaže na čitav niz problema. Problemi na ležišnim sklopovima koji se otkrivaju preko vibracija su: debalans, labavost sklopa, neodgovarajuće centriranje, ležajevi lošeg kvaliteta, iskrivljena vratila, oštećeni zupčanici i sl. Mesta za merenje vibracije na rotacionim delovima mašina određena su normativnim dokumentima od strane proizvođača. Najčešće su to mesta uležištenja osovina i vratila (kućišta ležajeva).

Naime, mašine se retko kvare bez opomene. Znaci predstojećeg kvara su obično prisutni dugo pre nego što kvar učini mašinu nekorisnom. Nepodesan rad mašine obično karakteriše porast nivoa vibracija koji se može meriti na nekoj spoljašnjoj površini i tako delovati kao indikator stanja ispravnosti. Nivo vibracija koji može biti



Sl. 7.10. Stroboskopska lampa - Sauter SB



Sl. 7.11. Položaj oznaka pri određivanju ugla predubrizgavanja (pretpaljenja)

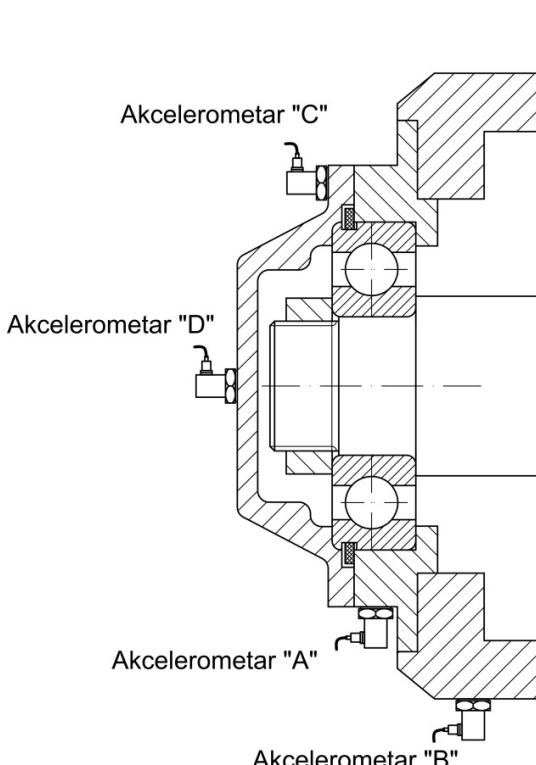
1-remenica na kolenastom vratilu,
2-oznaka na remenici, 3-pločica na
bočnom poklocu bloka i kartera
motora sa oznakama uglova

dozvoljen pre preduzimanja opravke najčešće se određuje iskustveno (uglavnom ne postoje normativne vrednosti). Danas se uglavnom smatra da remont treba preuzeti u slučajevima kada nivo vibracije bude dva do tri puta viši u odnosu na normalni nivo.

Prilikom merenja vibracije posebnu pažnju treba posvetiti izboru odgovarajućeg položaja akcelerometra. Samo merenje najčešće se obavlja u radijalnom (horizontalnom i vertikalnom) i aksijalnom pravcu. Akcelerometar treba postaviti u takav položaj da se željeni pravac merenja poklopi sa pravcem njegove najveće osetljivosti (to je pravac ose akcelerometra, osetljivost akcelerometra u poprečnom pravcu je vrlo mala, obično ispod 1%). Položaj merne tačke određen je razlogom samog ispitivanja. Na slici 7.12. datoj u nastavku razlog ispitivanja vibracija jeste utvrđivanje radnog stanja veze vratila i nosača (zazor u ležaju). Akcelerometar treba da bude postavljen u položaj u kome će se održavati direktni put vibracije. Tako je na primer akcelerometar „A“ postavljen u pogodniji položaj u odnosu na akcelerometar „B“

(prilikom merenja vibracija u radijalnom pravcu). Vibracije koje detektuje akcelerometar „B“ verovatno će biti značajno modifikovane u odnosu na „A“, zbog prenošenja vibracija kroz još jedan element. Slično je akcelerometar „C“ postavljen na direktniji put u odnosu na akcelerometar „D“ (merenje vibracija u aksijalnom pravcu).

Danas su u primeni savremena rešenja mernih instrumenata koja omogućavaju da se sa sigurnošću predvidi raspoloživi resurs maštine, što obezbeđuje mogućnost da se otklone eventualni nepredviđeni zastoji nastali kao posledica iznenadnih i skrivenih defekata na ležajevima.



Sl. 7.12. Izbor položaja za montiranje akcelerometra



Sl. 7.13. Akcelerometar Fluke 810

7.7.4. Merenje pritiska i protoka

U dijagnostici tehničkih sistema često se javlja potreba merenja pritiska i protoka fluida (ulja, vazduha, vode...). Merenje pritiska i protoka posebno dolazi do izražaja kod dijagnostikovanja stanja hidraulično transmisionog sistema savremenih poljoprivrednih mašina. Za merenje pritiska koristi se manometar, opremljen savitljivim crevom za visoke pritiske² do 150 MPa dužine do 3 m i odgovarajućim setom priključaka namenjenih priključivanju manometra na odgovarajuća merna mesta. S obzirom na to da su manometri tokom dijagnostike često prislonjeni na površine koje vibriraju ili da pritisak u sistemu osciluje, poželjno je da se prilikom njihove nabavke odluci za manometre čija je kazaljka potopljena u glicerin (glicerin sprečava preveliko vibriranje kazaljke). Danas se uglavnom za potrebe dijagnostike koriste manometri sa „Burdonovom cevi“. Poželjno je za potrebe dijagnostike posedovanje garniture manometara, creva i priključaka kako bi se omogućilo praćenje pritiska radnog fluida u različitim tačkama istovremeno. S obzirom da se pritisak radnog



Sl. 7.14. Garnitura manometara i pripadajućeg pribora (fleksibilna creva i odgovarajući priključci-adAPTERI) namenjena dijagnostici stanja hidrauličnog sistema

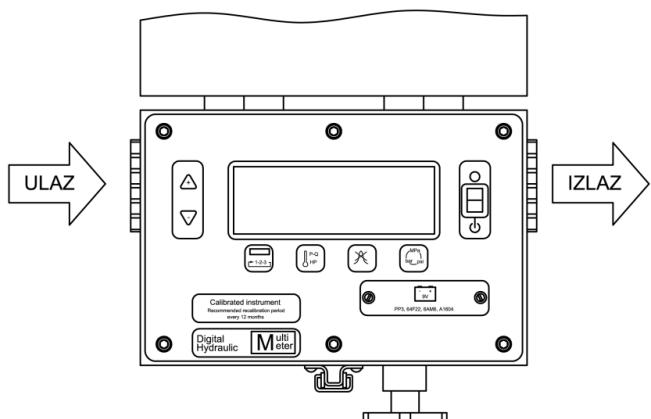
² Zbog postojanja teško pristupačnih mernih mesta, savitljiva creva su pogodnija za rad na dijagnostici poljoprivrednih mašina.

fluida nalazi u širokom spektru pritisaka, u cilju preciznijeg merenja potrebno je posedovati garnituru koja ima manometre različitog opsega merenja (0-0,05 MPa, 0-5 MPa, 0-10 MPa, 0-25 MPa, 0-50 MPa).

Pored pritiska tokom dijagnostikovanja stanja sistema (npr. hidraulično-transmisionog), neophodna je informacija i o protoku radnog fluida. Za ove potrebe koriste se različite vrste protokometara.

Za dijagnostikovanje stanja savremenih hidrauličnih sistema danas se primenjuje digitalni hidraulični multimetar (sl. 7.15.). Uredaj se koristi za testiranje hidrauličnih pumpi, motora, ventila i hidrostaticke transmisije. Uredaj ima mogućnost da meri pritisak, protok, pik pritiska i temperaturu. Na osnovu podataka o pritisku i protoku, automatski preračunava snagu hidraulika.

Protokomer je turbinskog tipa, smešten u ojačano aluminijumsko kućište, omogućava merenje protoka u oba smera kretanja fluida. Unutar kućišta nalazi se ventil koji omogućava simulaciju maksimalnog radnog pritiska. Uredaj je namenjen za merenje širokog spektra protoka (10-400 lit/min) i pritiska (0-480 bar).



Sl. 7.15. Digitalni hidraulični multimetar WEBTEC DHM 3

7.8. AUTOMATIZOVANI DIJAGNOSTIČKI SISTEM - ADS

Automatizovani dijagnostički sistem (ADS), ili skraćeno autodijagnostika omogućava modernu varijantu preventivnog održavanja, tzv. održavanje po stanju. ADS sistemi umesto rukovaoca obezbeđuju vrlo precizan i konstantan nadzor nad radom maštine kao i svim njenim sistemima. Dužnost im je, takođe, da obaveste rukovaoca o potrebi eventualnog servisa maštine u realnom vremenu. Ovaj sistem znatno pomaže predupređivanju kvarova, naročito u slučaju kada je rukovalac nedovoljno stručan. Na taj način kvalitet samog održavanja sve manje zavisi od samog rukovaoca, njegove obučenosti i zainteresovanosti za rad.

Tokom upotrebe same maštine koju ADS nadgleda, dijagnostika upozorava rukovaoca o potrebnim intervencijama. ADS dakle deluje preventivno, ponekad čak i prekidajući rad maštine u cilju sprečavanja većeg kvara ili havarije. Rukovalac dijagnostikom najčešće i nije detaljnije upućen u kvar, on je obavezan da u zadatom roku odreaguje tako da spreči veće kvarove ili havariju. Ovakvi sistemi dijagnostike služe uporedno i izvršenju plana periodičnog preventivnog održavanja, kroz upozoravanje rukovaoca na sprovođenje unapred propisanih radnji. Naredno preventivno održavanje određuje se

prognozom sposobnosti mašine da funkcioniše bez otkaza do datog trenutka. To vreme će odrediti kompjuter i o tome blagovremeno upozoriti rukovaoca.

Klasičan i u poslednje vreme najčešći primer ADS sistema su oni kojima se opremaju savremene mobilne mašine (poljoprivredne, građevinske...), kamioni, automobili i motori. Primena ovih sistema u industriji mobilnih mašina moguća je korišćenjem elektronskog upravljanja njihovim radom. Ovi sistemi omogućavaju preciznu regulaciju i kontrolu svih bitnih parametara rada mašine. Mozak ovog sistema je elektronska upravljačka jedinica ECU (mikroprocesor) koja prima podatke od velikog broja senzora o režimu i uslovima rada (brzina kretanja, temperatura vazduha, ulja i rashladne tečnosti, broj obrtaja motora itd.), obrađuje ih i na osnovu tzv. mape podataka, koji su u memoriji ECU, i na osnovu njih formira izlazne signale pomoću kojih se upravlja radom pojedinim sistemima mašine (npr. kontrola brzinskog režima, rad turbokompresora itd.).

Uz primenu ADS koji u sebi sadrže različite elektronske sisteme, nužna je i obavezna briga o održavanju tih sistema. Pošto su kod elektronskih sistema i komponenti moguće pojave specifičnih otkaza koji se teško mogu otkriti, ukazuje se potreba za rešavanjem problema ispravnosti takvih sistema. Tako se došlo do sistema sa samodijagnostikom SSD, koji se koriste za dijagnosticiranje električne i elektronske opreme na vozilima.

Princip rada SSD je taj da ECU, tj. mikroprocesor koji upravlja elektronskom regulacijom sistema na mašini i ADS memorije pojavu karakterističnih događaja tokom rada konkretnog elektronskog uređaja i potom te informacije saopštava radioničkom test-uređaju u vidu kodova ili teksta. Neka od opreme u modernim motorima SUS kao što je elektronsko paljenje i elektronsko ubrizgavanje goriva kod benzinskih motora, elektronsko ubrizgavanje goriva kod dizel motora, karakterišu se izrazitom pogodnošću za dijagnostiku.

Danas, međutim, još uvek je relativno mali procenat zastupljenih poljoprivrednih mašina i motora opremljenih ADS sistemom. Većinom preovlađuju motori i mašine kod kojih ne postoji ugrađeni dijagnostički davači, ili oni kod kojih postoji mogućnost ugradnje istih.

7.9. POGODNOST ZA DIJAGNOSTIKU

Da bi na određenoj mašini mogle biti primenjene odgovarajuće metode dijagnostike, ona za to mora biti prilagođena. Još u ranoj fazi razvoja u mašini moraju biti predviđena mesta ugradnje odgovarajućih senzora i instrumenata neophodnih za sprovođenje odgovarajućih metoda dijagnostike. Pogodnost za dijagnostiku je bitna konstrukcijska karakteristika mašine koja određuje mašinu kao objekt dijagnostike. Pod tim se podrazumeva sposobnost mašine za obavljanje dijagnostičkih radnji koje u datim uslovima obezbeđuju neophodnu tačnost, uz minimalan utrošak rada, vremena i sredstava. Pogodnost za dijagnostiku je jedna u nizu konstrukcijskih karakteristika mašine i objedinjuje svojstva mašine sa stanovišta njene prilagođenosti kontroli tehničkog stanja pri proizvodnji, ispitivanjima, eksploataciji i opravci.

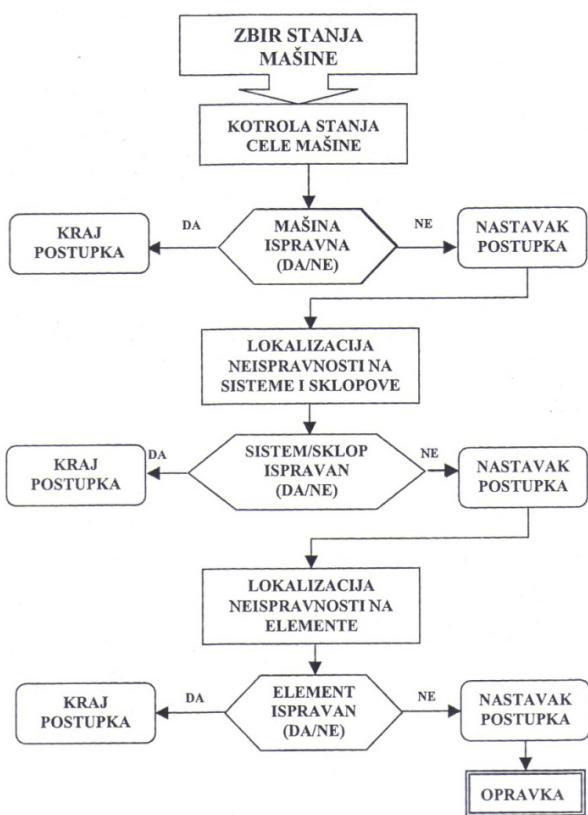
7.10. ALGORITAM DIJAGNOSTIKE

Algoritam dijagnostike je u suštini prikaz sprovođenja postupka dijagnostike. Nezavisno od vrste dijagnostike, algoritam predstavlja osnovno tehnološko pravilo u dijagnostici, jer ukazuje na redosled rešavanja operacija (zadataka) u tom domenu. Dijagnostikovanje započinje sa kontrolom stanja, kontrolujući samu ispravnost sistema. Slika 7.16. jasno ukazuje na procese koje treba obaviti u slučaju eventualne neispravnosti. Ako je dijagnostikom utvrđena ispravnost sistema, postupak se završava. Ako je, međutim, utvrđena neispravnost podsistema, elemenata, sklopova i sl., primenjuju se neophodni postupci iz domena korektivnog održavanja.

Zadatak dijagnostike je da

utvrdi nedvosmisleno vreme i mesto, kao i uzrok nastanka neispravnosti. Nakon toga se primenjuju metode korektivnog održavanja radi uklanjanja neispravnosti.

Kada se obavi korektivno održavanje (dorade, zamene, itd.) i otklone neispravnosti, obavezna je još jedna kontrola stanja radi provere da li je uočeni nedostatak zaista otklonjen. Na taj način se povećava poverenje u korektni dalji rad sistema.



Sl. 7.16. Algoritam dijagnostike (Klinar, 2004)

7.11. METODE I PARAMETRI DIJAGNOSTIKE ODREĐENIH SISTEMA MOTORA

Uzveši u obzir statistiku neispravnosti sistema i sklopova motora, može se reći da su sa stanovišta održavanja motora najbitnije informacije o stanju klipnog mehanizma, klipno-cilindarskog sklopa, sistema električnih uređaja i sistema napajanja³. Neke od

³ Otkazi nabrojanih sistema su među najčešćim. Svakako postoji obaveza praćenja i ostalih

mogućih veza između parametara date su u tabeli 7.2. Dijagnostikovanje svakog posebnog motora SUS usložnjava činjenica da svaki motor u određenom trenutku ima stanje karakteristično samo za njega, što u startu komplikuje donošenje završne ocene stanja motora. Tačnije rečeno, sam izbor dijagnostičkih operacija i njihov raspored varira od slučaja do slučaja. Idealno bi bilo konstantno praćenje motora u toku eksploatacije i kontrola parametara motora, što u praksi najčešće nije moguće.

Tab. 7.2. Povezanost struktturnih i dijagnostičkih parametara

Objekt dijagnostikovanja	Strukturni parametar	Dijagnostički parametar
Motor u celini	Snaga	Ugaono ubrzanje kolenastog vratila (s^{-1})
	Specifična potrošnja goriva (kg/kWh)	Snaga (kW) Smanjenje broja obrtaja pri isključenim cilindrima (%) Časovna potrošnja goriva (kg/h) Broj obrtaja kolenastog vratila na praznom hodu (min^{-1})
Klipno-cilindarski sklop	Ocena globalnog stanja	Količina karterskih gasova (l/h)
		Pritisak gasova u karteru (MPa) Zazor sklopova ležajeva sistema na osnovu amplitude vibro - dijagnostike (mm) Pritisak na kraju takta sabijanja (MPa)
Stanje ležajeva kolenastog vratila	Sumarni zazori ležajeva	Pritisak ulja u magistralnom vodu (MPa) Slobodni hod klipa za veličinu zazora (mm) Zazor određen po amplitudi vibro - dijagnostike (mm)
Elektrosistem	Snaga generatora	Promena napona i struje pri promeni broja obrtaja
	Zategnutost remena generatora	Ugib remena (mm/kg) i proklizavanje (%)
	Napon punjenja	Napon (V)
	Otpor ispravljačkih dioda	Oscilogram napona na izlazu iz generatora
	Snaga startera	Napon startovanja (V)
	Istrošenost četkica startera i generatora	
	Kapacitet akumulatora	Napon akumulatora pri opterećenju (V)
	Istrošenost ležajeva	Karakteristika amplitude pri vibro -

sistema koji imaju uticaj na sigurnost rada motora.

	startera i generatora	dijagnostici
Mehanizam razvoda radne materije	Zazor ventila na toplo Stanje bregastog vratila Sumarna ocena istrošenosti razvodnog mehanizma	Zazori na toplo (mm) Hod ventila (mm) Kontrola kašnjenja pojedinih faza ciklusa za svaki cilindar ($^{\circ}$ kv)
Sistem za napajanje	Količina goriva po ciklusu Zazori pumpe za gorivo Zapravljanost filtera za gorivo	Količina goriva po ciklusu (mm ³ /cikl.) Natpritisak pumpe za gorivo (MPa) Pad pritiska na prečistaču (Pa)
Sistem za prečišćavanje i dovod vazduha	Zapravljanost filtera za vazduh	Potpritisak usisne grane (Pa)
Sistem za podmazivanje	Učinak pumpe za podmazivanje Opšte stanje sistema za podmazivanje Stanje hladnjaka ulja (ako postoji)	Prijavaštaj pritiska ulja pri povećanju broja obrtaja (MPa) Pritisak u sistemu za podmazivanje (MPa) Temperatura ulja u karteru ($^{\circ}$ C)
Rashladni sistem	Rashladna sposobnost sistema Rashladna sposobnost hladnjaka	Radna temperatura rashladnog sredstva ($^{\circ}$ C) Razlika temperaturna na ulazu i izlazu iz hladnjaka ($^{\circ}$ C)
Učinak ventilatora	Zategnutost remena	Ugib remena (mm/kg) Proklizavanje ventilatora u odnosu na kolenasto vratilo (%)

Sve parametre koji se odnose na radnu ispravnost motora moguće je svrstati u tri osnovne grupe - nivoa, i to:

- Globalni parametri
- snaga motora potrošnja goriva
 - Parcijalni parametri I
 - zaptivenost klipno-cilindarskog sklopa,
 - „karter gas“
 - ugao predubrizgavanja
 - pritisak predubrizgavanja
 - Parcijalni parametri II
 - podešenost pumpe visokog pritiska
 - podešenost brizgaljki

Ukoliko se pri dijagnostici globalnih parametara utvrdi da oni ne zadovoljavaju dozvoljena odstupanja, treba preći na dijagnostiku parcijalnih parametara, prema navedenim nivoima, a u smislu iznalaženja uzroka pada snage i promene (povećanja) potrošnje goriva.

7.11.1. Spoljašnje brzinske karakteristike motora (snaga, obrtni moment i potrošnja goriva)

Ovaj metod podrazumeva snimanje i analizu osnovnih spoljašnjih brzinskih karakteristika motora (snaga, momenat, časovna i specifična efektivna potrošnja goriva) na probnom stolu sa odgovarajućom motorskom kočnicom, uz precizno definisane uslove rada motora. Metod nije pogodan za brzu dijagnostiku klipno-cilindarskih sklopova motora u eksploracionim uslovima, s obzirom da spoljašnje brzinske karakteristike motora spadaju u zavisne dijagnostičke parametre i daju samo opštu sliku stanja motora (metoda nije dovoljno selektivna i jednoznačna). Nedostatak je i obaveza upotrebe probnih stolova sa motorskim kočnicama. Drugi nedostatak ove metode jeste potreba izuzimanja (skidanja) motora sa vozila. Iz tog razloga, ova metoda ispitivanja je pogodna za ispitivanje kvaliteta izvršenih radova nakon generalnog remonta motora, a neposredno pre postavljanja motora na vozilo.

Postojanje izvoda priključnog vratila na traktorima koji se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji omogućava jednostavno utvrđivanje stanja radne ispravnosti motora.

7.11.1.1. Metode merenja

Merenje osnovnih parametara motora moguće je izvesti na više načina, u zavisnosti od željenog nivoa tačnosti izmerenih parametara i raspoloživih uređaja kojima se vrši merenje.

Ključno pitanje koje se postavlja je definisanje uslova i režima rada motora radi merenja potrebnih parametara motora. Moguća su dva prilaza problemu u odnosu na metode merenja i to:

- Standardizovane metode merenja parametara motora, definisani propisanim standardima;
- Prilagođene metode merenja parametara motora, prema potrebama i uslovima u praksi.

Koji će se od navedenih načina primeniti zavisi pre svega od toga šta se želi postići ispitivanjima, odnosno, od nivoa tražene tačnosti izmerenih rezultata.

Standardne metode merenja parametara motora

Početak eksploracionih ispitivanja motora poljoprivrednih mašina vezana su za „takmičenja“ traktora. Prvo takvo ispitivanje održano je 1908. godine u Vinipegu u Kanadi. Ovo takmičenje sastojalo se u vučenju tereta i u oranju.

Službena ispitivanja traktora obavljaju se od 1920. godine na nacionalnom nivou. Svaka zemlja vršila je ispitivanje prema svom pravilniku, uslovima i potrebama. Godine 1960. OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) izdala je Standardni pravilnik za ispitivanje poljoprivrednih traktora koji su prihvatile praktično sve zemlje sveta.

Pored OECD pravilnika u pojedinim zemljama i institucijama razvijeni su i sopstveni pravilnici. U Srbiji se ispitivanje motora definiše standardom SRPS M. F2. 025 i

SRPS M. F2. 026 iz 1983. godine koji je u skladu sa standardom ISO 1585 iz 1974. godine. Ovi standardi se odnose na motore sa unutrašnjim sagorevanjem za pogon putničkih i ostalih motornih vozila (isključujući motocikle i poljoprivredne traktore) koji se pretežno kreću putevima.

Osnovna podela standardizovanih metoda merenja parametara motora mogla bi se izvesti s obzirom na stanje motora u trenutku merenja i to:

- Merenje parametara motora izgrađenog iz pogonske jedinice i
- Merenje parametara motora preko priključnog vratila.

Druga važna podela odnosila bi se na mobilnost ispitnih uređaja, te se razlikuju:

- Stacionarni i
- Mobilni uređaji za merenje parametara motora.

Ispitivanje parametara motora stacionarnim uređajima izvodi se u različite svrhe:

- Kontrola serijskih i remontovanih motora;
 - prototipska ispitivanja;
 - naučnoistraživačka ispitivanja;
- specijalna ispitivanja.

Kontrolna ispitivanja ograničavaju se na merenje izvesnog broja najvažnijih veličina motora u cilju donošenja suda o kvalitetu proizvedenog ili remontovanog motora po izlasku iz fabrike. U ovu grupu spadaju:

- primopredajna ispitivanja,
- eksploraciona ispitivanja.

Karakter i sadržaj ovih ispitivanja proizilazi iz samog naziva ovih ispitivanja.

Prototipska ispitivanja sadrže:

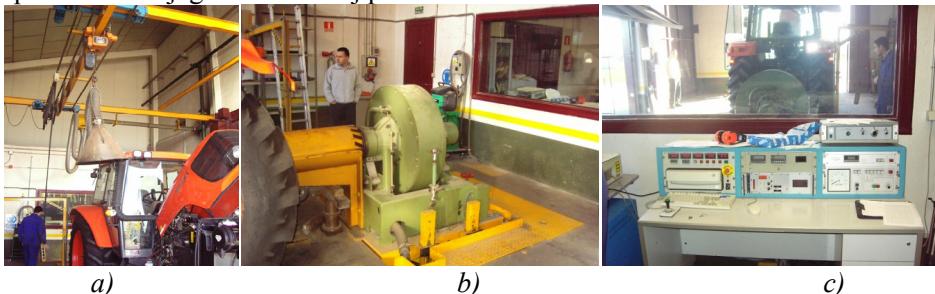
- prototipska kontrolna ispitivanja koja se odnose na ispitivanje performansi novokomponovane konstrukcije,
- prototipska dugotrajna ispitivanja kojima se utvrđuje pouzdanost i sigurnost novokomponovane konstrukcije,
- prototipska razvojna ispitivanja koja se preduzimaju u cilju korekcije ili poboljšanja performansi motora.

Naučnoistraživačka ispitivanja imaju za cilj dublja proučavanja motorskog kompleksa i motorskih uređaja. Dobijeni podaci se po mogućnosti uopštavaju, te ova ispitivanja predstavljaju izvor podataka za tačnije proračune i usavršavanje konstrukcije motora.

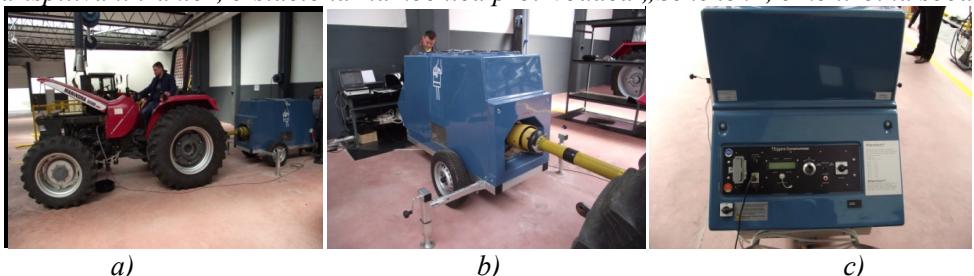
Specijalna ispitivanja odnose se uglavnom na reglažna ispitivanja pojedinih sistema motora.

Već je ranije napomenuto da je način ispitivanja snage motora i specifične efektivne potrošnje goriva u zavisnosti od broja obrtaja, pri punom opterećenju, propisan standardom SRPS M. F2. 025 i SRPS M. F2. 026. (1983.). Ovaj standard isključuje poljoprivredne traktore i motocikle ali proizvođači traktora ipak navode u svojim katalozima snagu motora i specifičnu potrošnju goriva po ovom standardu.

Standard SRPS M. F2. 025 (1983.) propisuje metode ispitivanja neto - snage motora. Neto - snaga motora predstavlja snagu koja se dobija na probnom stolu na izlazu iz motora (na kolenastom vratilu ili odgovarajućem delu) za broj obrtaja koji propisuje proizvođač, pri čemu je motor opremljen standardnim pomoćnim uređajima neophodnim za njegov rad u dатој primeni.



Sl. 7.17. Merenje spoljašnje brzinske karakteristike motora u laboratorijskim uslovima
a-ispitivani traktor, b-stacionarna kočnica proizvođača „Schenck“, c-kontrolna soba



Sl. 7.18. Merenje spoljašnje brzinske karakteristike motora u eksploracionim uslovima

a-ispitivani traktor, b-mobilna kočnica 301/MEM, c-kontrolna tabla

Standard SRPS M. F2. 026 (1983.) propisuje metode ispitivanja bruto - snage motora. Bruto - snaga motora predstavlja snagu koja se dobija na probnom stolu na izlazu iz motora (na kolenastom vratilu ili odgovarajućem delu) za broj obrtaja koji propisuje proizvođač, pri čemu je motor opremljen samo standardnim pomoćnim uređajima neophodnim za rad na probnom stolu. Pri određivanju ove snage isključuje se sva eksperimentalna oprema. Takođe se isključuje uređaj za ograničenje broja obrtaja motora, motorska kočnica, regulator broja obrtaja, sistem za hlađenje tečnošću, uređaj za regulaciju temperature (kod vazduhom hlađenih motora).

Prilagođene metode merenja parametara motora

Uslovi rada poljoprivrednih mašina su izuzetno teški. Naročito se to odnosi na uslove rada motora poljoprivrednih mašina, a posebno traktora, što uzrokuje pojave kvarova na sistemima motora. Ovo ima za posledicu zastoj u radu ili opšti pad kvaliteta rada motora. Kvarovi koji izazivaju zastoje, organizaciono i tehnički, efikasnije se otaklanjaju, dok oni koji samo narušavaju kvalitet rada motora, često ostaju nezapaženi. Najčešći slučajevi ispoljenih nedostataka u radu motora poljoprivrednih traktora su

pad snage i povećanje potrošnje goriva.

Za razliku od standardnih metoda koje imaju za cilj egzaktno i precizno registrovanje parametara motora u svrhu naučnih, atestnih i sličnih potreba, prilagođene metode bi trebale više indikativno, te time i preventivno da posluže, da se ti parametri u eksploataciji i realizuju.

To znači da prilagođene metode merenja parametra motora u eksploataciji poljoprivredne tehnike ne moraju dugo da traju, ali se redovno izvode u okviru nekog sistema tehničkog održavanja mašina. Takođe, ne moraju obavezno sadržavati veliki broj mernih veličina, ako to potrebe ne nalažu.

Osnovni uslov prilikom prilagođavanja merenja parametara motora jeste skraćivanje efektivnog vremena merenja u odnosu na traženih 2 h, prema OECD standardu.

S obzirom da se većina najvažnijih veličina motora može definisati poznavanjem snage motora i potrošnje goriva, merenje drugih parametara treba preduzimati samo u slučaju eventualnih dijagnostičkih potreba.

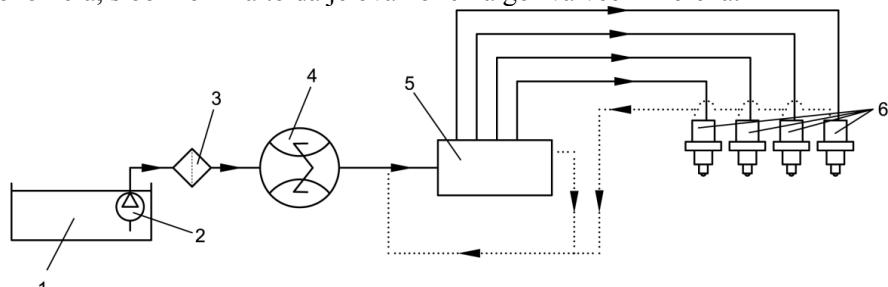
7.11.1.2. Merenje snage motora traktora na priključnom vratilu

Ovakva ispitivanja imaju poseban značaj prilikom merenja parametara motora poljoprivrednih traktora i mašina. Za razliku od ispitivanja opisanih u prethodnom tekstu koja su većinom uslovljena dobijanjem rezultata visoke tačnosti, ovde je bitno da se merenja obave u što kraćem mogućem roku, na što je moguće jednostavniji način, uz dobijanje rezultata zadovoljavajuće tačnosti. Iz navedenih razloga, merenja su moguća i kao terenska, a osnovno merenje snage motora vrši se uglavnom preko priključnog vratila, dok se za merenje potrošnje goriva i broja obrtaja motora koriste odgovarajući uređaji.

Tokom ovih ispitivanja, pomoćna oprema kao što je kompresor, hidraulična pumpa i dr. može da se isključi ako je to normalni radni postupak rukovaoca u skladu sa uputstvom za rukovanje i bez upotrebe alata. Ako to nije slučaj, pomoćna oprema ostaje povezana i treba da radi na minimalnom opterećenju. Ako je traktor snabdeven uređajima koji stvaraju promenljive parazitne gubitke snage kao što je promenljiva brzina ventilatora za hlađenje, hidraulične ili električne potrebe i dr. ne smeju biti odvojene. Promena snage za vreme ispitivanja veće od $\pm 5\%$ izazvane sa ovim uređajima moraju se registrovati u izveštaju o ispitivanju, izraženo u procentima promena od srednje vrednosti.

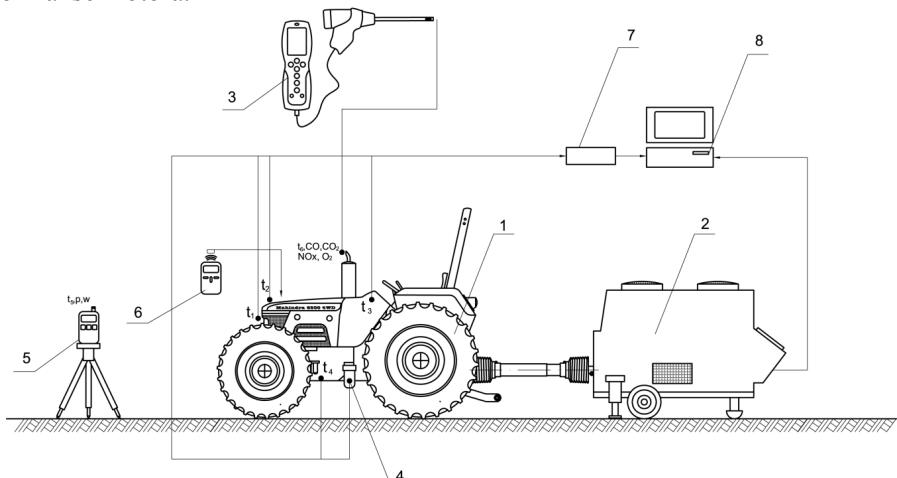
Oprema za merenje potrošnje goriva mora se podešiti tako da pritisak goriva u pumpi za ubrizgavanje goriva bude jednak pritisku koji odgovara pritisku kada je rezervoar za gorivo traktora napunjen do polovine. Temperatura goriva mora da odgovara temperaturi goriva u rezervoaru za vreme rada traktora pri punom opterećenju nakon dva sata. Potrošnja goriva može da se meri zapreminskom i težinskom metodom. Kada se potrošnja goriva meri zapreminski (l/h), izračunavanje mase goriva po jedinici rada (kg/h) vrši se koristeći specifičnu masu goriva na $15^{\circ}C$. Ako se potrošnja meri masom onda se izračunavanje zapreminskih podataka vrši koristeći specifičnu masu goriva na

15°C. Bez obzira o kojoj metodi ispitivanja potrošnje goriva se radi (zapreminska ili masena), uređaj za merenje se postavlja između filtera za gorivo i PVP. Pri tome je veoma bitno obezbediti povratak goriva (povratni vod iz PVP i brizgaljki) u vod iz protokomera, s obzirom na to da je ova količina goriva već izmerena.



Sl. 7.19. Šema postavljanja protokomera na sistem za napajanje motora gorivom
1-rezervoar za gorivo, 2-napojna pumpa, 3-filter, 4-protokomer, 5-PVP, 6-brizgaljke
—napojni vod,-povratni vod

Na slici 7.20. prikazano je povezivanje traktora preko priključnog vratila i dinamometarske kočnice. Ugao pod kojim стоји vratilo koje spaja priključno vratilo traktora sa dinamometrom ne sme da bude veći od 2°. Ako se pri ispitivanju koristi uređaj za izbacivanje izduvnih gasova iz ispitnog prostora, on ne sme da menja performanse motora.



Sl. 7.20. Šema merne opreme namenjena ispitivanju spoljnih karakteristika motora (obrtni moment, snaga, potrošnja goriva) i emisije izduvnih gasova
1-Ispitivani traktor, 2-Dinamometarska kočnica, 3-Analizator emisije izduvnih gasova, 4- Protokomer, 5-Merilo ambijentalnih uslova, 6- Merilo broj obrtaja motora, 7- Akvizicija, 8-PC
 t_1 -temperatura usisnog vazduha, t_2 -temperatura rashladne tečnosti, t_3 -temperatura goriva, t_4 -temperatura motornog ulja, t_5 -temperatura spoljne sredine, t_6 -temperatura izduvnih gasova

Merenje temperature vazduha pri usisu u motor obavlja se termometrom. Kod motora sa vazdušnim hlađenjem meri se temperatura bloka cilindra na karakterističnim mestima. Temperatura goriva se meri na ulazu u pumpu visokog pritiska, a temperatura motornog ulja na za to propisanom mestu. Temperatura spoljnog vazduha meri se približno 2 m ispred ili sa strane traktora što zavisi od položaja usisa ili kompresora natpunjenja i 1,5 m iznad zemlje. Atmosferski pritisak se meri na istom položaju, kao i temperatura. Merenje relativne vlažnosti spoljnog vazduha izvodi se na istom položaju, kao i merenje temperature spoljnog vazduha.

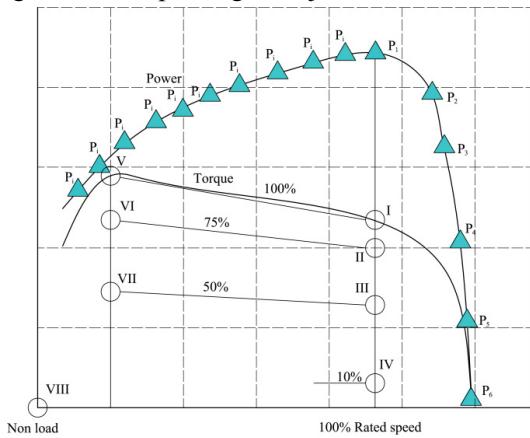
Na priključnom vratilu može da se meri maksimalna trajna snaga. Maksimalna trajna snaga meri se shodno standardu SRPS ISO 789-1. U trajanju od 2 h meri se svakih 20 minuta, šest puta, potom se izračunava aritmetička sredina. Ako su odstupanja veća od 2 % onda se merenje ponavlja. Ako se varijacije i dalje ponavljaju, odstupanje se registruje. Meri se: broj obrtaja, obrtni moment, snaga i potrošnja goriva shodno ovom uputstvu. Sva merenja se upisuju u zapisnik a srednja vrednost u izveštaj.

Takođe, može da se meri maksimalna snaga pri nazivnom broju obrtaja. Ako se maksimalna snaga ne postiže pri nazivnom broju obrtaja motora, izvodi se neobavezno dodatno ispitivanje u trajanju od 1 h.

Na istoj opremi može da se prati promena broja obrtaja pri punom opterećenju. Za praćenje promene broja obrtaja meri se snaga, obrtni moment i potrošnja goriva kao funkcija broja obrtaja pri punoj snazi sa povećanjem broja obrtaja od približno za po 10 %. Najmanji broj obrtaja na kojima se vrši merenje mora biti pri broju obrtaja za maksimalni obrtni moment i ako je moguće 15 % ispod tog obrtaja.

Kod merenja maksimalne snage, pri nazivnom (standardnom) broju obrtaja na priključnom vratilu, mere se snaga, broj obrtaja i potrošnja goriva pri dole datim vrednostima obrtnog momenta. Pri tome komanda regulatora postavljena je u položaj maksimalne snage. Merenje se obavlja za:

- Obрtni moment koji odgovara maksimalnoj snazi raspoloživoj za nazivni broj obrtaja motora i za standardni broj obrtaja PVT (540 ili 1000 o/min),
- 85 % obrtnog momenta ostvarenog pod (a),
- 75 % od obrtnog momenta ostvarenog pod (b),
- 50 % od obrtnog momenta ostvarenog pod (d),



Sl. 7.21. Tačke merenja snage prema SRPS ISO 789-1 i emisije izduvnih gasova prema ISO 8178-4, C1 (8-point cycle)

- e) 25 % od obrtnog momenta ostvarenog pod (b) i
- f) neopterećen.

Svi izmereni parametri evidentiraju se u zapisniku tabelarno, a sredjeni rezultati merenja prikazuju se u izveštaju u vidu tabela i grafički. Grafički se prikazuju sledeći parametri u funkciji broja obrtaja:

- snaga,
- obrtni moment,
- potrošnja goriva (izražena masom),
- specifična potrošnja goriva (izražena masom) i
- specifična potrošnja goriva (izražena masom) u funkciji snage.

7.11.2. Dijagnostičke metode i parametri za ocenu stanja klipno-cilindarskih sklopova motora

Klipno-cilindarski sklop je sastavljen od većeg broja pokretnih i nepokretnih delova. U klipno-cilindarskom sklopu se sagorevanjem goriva, topota i pritisak gasova pretvaraju u mehanički rad, stoga je njegova ispravnost od izuzetnog značaja. Svako propuštanje gasova izaziva pad pritiska što se nepovoljno odražava na snagu motora. Loša zaptivenost je najkritičnija za dva takta pri radu motora, za takt sabijanja i takt ekspanzije. Na kraju takta sabijanja pritisak u cilindru iznosi i do 80 bara, a u taktu ekspanzije i do 200 bara. Pri ovakvo visokim pritiscima i najmanji otvor izaziva gubljenje gasova. U taktu sabijanja gubi se vazduh odnosno kiseonik što nepovoljno utiče na sagorevanje. U taktu ekspanzije gube se produkti sagorevanja tj. smanjuje se pritisak na čelo klipa a samim tim i snaga motora. Smanjena zaptivenost klipno-cilindarskog sklopa takođe negativno utiče i na takt usisavanja, jer se smanjuje vrednost potpritiska i na taj način se smanjuje količina usisanog vazduha.

Za ispitivanje zaptivenosti direktno su interesantni klip i kompresioni klipni prstenovi, ventili i cilindar. Klip se sastoji od: čela klipa, glave i tela. Glava klipa u žlebovima nosi kompresione prstenove. Između klipa i cilindra mora da postoji zazor zbog širenja klipa pod uticajem temperature. Taj zazor se zaptiva kompresionim prstenovima. Oštećenjem jednog od ovih delova nastaje povećani zazor kroz koji gasovi pod pritiskom prodiru. Isto tako, sedišta ventila i ventili svojim stanjem direktno utiču na zaptivenost. Klackalice, podizači (šipke podizača) svojom neispravnošću indirektno preko ventila utiču na kvalitet zaptivanja. Dijagnostika zaptivenosti klipno-cilindarskog sklopa kombinuje dve dijagnostičke metode, vibroakustičnu i dijagnostiku stepena hermetičnosti radnih zapremina. Uopšte, ona se izvodi kombinacijom dveju metoda proverom zazora i registracijom i ocenom šumova i vibracija. Pojava povećanih zazora se manifestuje sledećim osobinama: registracijom povećane količine gasova u karteru; padom pritiska u cilindru; smanjen potpritisk na kraju takta usisavanja.

Danas postoji razvijeno više metoda dijagnostike klipno-cilindarskih sklopova motora. Za ocenu tehničkog stanja koristi se veliki broj zavisnih i nezavisnih parametara kao

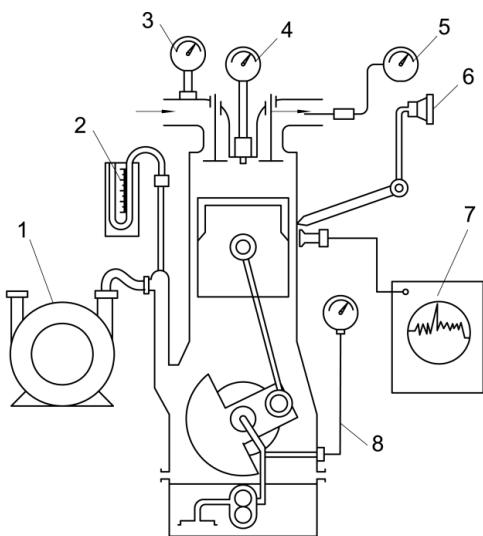
što su: nehermetičnost cilindra (gubitak vazduha), pritisak sabijanja, protok karterskih gasova (produvavanje), temperatura izduvnih gasova (tačnije odnos pritiska sabijanja i temperature izduvnih gasova, jačina struje elektropokretača, amplitudno-frekventni spektri ubrzanja, potrošnja ulja, sastav izduvnih gasova itd.

Primećuje se da postoji veliki broj metoda dijagnostike klipno-cilindarskog sklopa, tako da istovremena primena svih ovih metoda (ili većine) nije ni racionalna ni ekonomična. Potrebno je izabrati metode i parametre koji će sa aspekta pouzdanosti, jednoznačnosti, selektivnosti, pogodnosti za realizaciju u radioničkim i uslovima eksploracije dati najveće efekte. Opravданost primene određenih dijagnostičkih parametara uslovljena je postojanjem definisanog dijagnostičkog normativa tj. granične vrednosti parametra, kao i postojanje funkcionalne zavisnosti između njegove promene i promene stanja odgovarajućeg strukturnog parametra. Jedan od značajnih problema u praksi u tehničkoj dijagnostici jeste nepostojanje definisanih graničnih vrednosti dijagnostičkih i strukturnih parametara.

7.9.2.1. Nehermetičnost cilindra (gubljenje vazduha)

Merenje nehermetičnosti je jednostavno, rezultati se dobijaju direktno i brzo, za svaki cilindar zasebno. Kod nehermetičnosti cilindara usled gubitka radnih karakteristika klipnih prstenova (habanje, deformacija, lom, zaglavljivanje...) povećava se protok produkata sagorevanja u karter motora. Posledica ovoga je razaranje uljnog filma, nepotpuno sagorevanje smeše, kao i povećano trenje između klipnih prstenova i cilindarske košljice. Naime, nehermetičnost cilindara se najčešće javlja usled neispravnosti klipnih prstenova, ali nije isključivi izvor mogućih gubitaka. Gubitak sabijenog vazduha iz cilindra kada su ventili zatvoreni karakteriše istrošenost klipnih prstenova, lom, istrošenost cilindra i kanala u klipu, gubitak hermetičnosti ventila i zaptivača glave cilindra. Zaptivenost klipno-cilindarske grupe zavisi od niza konstruktivnih faktora (broj klipnih prstenova, njihov kvalitet, zapremina zaptivnog prostora itd.), režima rada motora kao i vrste korišćenog ulja.

Nehermetičnost cilindra je nezavisan dijagnostički parametar, neosetljiv na druge

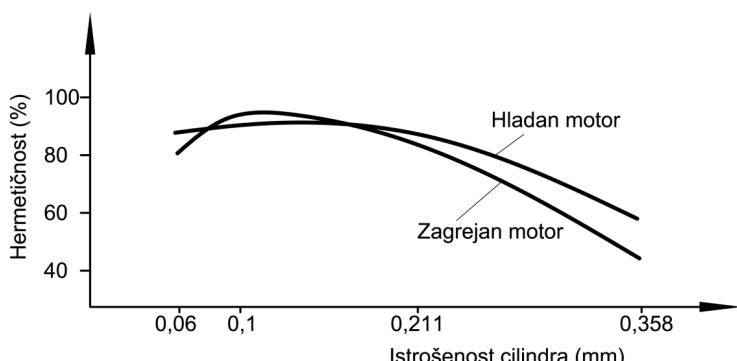


Sl. 7.22. Šema rasporeda instrumenata
1-uređaj za merenje količine karter gaza,
2-manometar, 3-vakuummetar, 4-
kompresiometar, 5-termometar, 6-
stetoskop, 7-vibrometar, 8-manometar
pritiska ulja

uticaje osim temperature. Ona utiče na veličinu zazora, samim tim i na hermetičnost. Kod hladnog motora javlja se veća nehermetičnost nego kod zagrejanog, osim u slučaju kada postoje veća istrošenja kada preovlađuje uticaj hladnog ulja na zaptivanje (slika 7.3.).

Parametar nehermetičnosti cilindra meri se na motoru zagrejanom na radnu temperaturu ($80\text{--}85^{\circ}\text{C}$) kada se klip u snimanom cilindru nalazi u SMT (nakon takta sabijanja). Nehermetičnost se u principu može meriti pri bilo kom položaju klipa između spoljne (SMT) i unutrašnje mrtve tačke (UMT) u hodu sabijanja. Na taj način stiče se potpuni uvid u stanje celokupne košuljice cilindra. Nehermetičnost se izražava u procentima gubitka vazduha iz cilindra. Propuštanje sabijenog vazduha manje od 20%, može se smatrati tolerantnom vrednošću i za takav motor se može smatrati ispravnim. Veći gubitak vazduha ukazuje na povećano propuštanje i neophodno je izvršiti remont. Prednost ove metode je to što se može odrediti konkretna neispravnost motora⁴ akustičnom metodom kojom se lako otkriva mesto isticanja vazduha. Neki konkretni primeri iz prakse su: šum na otvoru za nalivanje ulja ili odušci kartera se javlja zbog nehermetičnosti klipno-cilindarskog sklopa, šum na izdunvoj grani posledica je nezaptivenosti izdunvnog ventila, šum na usisnoj grani ukazuje na nehermetičnost usisnog ventila, mehurići na otvoru hladnjaka javljaju se usled naprsline u cilindarskoj glavi ili bloku, ili zbog oštećene zaptivke između njih.

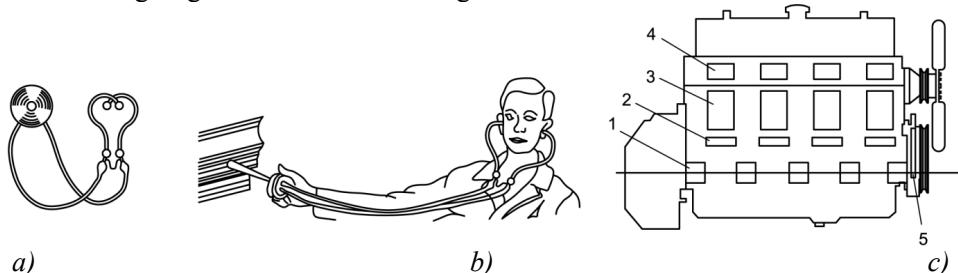
Osim ove akustične metode, neispravnost se može locirati i direktnim ulivanjem manje količine ulja u ispitivani cilindar. Ako su elementi klipno-cilindarskog sklopa istrošeni ili u slučaju loma klipnih prstenova, ovim ulivanjem ulja se nehermetičnost malo smanjuje, pošto ulje obezbeđuje bolju zaptivenost navedenih elemenata. Ovaj metod je rado prihvaćen u praksi, zbog jednostavne primene i jeftine opreme, pritom dobijene informacije zadovoljavaju pouzdanošću. Pošto nema potrebe za probnim stolovima, metoda je veoma pogodna za primenu u radioničkoj upotrebi. Tokom upotrebe novog ili generalno remontovanog motora nehermetičnost postepeno opada, najmanju vrednost ima na kraju razrade motora, dok tokom eksploatacije polako raste. Posle dostizanja minimalne vrednosti nehermetičnosti motora na kraju perioda razrade



Sl. 7.23. Zavisnost hermetičnosti od istrošenja cilindra (Klinar, 2004.)

⁴ Locirati mesto gubitka vazduha

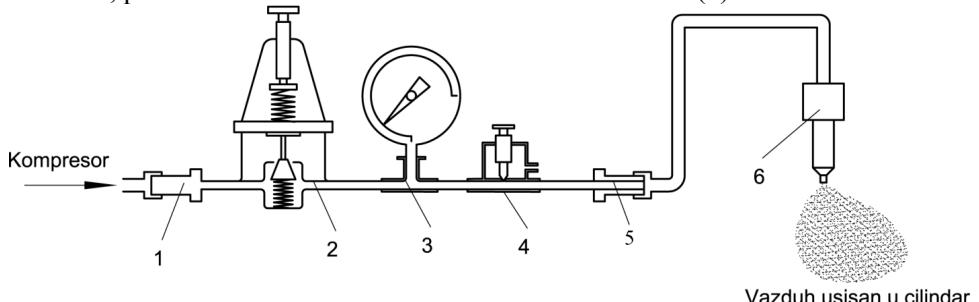
motora, može se preko ovog parametra pratiti tok i proceniti potrebno vreme za razradu novog ili generalno remontovanog motora.



Sl. 7.24. Ispitivanje šumova prilikom merenja nehermetičnosti klipno cilindarskog sklopa

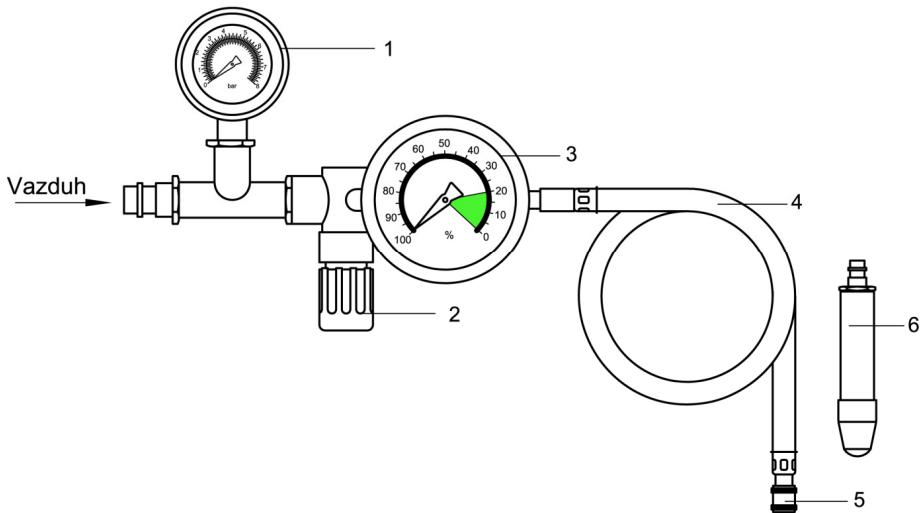
a-fonoskop (stetoskop); b-način osluškivanja; c-zone na motoru koje se osluškiju: 1-ležajevi kolenastog vratila; 2,3-prolaz gasova izmedu klipa i cilindra; 4-prolaz gasova kod ventila i glave motora; 5-razvodni mehanizam.

Na slici 7.25., prikazan je uređaj za ispitivanje nehermetičnosti klipno-cilindarskog sklopa. Komprimovani vazduh kroz ulazni otvor (1) ulazi u kolektor. Kada je potpuno otvoren regulacioni ventil (2) a zatvoren izlazni otvor na brizgaljki (6), vazduh dolazi u reduktor, prolazi kroz kalibrисани otvor i ulazi u manometar (3).



Sl. 7.25. Pneumatska šema uređaja za ispitivanje nehermetičnosti cilindra
1-brzovezujuća spojnica na ulaznom otvoru za vazduh, 2-regulacioni ventil, 3-manometar, 4-sigurnosni ventil, 5-brzovezujuća spojnica na izlaznom otvoru za vazduh, 6-brizgaljka

Pomoću regulacionog ventila (2) podešiti pokazivanje manometra 0%. Zbog predostrožnosti na uređaju je postavljen ventil sigurnosti (4). Radni pritisak vazduha na izlazu iz reduktora je 1,6 bara, pritisak vazduha u ulaznoj instalaciji 5 do 10 bara. Ukoliko u cilindru dolazi do pada pritiska, vazduh kroz regulacioni ventil (2) prolazi prema ispitnom instrumentu, a samim tim pada pritisak u instrumentu što se očitava na skali manometra.



Sl. 7.26. Uredaj za merenje nehermetičnosti cilindara

1-manometar ulaznog pritisaka vazduha, 2-regulacioni ventil izlaznog pritisaka, 3-pokazni instrument pada pritisaka, 4-sprovodno crevo za vazduh, 5-brzovezujuća spojnica, 6-zamena za brizgaljku

Procedura ispitivanja:

1. Zagrejati motor na radnu temperaturu,
2. Ukloniti brizgaljku (svećicu),
3. Klip ispitivanog cilindra dovesti u spoljnu mrtvu tačku (u taktu sabijanja-ventili zatvoreni),
4. Uredaj za merenje nehermetičnosti povezati sa kompresorom (ulazni pritisak 5-10 bar),
5. Otvor na izlaznom crevu začepiti i podesiti izlazni pritisak tako da procenat propuštanja gasova na manometru uređaja pokazuje 0% (izlazni pritisak ima konstantnu vrednost 1,6 bar),
6. Prethodno spojenu umetnu „brizgaljku“ sa crevom na izlazu iz uređaja, postaviti je u otvor ispitivanog cilindra (sedište brizgaljke ili svećice),
7. Očitati pad pritisaka,
8. Primenom stetoskopa utvrditi mesto izlaska gasova.

7.11.2.2. Pritisak sabijanja

Ovaj parametar (P_c) je osetljiv kao i prethodni, ali je manje informativan od prethodnog parametra. Takođe, osetljiviji je na druge uticaje (kao npr. temperaturu motora, broj obrtaja kolenastog vratila pri merenju, viskoznosti ulja itd.). Ova metoda merenja pritiska na kraju taka sabijanja često je u primeni u praksi zbog: jednostavnog i brzog merenja (rezultati se dobijaju direktno, za svaki cilindar

zasebno).

Izmereni pritisak na kraju takta sabijanja zavisi od:

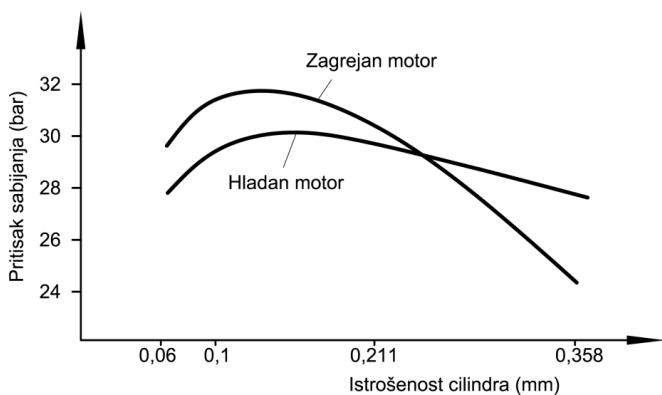
- Zaptivenosti komore za sagorevanje,
- Stepena kompresije,
- Kolicine vazduha koji se usisa u cilindar (opstrukcija u dotoku vazduha nastala kao posledica zaprljanog prečistača vazduha ili neispravnosti turbokompresora može uticati na donešenu ocenu stanja),
- Broja obrtaja motora (nizak broj obrtaja kolenastog vratila motora, usled neispravnosti akumulatora ili elektropokretača, utiče na smanjenje kolicine vazduha u cilindru, jer vazduh ima više vremena da „iscuri“ iz kompresionog prostora),
- Temperature motora (Zavisnost pritiska od temperaturskog stanja klipno-cilindarskog sklopa je izražena preko veličine zazora između elemenata u sklopu. Tako je za zagrejan motor pritisak veći nego za hladan. Izuzetak je slučaj kada postoji veća istrošenja. Naime, tada veći uticaj na zaptivanje ima hladno ulje, sl.

7.27.).

U toku eksploracije motora vrednost pritiska sabijanja prvo raste, i nakon postizanja maksimuma u trenutku optimalne razrade počinje da opada. Ovakva promena pritiska omogućuje da se preko nje prati tok i izvrši ocena vremena potrebnog za potpunu razradu novog ili generalno remontovanog motora.

Postupak merenja:

1. Proveriti stanje elektropokretača i akumulatora,
2. Zagrejati motor na radnu temperaturu,
3. Skinuti sve brizgaljke (svećice),
4. Sprečiti napajanje motora gorivom (nastanak visokog napona na kablovima svećica),
5. Priklučiti instrument i izmeriti pritisak u pojedinačnim cilindrima.



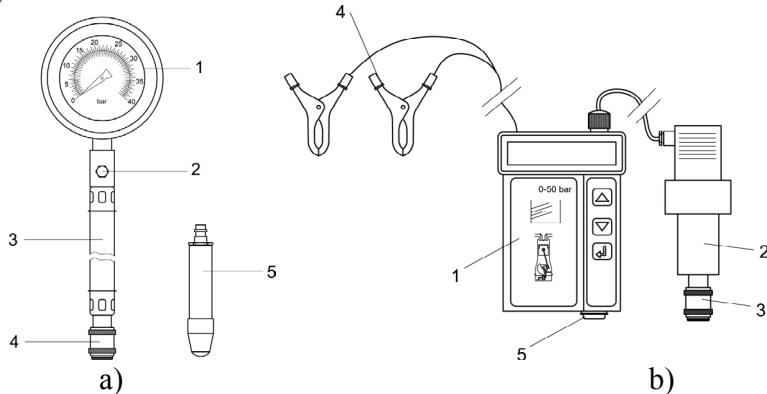
Sl. 7.27. Uticaj istrošenosti cilindra na vrednost pritiska sabijanja (Klinar, 2004)

Ispitni instrument se preko gumenog creva poveže sa registratorom (manometrom). Ukloni se brizgaljka i na njeno mesto se postavi ispitni instrument. Zbog dobrog zaptivanja na vrh instrumenta se postavljaju zaptivke različitog oblika. Radi preciznosti merenja potrebno je da se klip pokreće što brže, te se zato motor pokreće

elektropokretačem. Vazduh pod pritiskom prolazi kroz nepovratni ventil. Pritisici sabijanja nisu identični po vrednostima, te je potrebno pokretati motor izvesno vreme. Kada se završi sa ispitivanjem prvog cilindra (nakon očitavanja izmerene vrednosti pritiska) pritiskom na dugme jednosmernog ventila ispusti se pritisak iz registratora (manometra). Ispitni uređaj se postavi na sledeći cilindar. Ispitivanje se sprovodi na svim cilindrima. Nakon završenog ispitivanja vrednosti se porede sa vrednostima koje je dao proizvođač motora, i na osnovu dobijene razlike može se konstatovati stanje zaptivenosti klipno-cilindarskog sklopa.

Ovim instrumentom se samo konstatiuje smanjenje pritiska na kraju takta sabijanja što uzrokuje loša zaptivenost, ali se ne može utvrditi u kom delu sklopa dolazi do propuštanja.

Ako se prilikom merenja utvrdi smanjenje pritiska sabijanja za 30-35% u odnosu na fabrički propisanu, kao i više od 3 bara razlike između merenih cilindara, to ukazuje na granična istrošenja ili neispravnost klipno-cilindarskog sklopa. Prema nekim autorima, u ispravnom klipno-cilindarskom sklopu pritisak sabijanja u barima ne sme biti niži od vrednosti stepena kompresije dotičnog motora, što kao kriterijum prihvataju i pojedini proizvođači motora. Ako jedan ili više cilindara pokazuju neodgovarajući pritisak, potrebno je izvršiti kontrolu pritiska nakon dodavanja manje količine ulja. Ukoliko se nakon dodavanja ulja u cilindar utvrdi povećanje pritiska, to ukazuje na povećan zazor između klipa (klipnih prstenova) i cilindra. U suprotnom (ukoliko nakon dodavanja ulja nema promene u pritisku), ovo ukazuje na nezaptivenost ventilskog sklopa ili zaptivke cilindarske glave motora. Niža kompresija dva susedna cilindra ukazuje na moguću neispravnost zaptivke. Takođe, niži stepen kompresije u jednom cilindru može ukazati na neispravnost (pohabanost) brega bregastog vratila.



Sl. 7.28. Savremeni kompresiograf

a-sa manometrom (1-manometar, 2-jednosmerni ventil sa dugmetom za rasterećenje, 3-fleksibilno crevo, 4-brzovezujuća spojnica, 5-adapter kompresiometra), b-elektronski (1-elektronska jedinica, 2-senzor sa piezo davačem, 3-brzovezujuća spojnica, 4-štipaljke za napajanje sa akumulatora, 5-konekcija sa računarom, paralelni port)

7.11.2.3. Uzroci gubitka pritiska

Loša zaptivenost može da nastupi zbog:

- stanja klipa i cilindra,
- neispravnosti ventila i razvodnog mehanizma ili
- loše zaptivke cilindarske glave.

7.11.2.3.1. Klip i cilindar

Ako su ventili i zaptivka cilindarske glave ispravni, gubitak kompresije najčešće nastaje usled greške na prstenovima ili na klipu.

Tab. 7.3. Uzroci oštećenja klipnih prstenova

Uzrok oštećenja	%	Napomena
Adhezivno habanje	36	Nastaje kao rezultat neadekvatnog podmazivanja i hlađenja
Abrazivno habanje	29	Abrazivne čestice iz atmosfere, produkti habanja delova motora
Pogrešna montaža	4	Prstenovi ugrađeni u neodgovarajuće klipove i cilindre; deformacije tokom ugradnje prstenova
Pohabani žlebovi klipa	17	Povećani zazor izazivaju vibracije prstenova
Ostalo	14	Neefikasan sistem za hlađenje, nepravilno sagorevanje, loše održavanje

Sa gledišta funkcionalnosti i pouzdanosti najkritičniji elementi su klipni prstenovi. Proces trenja je veoma složen, a intenzitet trošenja zavisi od više faktora: veličine mehaničkog i termičkog naprezanja, vrste goriva, procesa sagorevanja itd. Učestalost pojedinih uzročnika u oštećenju klipnih prstenova pokazuje da je najizraženije adhezivno i abrazivno habanje. Koroziono trošenje se javlja takođe u toku rada motora, najčešće kao prateći proces. Intenzitet trošenja zavisi takođe od vrste goriva, odnosno sadržaja sumpora u njemu⁵ i vrste maziva koja se koriste za podmazivanje.

Trošenje je najintenzivnije kod prvog klipnog prstena s obzirom na to da je izložen najvećim pritiscima i temperaturama, kao i direktnom uticaju goriva i produkata sagorevanja. S porastom broja obrtaja raste i intenzitet habanja. Isti efekat ima i porast opterećenja kao povećanja kompresionog odnosa.

Za iste radne uslove (brzinu i opterećenje) dizel motori pokazuju veće habanje nego benzinski, što je uzrokovano višim pritiscima produkata sagorevanja. Uopšteno, što je viši maksimalni pritisak u cilindru, habanje je intenzivnije.

⁵ Primenom savremenih goriva evrodizel kvaliteta, uticaj sumpora je sveden na najmanju moguću meru, s obzirom na to da je dozvoljeni nivo sumpora u gorivu niži od 10 ppm.

Kroz istrošene žlebove klipnih prstenova, gasovi lako prolaze između prstena i klipa.

Ako su prstenovi izgubili elastičnost, ne naležu uz zidove cilindra, gasovi prolaze između prstenova i cilindra. Gubitak kompresije može nastupiti i ako je prsten deformisan i izvesnim svojim delom se ne oslanja o cilindar, ili ako cilindar ima dublje ruseve koje prstenovi ne mogu da zaptiju.

Smole i lakovi nastali kao posledica lošeg sagorevanja mogu da potpuno „zapeku“ klipne prstenove. Takvi prstenovi ne obavljaju svoju funkciju.

Istrošeni cilindar. Usled trenja klipa i klipnih prstenova, cilindar postaje ovalan, koničan ili radna površina dobije suviše velik zazor u odnosu na klip i klipne prstenove. Suviše veliki zazori se javljaju i kada su **klipni prstenovi pohabani**.

Prodor većih količina prašine može izazvati povećano habanje svih delova klipno-cilindarskog sklopa. Prodor prašine u motor prouzrokuje:

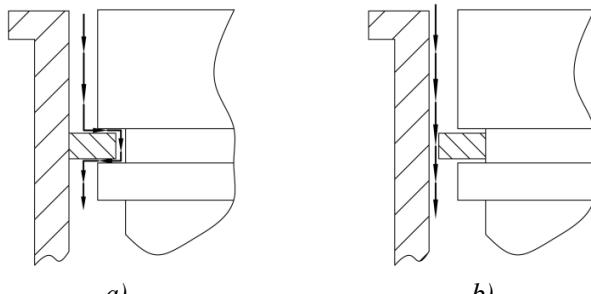
- habanje cilindara, naročito u SMT gde se obrazovana ivica može opipati prstima,
- habanje žlebova klipnih prstenova naročito gornjeg kompresionog,
- pojačano habanje klipnih prstenova može izazvati njegovo lomljenje. Delići klipnog prstena mogu oštetiti klip i cilindar,
- habanje ventila,
- habanje sedišta ventila i pečurke ventila,
- habanje tela i vođice ventila.

Posledice su:

- povećana potrošnja goriva,
- povećana potrošnja ulja,
- teškoće prilikom startovanja,
- manja snaga motora,
- kraći vek trajanja.

Uzroci prodora prašine su sledeće tehničke neispravnosti:

- pukotina na ulošku prečistača za vazduh,
- oštećen uložak prečistača za vazduh,
- neodgovarajući uložak prečistača za vazduh,
- oštećeno kućište prečistača za vazduh,
- zaprljano ulje kod prečistača za vazduh sa uljnim ogledalom,
- oštećena elastična spojna cev za vazduh,



Sl. 7.29. Propuštanje gasova
a-pohabani žlebovi, b-izgubljena elastičnost
prstena

a)

b)

Sl. 7.29. Propuštanje gasova

a-pohabani žlebovi, b-izgubljena elastičnost
prstena

- oštećena usisna cev,
- cevne obujmice nisu zategnute iako su pričvršćene.

7.11.2.3.2. Ventili i delovi razvodnog mehanizma

Propuštanje gasova kroz ventile je posledica lošeg zaptivanja ventila. Uzroci lošeg zaptivanja su sledeći:

Nepropisan zazor ventila. To je zazor između vrha podizača ventila i vrha vretena ventila kod stojećih ventila⁶, odnosno između klackalice i vrha vretena kod visećih ventila.

Preveliki zazor ventila skraćuje vreme i veličinu otvaranja usisnog i izduvnog ventila, a time i punjenje cilindra. U izduvnim gasovima se pojavljuje čađ i oštećuje se čeona površina stabla ventila zbog prevelike brzine udara klackalice.

Premali zazor ventila produžava vreme perioda otvorenosti usisnog i izduvnog ventila i prouzrokuje smanjenje pritiska i teškoće kod startovanja. Ukoliko nema zazora ventila, ne dolazi do razmene toplice između sedišta ventila i glave cilindra te dodirne površine pečurke ventila i sedišta ventila izgore. Takođe dolazi do nekontrolisanog sagorevanja i izduvni gasovi prodiru u usisni vod.

Ventil se usled zagrevanja izduži, te se osloni na podizače (stojeći) ili dodirne klackalicu (viseći) tako da pečurka ne može potpuno leći na sedište-ventil ne može da se zatvori.

Neispravne vodice ventila. Ako je vođica suviše istrošena, vreteno ventila „šeta“ u njoj, te se pečurka oslanja čas jednom čas drugom stranom o sedište, i uglavnom ne zaptiva dobro. U suviše uzanim vodicama ventil se zaglavljuje i pečurka ne zaptiva. U oba slučaja nastaje, kao posledica, nagorevanje i iskrivljene pečurke.

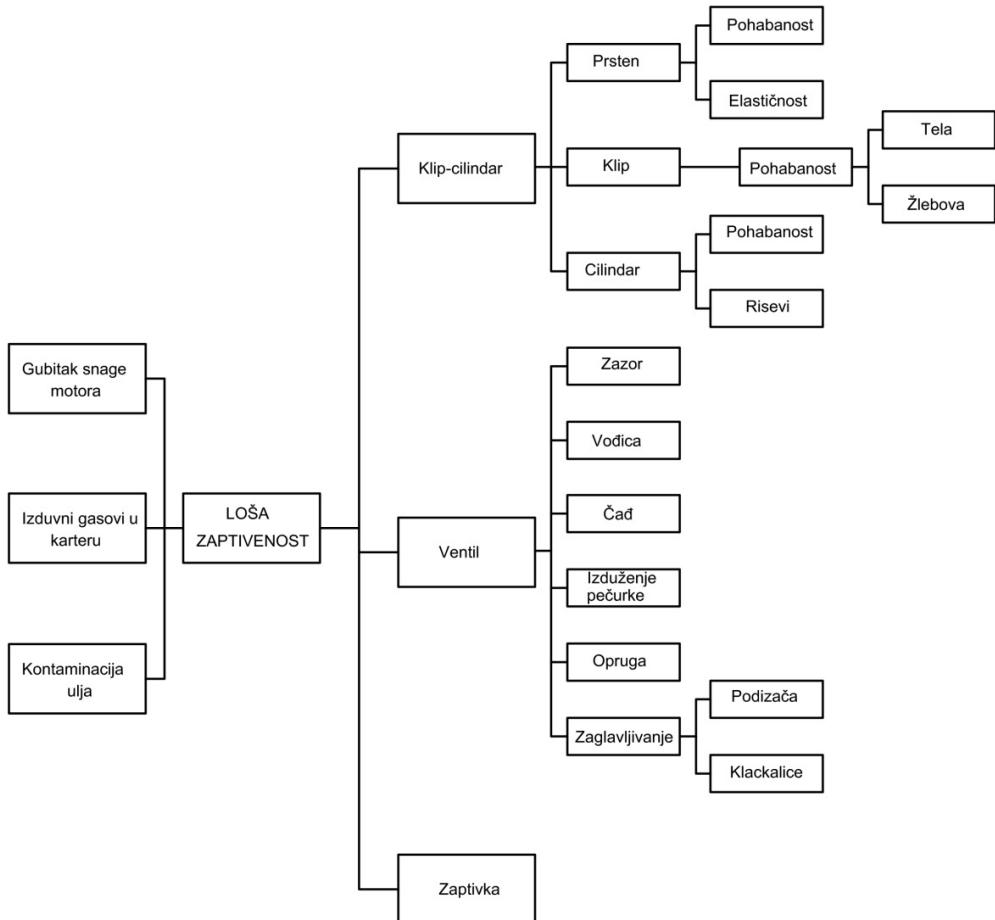
„Izduženje“ pečurke usled zagrevanja nastaje lošom konstrukcijom ventila. Izdužena pečurka više ne zaptiva dobro i greška se sve više pojačava. Ovo se naročito dešava na izduvnom ventilu koji se jače zagревa.

Stvaranje čadi. Ako suviše ulja prolazi u kompresioni prostor (istrošeni klipni prstenovi, klipovi, cilindri), ulje sagoreva i hvata se u vidu ugljene kore, naročito na izduvnom ventilu. Pri ponovnom startovanju motora ohlađena kora se ljudi i komadići se zaglavljaju između pečurke i sedišta, ventil tada više ne zaptiva dobro.

Zaglavljivanje podizača i šipki podizača u vodici. Podizač mora imati u vodiči toliko zazora da, bez podmazivanja upadne u vodič, pod sopstvenom težinom. Ako se zaglavljuje, ventil može ostati otvoren. Isto se može desiti i šipci podizača, kod visećih ventila.

Takođe se može zaglavljivati klackalica na svojoj osovini, sa istim posledicama po ispravnost rada ventila.

⁶ Stojeći ventili se danas gotovo ne koriste



Sl. 7.30. Šema uticajnih faktora na zaptivenost

Oslabio napon opruge. Opruga mora imati dovoljan napon (propisan od proizvođača motora) da bi dovoljno brzo vraćala ventil i pritiskala ga dovoljno velikom silom na sedište. Ako je opruga „oslabila“, ventil ne zaptiva savršeno. Sve opruge treba da imaju isti napon, u suprotnom motor radi neujednačeno i šumno.

Pohabanost pečurke i sedišta ventila. Oštećene naležuće površine bilo ventila bilo sedišta ne zaptivaju zadovoljavajuće.

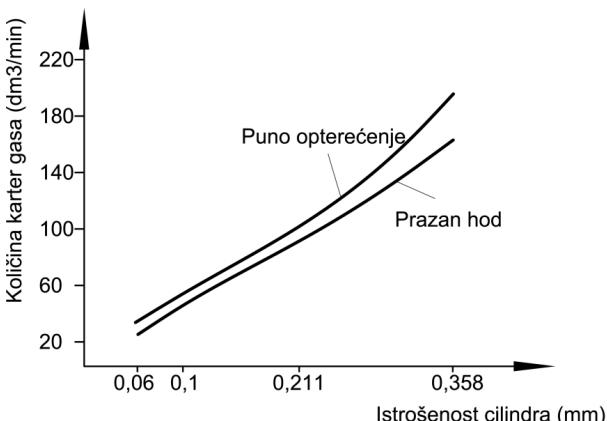
7.11.2.4. Protok karterskih gasova (produvavanje)

Ovaj parametar daje zajedničku ocenu stanja svih klipno-cilindarskih sklopova motora, ali pri merenju uz isključivanje pojedinih cilindara moguće je dobiti ocenu stanja svakog od cilindara zasebno. Rezultati merenja protoka karterskih gasova vrlo dobro karakterišu istro-šenost klipno-cilindarskih sklopova motora u celini (slika

7.31.). Periodičnim obavljanjem merenja ovog parametra tokom eksploracije moguće je doneti ispravan sud o stanju klipno-cilindarskih sklopova, omogućavajući na taj način pravovremeno upućivanje motora na remont.

Za vreme rada motora od početnog stanja do granično istrošenog, količina gasova u karteru se povećava za 7-10 puta. Ova vrednost je najniža posle perioda razrade motora. Povećana količina karter gasa izaziva povećan depozit koksnih čestica na klipnim prstenovima. Usled ovoga dolazi do ograničenja pokretljivosti klipnih prstenova i nakon kraćeg vremenskog perioda može doći do dupliranja vrednosti protoka gasova. Isto tako, moguće je da dođe i do smanjenja protoka, usled stvaranja koksnih nasлага na klipu. U praksi povećanje količine karter gasova kao indikatora stanja motora se često koristi odušak, na kojem se najpre može primetiti pojačano dimljenje.

Ovaj parametar-prodruvavanje gasova, jeste osjetljiv na režim rada (broj obrtaja, opterećenje) i temperature ali je dovoljno jednoznačan i informativan. Omogućava dovoljno pouzdanu procenu preostalog resursa. Sa povećanjem opterećenja motora povećava se količina gasova u karteru motora. Istraživanja pokazuju da do određenog broja obrtaja motora ciklusno prodruvavanje (lit/ciklus) postepeno opada, posle čega počinje da raste i do prvog maksimuma dolazi u tzv. rezonantnom području. Ono nastupa kada dolazi do izjednačenja inercijalnih sila klipnih prstenova i sila gasova, što za posledicu ima aksijalno treperenje klipnih prstenova. Nakon rezonantnog područja ciklusno prodruvavanje postepeno opada, potom dolazi do njegovog stalnog porasta (slika 7.32.). Prodruvavanje gasova u jedinici vremena pak, ima tendenciju stalnog porasta pri povećanju broja obrtaja motora.⁷



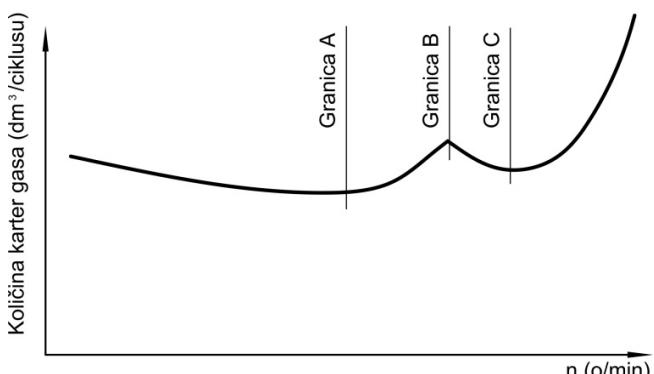
Sl. 7.31. Zavisnost protoka karterskih gasova od istrošenosti elemenata klipno-cilindarskog sklopa i opterećenja (Klinar, 2004.)

⁷ Zbog proporcionalnog porasta ciklusa motora zajedno sa porastom broja obrtaja motora.

Merenje protoka karterskih gasova je jednostavno i lako za realizaciju. I pored činjenice da je potrebna oprema za merenje nešto skuplja i složenija, ipak je dovoljno jednostavna za rukovanje. Merenje ovom opremom je moguće i u praznom hodu, što olakšava primenu opreme i u radioničkim uslovima.

Po pravilu, parametar prođuvavanja se meri na motoru zagrejanom do radne temperature. Pre merenja se (ako je to moguće) izvrši zamena ulja u karteru motora, novim uljem propisanim od strane proizvođača⁸. Merenje prođuvavanja izvodi se pomoću uređaja koji se sastoji od davača protoka i merno-pokaznog instrumenta. Davač protoka se postavi na specijalni rezervoar koji je povezan sa oduškom kartera pomoću elastične cevi preko koje se u rezervoar uvode karterski gasovi motora. Signali sa davača idu na merno-pokazni instrument na čijem displeju se prikazuje trenutna vrednost protoka karterskih gasova (lit/min).

Najveća mana ove metode je nedostatak graničnih vrednosti parametara na praznom hodu, jer je za radioničke uslove upravo najinteresantniji režim rada u praznom hodu. Pošto ukupna količina propuštenih gasova u karter motora zavisi i od prečnika cilindra, tj. od ukupne radne zapremine motora, svi kriterijumi za granične vrednosti prođuvavanja daju se u zavisnosti od veličine radne zapremine (količine svežeg punjenja na datom režimu rada). U praksi se kao prihvatljiv kriterijum usvaja da prođuvavanje ne sme biti veće od 2% ukupnog svežeg punjenja na nominalnom režimu.



Sl. 7.32. Zavisnost ciklусног протока кartersких гасова од броја обртова мотора (Klinar I., 2006.)

Granica A одговара минималном пропуштању, granica B одговара резонанси, granica C одговара минимуму иза резонансе

7.11.2.5. Temperatura izduvnih gasova i odnos p_e/T_i

Metod merenja temperature izduvnih gasova (T_i) motora je jednostavan. Rezultati se dobijaju odmah, a neophodna oprema za merenje nije skupa ni složena za rukovanje. Ali, zbog svoje velike osjetljivosti na druge uticaje (mesto merenja, broj obrtaja i opterećenje motora, stanje i podešenost motora u celini) ovaj parametar u dijagnostici klipno-cilindarskih sklopova ne ispunjava uslove jednoznačnosti, selektivnosti i

⁸ Novo ulje se sipa zato što ukupna količina karterskih gasova zavisi od vrste i karakteristika motornog ulja (prvenstveno njegove isparljivosti).

informativnosti.

Konkretnе granične vrednosti nisu definisane za parametre temperature kao ni za odnos pritiska sabijanja i temperature izduvnih gasova (p_c/T_i). U teoriji, nedovoljno visoke vrednosti pritisaka i temperatura narušavaju normalno odvijanje procesa sagorevanja, pa veliki deo goriva sagoreva u fazi dogorevanja što povećava temperaturu izduvnih gasova. Istovremeno, smanjenjem pritiska sabijanja još brže opada odnos na osnovu kojeg se može suditi o pogoršanju tehničkog stanja motora.

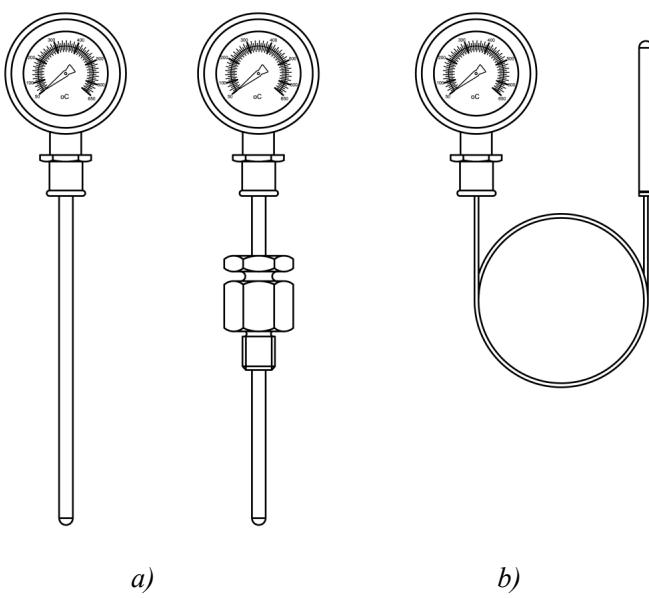
Istraživanja pokazuju da temperatura izduvnih gasova, time i odnos p_c/T_i nisu dovoljno pouzdani dijagnostički parametri za ocenu stanja klipno-cilindarskih sklopova motora. Stoga se oni ne preporučuju za praktičnu primenu u radioničkim uslovima.

7.11.2.6. Potrošnja ulja u motoru

Tokom eksploracije, svaki motor troši određenu količinu ulja. Potrošnja je posledica prodora ulja u radni prostor cilindra gde ono sagoreva, dok deo ulja ispari i nepovratno se izgubi preko oduška kartera. Gubitka ulja ima i preko curenja na slabo zaptivenim mestima na motoru (u sistemu podmazivanja). Potrošnja ulja zavisi od više činilaca:

- vrsta, količina i kvalitet ulja u motoru;
- režim rada motora (opterećenje i broj obrtaja);
- tehničkog stanja motora, pre svega klipno-cilindarskih sklopova, sistema podmazivanja i zaptivenosti istog;
- uslovi okoline itd.

Količina potrošenog ulja lako se može odrediti na osnovu dosute količine ulja u karteru cilju održavanja optimalnog nivoa ulja. Praćenjem ovog parametra moguće je oceniti vreme razrade novog ili generalno remontovanog motora (u toku razrade potrošnja ulja opada, tokom rada ima približno konstantnu vrednost, a sa pogoršavanjem stanja



Sl. 7.33. Termometri za merenje temperature izduvnih gasova dizel motora
a-RX3100 vertikalna cev, b-RX3101 horizontalna cev
(opseg merenja +50 do 650°C)

klipno-cilindarskih sklopova polako počinje da raste).

I pored toga što primena ove metode omogućava vrlo precizno određivanje ukupne količine utrošenog ulja, ovaj parametar nije dovoljno pouzdan. Pošto je potrošnja ulja odraz stanja svih cilindara zajedno, kao i fizičko-hemiskih svojstava ulja, potrošnja ulja nije dovoljno jednoznačan i selektivan dijagnostički parametar. Teško, ako ne i nemoguće je precizno locirati neispravnosti, dok je vreme optimalne razrade moguće dati samo ako nema curenja ulja iz motora ili je ono zanemarljivo. Kao opšteprihvaćeni kriterijum za dozvoljenu potrošnju ulja koristi se potrošnja od 0,4-1,8% od utrošenog goriva⁹.

Merenje i određivanje potrošnje ulja vrši se na sledeći način:

- Sipati ulje u motor do maksimalne oznake na kontrolnoj šipki.
- Zagrejati motor do temperature ulja približno $60\text{--}65^\circ\text{C}$.
- Motor zaustaviti i ručno zakrenuti kolenasto vratilo tako da je prvi klip u SMT. Potom ostaviti motor na 10 minuta da se hladi.
- Otvoriti poklopac za nalivanje ulja i potom ispustiti ulje iz korita motora u čistu posudu. Posle 15 minuta prekinuti ceđenje i zatvoriti otvor za ispuštanje ulja.
- Izmeriti ukupnu masu $G_1[\text{g}]$ sakupljenog ulja i posude za sakupljanje ulja.
- Ulje vratiti u motor.
- Startovati motor i posle petočasovnog rada na nominalnom režimu zaustaviti motor i ostaviti ga da se ohladi pa zatim ponoviti postupke iz tačaka 2, 3 i 4.
- Izmeriti ponovo ukupnu masu $G_2[\text{g}]$ ispuštenog ulja i posude za prikupljanje ulja.
- Na osnovu ukupne mase potrošenog ulja $G_u = G_1 - G_2 \text{ [g]}$ ¹⁰ može se izračunati:
 - časovna potrošnja ulja : $G_{uh} = G_u/T_r \text{ [g/h]}$

gde je: T_r - ukupno vreme rada motora (u konkretnom slučaju je $T_r = 5$ sati);

- specifična potrošnja ulja $g_u = G_{uh}/P_e \text{ [g/kWh]}$

gde je: P_e - izmerena maksimalna (nominalna) efektivna snaga motora u [kW].

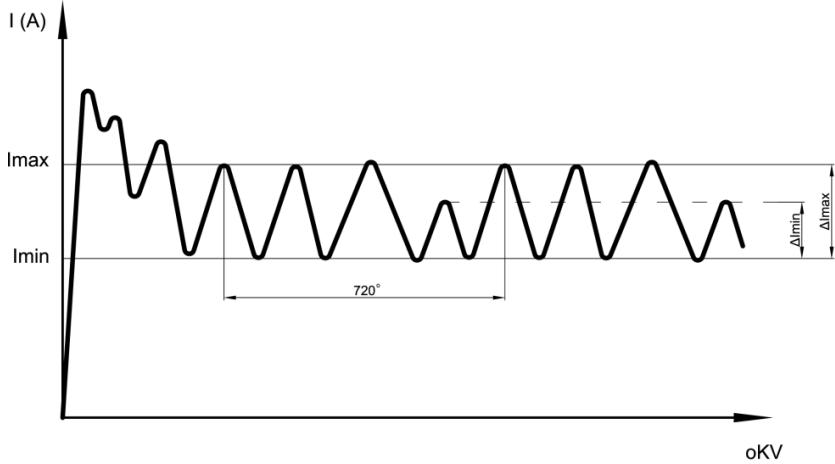
7.11.2.7. Jačina struje elektropokretača

Jačina struje koja je potrebna za pokretanje kolenastog vratila motora u proporciji je sa momentom otpora njegovom okretanju. Pri obrtanju motora elektropokretačem (uz uslov isključenog dovoda goriva za dizel motor, ili isključeno paljenje kod OTO

⁹ John Deere propisuje kod svojih traktora iz serije 8000, 8010, 8020, da je normalna potrošnja ulja 1 lit. na 500-600 lit. utrošenog goriva. Ukoliko se potroši ova količina ulja na 400 lit goriva potrebno je obratiti pažnju, a kod manje utrošene količine goriva ova potrošnja ulja ukazuje na postojanje nekog problema.

¹⁰ U slučaju da je G_u negativna vrednost ili 0 (nula), ovo ukazuje na prođor goriva ili rashladne tečnosti u karter motor-a.

motora), neophodna jačina struje elektropokretača menja se po određenoj zavisnosti, sa periodom ponavljanja koji odgovara trajanju radnog ciklusa motora (dva obrtaja ili 720° KV kod motora sa 4 takta, ili jedan obrtaj i 360° KV kod dvotaktnih motora). Broj lokalnih maksimuma i minimuma na krivoj jačine struje za jedan period jednak je broju cilindara motora, a njihov raspored na vremenskoj osi odgovara redosledu paljenja u pojedinim cilindrima motora. Ako se tokom merenja utvrdi da se periodično javlja smanjena vrednost nekog maksimuma, to ukazuje na smanjenu vrednost pritiska sabijanja u tom cilindru (tj. njegovo lošije stanje).



Sl. 7.34. Promena jačine struje elektropokretača u funkciji ugla KV pri startovanju 4-taktnog 4-cilindričnog motora (Petrović M., 1990.)

Na jačinu struje koju elektropokretač uzima iz akumulatora utiču između ostalog i mehanički gubici na trenje u motoru i otpor kojim se suprotstavlja kompresija u pojedinim cilindrima. U situaciji kada bi vrednost trenja i vrednost pritiska sabijanja na kraju takta kompresije bile jednake u svakom cilindru, tada bi amplitude promene jačine struje bile jednake za sve cilindre. Na slici 7.34., najveća vrednost jačine struje (I_{\max}) je snaga utrošena na savladavanje trenja i kompresije zajedno, a najmanja vrednost jačine struje (I_{\min}) snaga potrebna za savladavanje gubitaka zbog trenja u motoru.

Metod merenja jačine struje elektropokretača je jednostavan za realizaciju, rezultati se dobijaju odmah, a oprema je jednostavna i relativno jeftina. Ali, ni ovaj parametar – jačina struje elektropokretača nije dovoljno jednoznačan i selektivan. Korelacija nije dovoljno jasna, jer su pritisci u pojedinim cilindrima nezavisni a jačina struje za savladavanje kompresije u nekom cilindru zavisi i od stanja ostalih cilindara. Ovaj parametar dakle, daje samo grubu sliku stanja klipno-cilindarskog sklopa. Pošto takođe ne postoji, tj. nisu definisane ni granične vrednosti ovog parametra, on se ne preporučuje za dijagnostiku u eksploracionim uslovima. Primena ove metode je praktična samo u slučaju otežanog pristupa cilindrima radi merenja pritiska sabijanja

ili nehermetičnosti, kao i kod motora sa većim brojem cilindara (>4 cilindra).

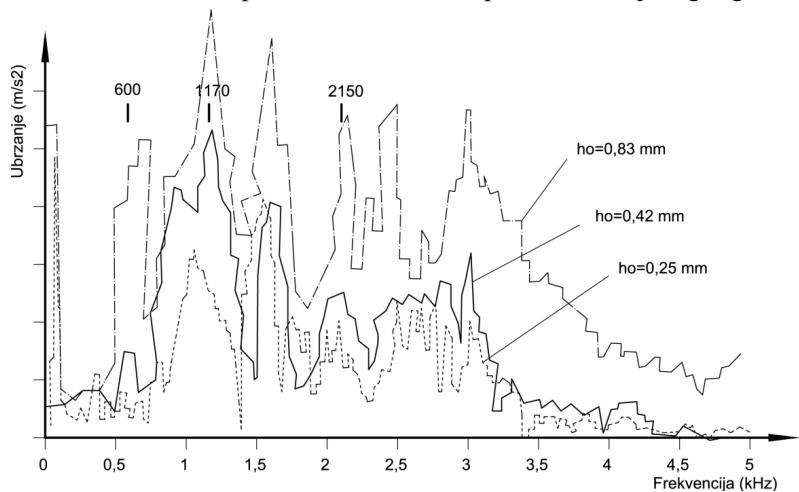


Sl. 7.35. Oprema za merenje jačine struje elektropokretača

7.11.2.8. Amplitudno-frekventni spektri vibracija cilindra

Pri funkcionisanju elemenata međusobno spregnutih u celinu, svaki poremećaj dovodi do promene spektra mehaničkog šuma. Vibracije elemenata pružaju niz informacija o stanju posmatranog motora. Te vibracije cilindra su neperiodične vibracije čiji izvor je promenljiv, što uzrokuje promene karakteristika signala prenosom kroz dati sistem. Na vibracijski signal cilindra više veličina ima uticaj, kao npr. konstrukcija klipa, pritisak u cilindraru, trenje (koeficijent trenja se menja promenom temperature, uslova podmazivanja, brzine klipa...). Deformacija cilindra uzrokuje promenu njegovih svojstava elastičnosti, čime nastaje promena frekvencije i amplitude vibracija. Smanjenje debljine cilindarske košuljice usled eventualne istrošenosti takođe izaziva promenu vibracijskog signala. Takođe i povećani zazor između klipa i cilindra, ili neispravnost klipnih prstenova mogu da izazovu promenu signala koji će ukazati na eventualne neispravnosti. Za analizu stanja klipno-cilindarskog sklopa kao dijagnostički parametri koriste se amplitudno-frekventni spektri vibracijskog signala.

Ovi parametri kod jednog četvorotaktнog dizel motora za različita istrošenja cilindra, na praznom hodу, prikazani su na slici 7.36. Na osnovu prikazanih spektara za isti cilindar određen je uticaj



Sl. 7.36. Amplitudno-frekventni spektri vibracija cilindra motora za različita istrošenja h_0 (Marvin I., 1988.)

istrošenja na promenu amplitude za više različitih frekvencija (slika 7.37.). U ovom slučaju za istrošenje je najadekvatnija amplituda na frekvenciji od 600 Hz.

Ovaj parametar zadovoljava kriterijume selektivnosti i informativnosti, ali je nepogodan za primenu u praksi, zbog neutvrđenih graničnih vrednosti parametara kao i zbog potrebe uzorkovanja u strogo kontrolisanim režimima i uslovima rada. Pošto je takav režim rada moguć samo na probnom stolu u laboratoriji, takođe uz primenu skupe opreme, ova metoda nema praktičniju primenu.

7.11.2.9. Sastav izduvnih gasova motora

Sastav izduvnih gasova (produkata sagorevanja) je zavisan dijagnostički parametar i složena je funkcija mnogobrojnih uticaja. Ti uticaji mogu se podeliti u tri grupe:

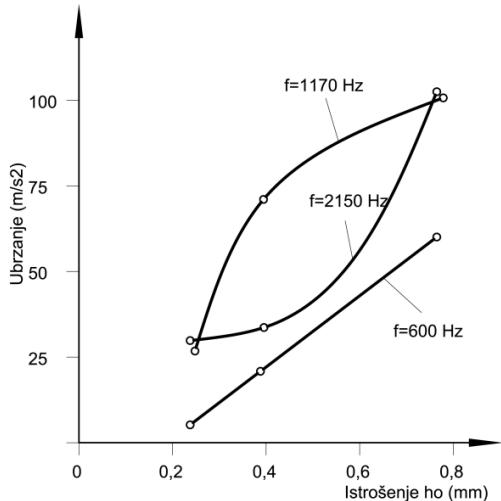
I grupa: svi oni koji su u vezi sa karakteristikama smeše goriva i vazduha, npr. vrsta i svojstva goriva, koficijent viška vazduha, homogenost smeše itd..

II grupa: konstrukcijski parametri motora, npr.: oblik prostora sagorevanja i njegove termičke i strujne karakteristike, stepen kompresije, položaj svećice, ugao pretpaljenja ili ubrizgavanja itd.

III grupa: eksplotacioni faktori, kao npr.: režim rada i karakter promene režima rada u pogledu opterećenja i broja obrtaja, intenzitet hlađenja, tehničko stanje motora u celini (posebno klipno-cilindarskog sklopa, sistema napajanja gorivom, sistema razvoda radne materije itd.).

Ova metoda utvrđuje sadržaj pojedinih osnovnih komponenti u izduvnim gasovima motora, kao npr. ugljenmonoksid, nesagoreli ugljovodonici, azotni oksidi, ugljendioksid, koksne čestice, sumporna jedinjenja, olovo itd. Sadržaj navedenih komponenti mogu se utvrditi:

- direktnim merenjem - posebnim



Sl. 7.37. Uticaj istrošenja cilindara na promenu amplitude za različite frekvencije
(Marvin I., 1988.)



Sl. 7.38. Analizator izduvnih gasova Testo 335 namenjen direktnom očitavanju sastava izduvnih gasova

analizatorom izduvnih gasova. Meri se u propisanim uslovima rada motora, rezultati se dobijaju na licu mesta. Merna oprema nije ni skupa ni komplikovana za upotrebu.

- uzimanjem uzorka izduvnih gasova - precizno propisanim postupkom i naknadnom analizom uzorka. Ovo je mnogo složeniji postupak, rezultati se dobijaju naknadno što je mana metode.

Merenje emisije izduvnih gasova poljoprivrednih traktora definisano standardom ISO 8178-4, C1 (8-point cycle). Ispitivanje obuhvata osam tačaka (sl. 7.21, tačke označene kružićima, I...VIII):

Tačka I – emisija u režimu maksimalne snage pri nominalnom broju obrtaja,

Tačka II - emisija pri 75% obrtnog momenta ostvarenog u tački I i nominalnom broju obrtaja,

Tačka III - emisija pri 50% obrtnog momenta ostvarenog u tački I i nominalnom broju obrtaja,

Tačka IV – emisija pri 10% obrtnog momenta ostvarenog u tački I i nominalnom broju obrtaja.

Tačka V – emisija pri maksimalnom obrtnom momentu.

Tačka VI – emisija pri 75% maksimalnog obrtnog momenta i pri broju obrtaja koji odgovara maksimalnom momentu.

Tačka VII – emisija pri 50% maksimalnog obrtnog momenta i pri broju obrtaja koji odgovara maksimalnom momentu.

Tačka VIII – emisija pri radu neopterećenog motora (na lero).

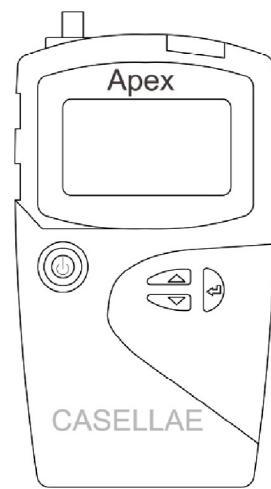
Pošto je ovaj dijagnostički parametar zavisan od mnoštva drugih uticaja i samim tim neselektivan i nejednoznačan, ne nalazi primenu u praksi u dijagnostici klipno-cilindarskih sklopova motora.

7.11.2.10. Koncentracija produkata habanja u ulju

Ova metoda je u širokoj upotrebi u dijagnostici elemenata motora. Znajući da se klipno-cilindarski sklopovi motora podmazuju rasprskavanjem, jasno je da je mokro trenje klizanja otežano. Mehanički gubici pri trenju klipa i klipnih prstenova čine 60% ukupne sume mehaničkih gubitaka motora SUS, shodno tome i produkti habanja ulaze u ulje najviše sa tih delova motora.

Postoji nekoliko metoda analize uzorka ulja, u praksi su najčešće:

- kalorimetarska, koja se zasniva na postojanju zakonitosti između intenziteta boje



Sl. 7.39. Apex uređaj za uzorkovanje gasova namenjenih naknadnom (laboratorijskom) ispitivanju

rastvora i njegove koncentracije. Fotokalorimetarska metoda jednostavno i tačno određuje koncentraciju gvožđa u ulju;

- težinska, kojom se izdvajaju određene materije u obliku taloga na osnovu čije težine se određuje koncentracija. Dovoljno je precizna, ali sadrži veliki broj operacija i nije podesna za male koncentracije pa se ređe koristi;
- spektralna analiza, izučava spektar posmatrane materije. Kvantitativno i kvalitativno analizira materiju najčešće koristeći emisionu spektrometriju, uspostavljajući grafičku i matematičku zavisnost između intenziteta spektralne linije i broja atoma nekog elementa. Najpreciznija metoda i najčešća u praksi.

Određujući nenormalne koncentracije produkata habanja u ulju otkriva se narušeno tehničko stanje motora. Koristeći ovaj parametar za ocenu stanja motora, mogu se otkriti mnogo pre nastupa kvara, jer se povećanje koncentracije produkata habanja javlja $6000 \div 8000$ km pre samog kvara. To omogućava blagovremeno preduzimanje mera održavanja u cilju predupređivanja kvarova, uz minimalne troškove.

Ova metoda zahteva da se za tehnički ispravan motor odredi maksimalno dozvoljena veličina koncentracije pojedinih elemenata u ulju. Potom se iz sistema podmazivanja periodično uzima ulje na analizu, određuje koncentracija nama zanimljivih elemenata i poređi sa maksimalno dozvoljenom vrednošću. Povećana koncentracija bilo kojeg od tih elemenata upozorava na eventualne neispravnosti grupe sklopova gde je dati element prisutan.

Pri radu motora sa svežim uljem, koncentracija produkata habanja je mala (proizvodi se nakupljaju u ulju). Pri dostizanju određene granice, veličina koncentracije produkata habanja se stabilizuje i u tom periodu kao pokazatelj tehničkog stanja motora koristi se apsolutna veličina njihove koncentracije u ulju.

Za dijagnostiku se koriste nomogrami koji predstavljaju zavisnost promene koncentracije pojedinih elemenata u ulju pri nastajanju određenih kvarova na motoru. Izraduju se i važe samo za određene tipove motora, sadrže krive karakteristične za različita stanja datog tipa motora.

Ovaj parametar zadovoljava uslove jednoznačnosti, selektivnosti i informativnosti, kao i neosetljivost na druge uticaje. Međutim, dugotrajnost i komplikovanost uzorkovanja, obaveza pravljenja nomograma i posedovanja laboratorijskih uslovnih su da ova metoda nije zaživila u praksi.

7.11.2.11. Ocena dijagnostičkih parametara i metoda

Sa aspekta pouzdanosti, jednoznačnosti, selektivnosti, informativnosti, postojanja dijagnostičkih normativa, osjetljivosti na druge uticaje i pogodnosti za realizaciju metode (merljivosti), analize dosadašnjih istraživanja dijagnostičkih metoda i parametara ukazuju da najveće efekte u dijagnostici daju nehermetičnost cilindra, pritisak sabijanja i prođuvavanje gasova, među kojima vlada visoka korelacija. Za ekspres dijagnostiku klipno-cilindarskih sklopova preporučuju se metode merenja pritiska sabijanja i nehermetičnosti cilindra, a za dijagnostiku u laboratorijskim uslovima pogodnija metoda je prođuvavanje gasova.

Metode merenja temperature izduvnih gasova, potrošnja ulja, jačine struje elektropokretača, vibracija cilindra, spoljašnje brzinske karakteristike, sastav izduvnih gasova i koncentracija produkata habanja u ulju, kao i metoda određivanja odnosa pritiska sabijanja i temperature izduvnih gasova mogu se koristiti kao dopunske metode, ali se ne preporučuju za nezavisnu primenu. Tabela 7.4. prikazuje posmatrane dijagnostičke parametre i daje ocenu njihovih osnovnih dijagnostičkih karakteristika koje su bitne u dijagnostici klipno-cilindarskih sklopova motora.

Tab. 7.4. Dijagnostički parametri i ocena njihovih osnovnih dijagnostičkih karakteristika (Klinar I., 2004.)

Osobina Parametar	Jednoznačnost	Osetljivost	Selektivnost	Osetljivost na druge uticaje	Granična vrednost	Merljivost	Potrebna oprema i rukovanje
Nehermetičnost	Vrlo visoka	Vrlo velika	Vrlo visoka	Vrlo mala	Da	Vrlo laka	jj
Pritisak sabijanja	Vrlo visoka	Vrlo velika	Visoka	Mala	Da	Vrlo laka	jj
Producavanje	Visoka	Velika	Visoka	Velika	Da	Vrlo laka	sj
Odnos p_c/T_i	Vrlo niska	Mala	Vrlo niska	Vrlo velika	Ne	Vrlo laka	jj
Potrošnja ulja	Niska	Mala	Niska	Vrlo velika	Neprecizna	Laka	jj
Struja elektropokretača	Niska	Velika	Niska	Mala	Ne	Vrlo laka	jj
Brzinske karakteristike	Vrlo niska	Velika	Vrlo niska	Vrlo velika	Ne	Teža	vss
A-F spektri vibracija	Visoka	Velika	Visoka	Vrlo velika	Ne	Teška	svs
Sadržaj metala u ulju	Vrlo visoka	Vrlo velika	Visoka	Vrlo Mala	Ne	Laka	ss
Sastav izduvnih gasova	Vrlo niska	Vrlo mala	Vrlo niska	Vrlo velika	Ne	Vrlo laka	jj

jj-jeftina i jednostavna, sj-skuplja i jednostavna, vss-vrlo skupa i složena, svss-skupla i vrlo složena, ss-skuplja i složena

7.12. INTEGRALNA DIJAGNOSTIKA SISTEMA ZA NAPAJANJE MOTORA GORIVOM

Najčešći uzroci pojave neispravnosti u radu dizel motora, posebno brzohodnih, dolaze od uređaja za snabdevanje, odnosno za napajanje i ubrizgavanje goriva, pa je logično da tu prvo treba tražiti neispravnost. Sa traženjem neispravnosti počinje se od rezervoara za gorivo, pa redom preko pumpe niskog pritiska – napojne pumpe, pumpe visokog pritiska do brizgaljke goriva. U daljem tekstu biće objašnjeni neki od mogućih uzroka nepravilnog rada sistema za napajanje motora gorivom.

7.12.1. Vazduh u sistemu

Vazduh u sistemu napajanja motora gorivom ili u samoj pumpi visokog pritiska može biti uzrok nepravilnostima u radu dizel motora:

- Motor ne može da startuje,
- Nepravilan rad motora (motor se gasi u praznom hodu kada je topao),
- Motor „preskače“ u radu i gasi se.

Iz predhodno navedenih razloga, pojave vazduha u sistemu napajanja gorivom, može doći do smetnje u radu motora, ali i potpunog prekida rada, odnosno, onemogućavanja startovanja motora. Zbog toga je u svim zahvatima na održavanju ovog sistema potrebno sprečiti prodor vazduha u njega.

7.12.2. Mehanički kvarovi

Ukoliko se proceni da je kvar vezan za pumpu visokog pritiska, treba proveriti ispravnost pumpe. Proverava se tako što se jedna brizgaljka izvadi i motor startuje. Ukoliko brizgaljka ne brizga gorivo, moguće je da je pumpa visokog pritiska neispravna. Ovo važi samo za slučaj da u rezervoaru ima goriva, da je prethodno izvršeno ispuštanje vazduha iz sistema i da je sistem napajanja pumpe visokog pritiska ispravan. Pri tome je potrebno proveriti da li je slavina na dovodnoj cevi otvorena i da li je začepljen dovod goriva. Dovod goriva i prečistače u tom slučaju treba očistiti. Međutim, mogući uzroci mogu biti: zaglavljene klipa pumpe u cilindru elementa, zaglavljene potisnog ventila pumpe, skupljanje nečistoća na ventilu ili sedištu, pohabani klipovi pumpe, kad pumpa nije u stanju da potisne odgovarajuću količinu goriva. Puma se tada skida i opravlja, odnosno zamenjuje novom, u zavisnosti od veličine i karaktera kvara.

7.12.3. Loša ili neispravna regulacija

Motor često neispravno radi zbog loše regulacije uređaja za regulisanje snabdevanja motora gorivom, odnosa regulatora broja obrtaja i ugla predubrizgavanja.

7.12.4. Rasklapanje i sklapanje pumpe visokog pritiska

Prilikom demontaže i rasklapanja pumpe za ubrizgavanje moraju se pratiti uputstva proizvođača. Za opravku pumpe visokog pritiska potrebno je specijalizovano znanje i odgovarajući alat, jer svaki zahvat na njima zahteva preciznost u radu. Rasklapanje,

sklapanje i ispitivanje pumpe vrši se u skladu sa njihovim konstrukcijama.

7.12.5. Oprema za integralnu dijagnostiku sistema za napajanje motora gorivom

Na slici 7.40. prikazan je uređaj za integralnu dijagnostiku sistema za napajanje motora gorivom „AVL-850“. Osnovna namena ovog sistema je da omogući praćenje rada, kao i utvrđivanje i lokalizaciju neispravnosti na brizgaljkama, pumpi visokog pritiska i vodovima visokog pritiska, a bez zaustavljanja i rastavljanja sistema za napajanje motora gorivom.

Osnovni delovi uređaja su osciloskop i analizator ubrizgavanja. Instrument je namenjen utvrđivanju i lokalizaciji neispravnosti na brizgaljkama, pumpi visokog pritiska i vodovima visokog pritiska. Osciloskop uređaja omogućava praćenje:

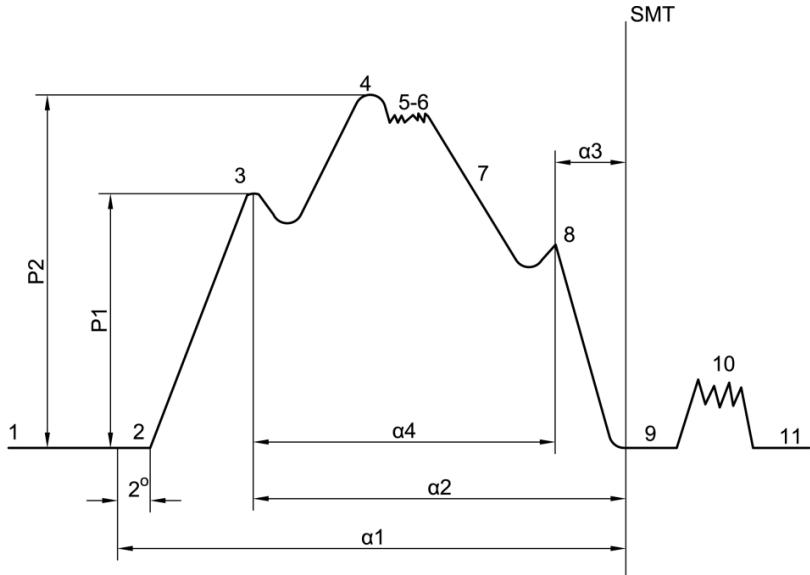
- Toka ubrizgavanja,
- Pritiska ubrizgavanja,
- Ugla predubrizgavanja,
- Promenu ugla predubrizgavanja u zavisnosti od broja obrtaja kolenastog vratila i
- Broj obrtaja kolenastog vratila.



Sl. 7.40. Analizator ubrizgavanja
“AVL – 850”

7.12.6. Oblik i karakteristične tačke krive pritiska ubrizgavanja

Ubrizgavanje goriva izuzetno je dinamičan proces. Potrebno je da protekne neko vreme ubrizgavanja dok se ne ubrizga gorivo, zatim da se napravi smeša u kojoj će se pojaviti žarišta i da se taj plamen prenese na kompletну smešu. Zato se gorivo ubrizgava pri određenom uglu pre SMT da bi se dobilo potrebno vreme za pravilno sagorevanje. Taj ugao se naziva ugao predubrizgavanja. U zavisnosti od konstrukcije motora i njegovog broja obrtaja ugao predubrizgavanja se kreće od 8° do 31° . Pri suviše ranom ubrizgavanju goriva do eksplozije i maksimalnog dejstva pritiska na čelo klipa dolazi dok klip putuje u SMT. Na taj način se motor koči. Ukoliko je gorivo ubrizgano suviše kasno (mali ugao predubrizgavanja) do eksplozije i maksimalnog dejstva pritiska na čelo klipa dolazi suviše kasno, tako da se ne dobija maksimalna snaga motora. Bolje upoznavanje procesa ubrizgavanja kao i detaljnije otkrivanje neispravnosti, omogućuje postupak analize slike pritiska goriva (sl. 7.41.).



Sl. 4.41. Karakteristične tačke na krivoj pritiska

1-zaostali pritisak u vodovima visokog pritiska od prethodnog ubrizgavanja (nakon zatvaranja potisnog ventila), 2-momenat početka rasta pritiska, 3-potpuno otvaranje potisnog ventila PVP (dolazi do blagog pada pritiska kao posledica odsakana ventila), 4-otvaranje igle brizgaljke, 5,6-osciliranje igle brizgaljke, 7-kraj distribucije goriva (pad pritiska), 8-igla brizgaljke se vraća u svoje sedište, 9-strujanje goriva unazad manifestuje se padom pritiska, 10-vibracije goriva u cevima visokog pritiska, 11-vibracije se postepeno prigušuju, α_1 -ugao početka upućivanja goriva, α_2 -ugao predubrizgavanja, α_3 -ugao završetka ubrizgavanja, α_4 -ugao trajanja ubrizgavanja, P_1 -dinamički pritisak raspršivanja, P_2 -maksimum dinamičkog pritiska raspršivanja.

Postupkom ispitivanja slike pritiska goriva, mogu se otkriti sledeće greške koje se najčešće pojavljuju :

- Odstupanje momenta početka distribucije goriva od strane elementa pumpe visokog pritiska,
- Odstupanja ugla predubrizgavanja pojedinačno po cilindrima,
- Odstupanje pritiska otvaranja brizgaljke i njihova nezaptivenost,
- Periodično variranje mesta procesa ubrizgavanja,
- Upotreba brizgaljki različitih geometrijskih mera,
- Neodgovarajući pritisak otvaranja brizgaljke,
- Nastanak nepredviđenog smanjenja poprečnog preseka unutar potisne cevi.

Jedan od uzročnika odstupanja početka upućivanja goriva jeste pogrešna uglovna podešenost PVP. Na slici 7.42. je vidljivo odstupanje početka porasta pritiska jednog cilindra (trećeg kanala), četvorocilindričnog motora, u odnosu na ostale početke porasta pritiska. Ukoliko je deo dijagrama (porasta pritiska) kanala (cilindra) koji je

pomeren paralelan ostalim kanalima, uzrok je pogrešna uglovna podešenost.

Praksa je pokazala da je kod većeg broja pumpi visokog pritiska uočeno odstupanje početka upućivanja goriva za 2-3 stepena. Ova greška može nastati kao posledica otpuštanja regulacionog vijka podizača PVP.

Odstupanje ugla predubrizgavanja po cilindrima može biti prouzrokovano:

- Odstupanjem početka upućivanja goriva (pogrešna uglovna podešenost),
- Postojanjem razlika u pritiscima otvaranja brizgaljke,
- Nezaptivnošću zaptivnog ventila ili elemenata brizgaljke,
- Razlikama u dimenzijama cevi visokog pritiska,
- Usled primene brizgaljki različitih geometrijskih mera na istom motoru

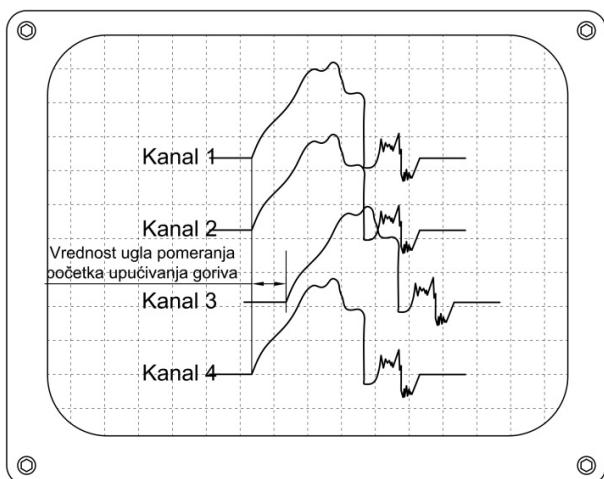
Promena pritiska otvaranja brizgaljke modifikuje razliku između uglova početka upućivanja goriva i ugla predubrizgavanja. Smanjenjem pritiska otvaranja brizgaljke, ubrizgavanje započinje na nižem nivou (niži nivo P2). Niži pritisak pumpa brže ostvaruje u sistemu visokog pritiska što se manifestuje povećanjem ugla predubrizgavanja. Pri nižem pritisku ubrizgavanja karakteristično je da dolazi do promene rasterećenja voda visokog pritiska, prostorno se pomera mesto početka upućivanja goriva, što izaziva veću oscilaciju pritiska u toku ubrizgavanja.

Periodičnu oscilaciju mesta procesa ubrizgavanja može izazvati više razloga:

- Veza pogona PVP nije čvrsta (postoji zazor između pogonskih elemenata razvodnog mehanizma),
- Neodgovarajući rad regulatora,
- Pohaban spoj elemenata nazubljena letva-nazubljen prsten.

Navedena pojava je štetna s obzirom da promena mesta ubrizgavanja izaziva neravnomerni rad motora. Periodična promena mesta procesa ubrizgavanja, manifestuje se horizontalnim pomeranjem slike pritiska.

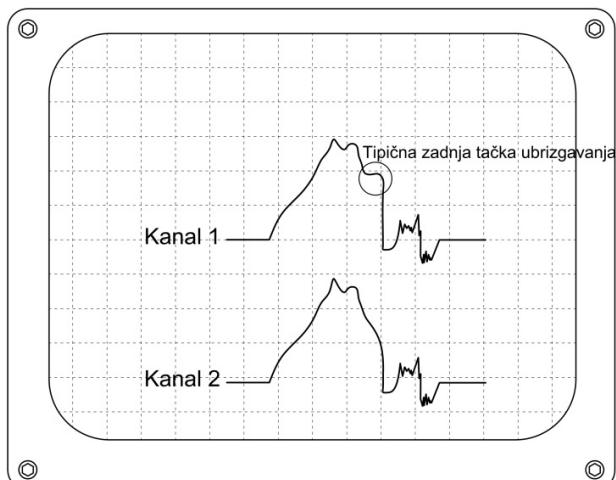
Takođe, oštri prelomi nastali pri savijanju cevi visokog pritiska, kao i suženja nastala na konusnim priključcima cevi, mogu izazvati nepovoljne oscilacije pritiska, što dovodi do izmene procesa ubrizgavanja kod datog cilindra u odnosu na ostale.



Sl. 7.42. Pomeranje početka upućivanja goriva

Na slici 7.43. prikazana su dva dijagrama pritiska radi poređenja (kanal 1 pravilan i kanal 2 nepravilan dijagram). Nepravilnost drugog kanala nastala je kao posledica propuštanja brizgaljke. Kod pravilnog dijagrama prikazana je karakteristična tačka završetka ubrizgavanja koja kod drugog nedostaje. Naime, kada se brizgaljka zatvara (igla naseda na svoje sedište u brizgaču) deo goriva se silovito usmerava ka otvoru brizgaljke, dok deo goriva, udarivši o vrh igle se odbija, vraća ka vodu visokog pritiska i to se manifestuje blagim, trenutnim, povećanjem pritiska. Brizgaljka kod koje se ustanovi ovakva neispravnost mora se zameniti, jer produkti sagorevanja prodiru kroz otvore i kontaminiraju unutrašnjost brizgaljke. Vremenom dolazi do njenog zaglavljivanja i deformacije. Ubrizgavanjem goriva ovakve brizgaljke, gorivo ne sagoreva u potpunosti, pojavljuje se crni dim, gorivo dodatno sagoreva unutar odvodnog kanala produkata sagorevanja, što dovodi do pregorevanja izduvnog ventila.

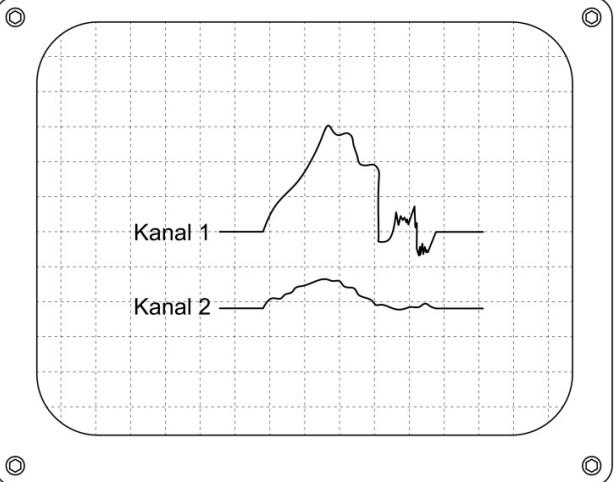
Na slici 7.44. prikazan je dijagram kod koga se na kanalu 2 vidi nepravilnost koja je rezultat zaglavljene igle brizgaljke. Moguće posledice korišćenja ovakve brizgaljke su istovetne sa prethodno opisanim. Do ovakvih kvarova najčešće dolazi pri radu motora sa delimičnim i potpunim



*Sl. 7.43. Dijagram ubrizgavanja goriva brizgaljke koja ima curenje
Kanal 1-pravilan dijagram, Kanal 2-brizgaljka koja umereno curi*

Kanal 1-pravilan dijagram, Kanal 2-brizgaljka koja umereno curi

Brizgaljka kod koje se ustanovi ovakva neispravnost mora se zameniti, jer produkti sagorevanja prodiru kroz otvore i kontaminiraju unutrašnjost brizgaljke. Vremenom dolazi do njenog zaglavljivanja i deformacije.



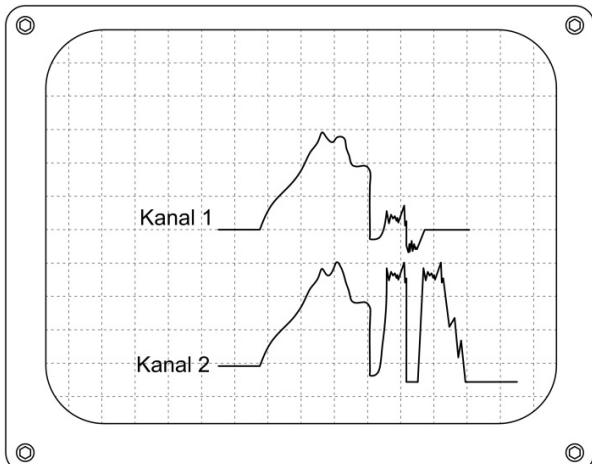
*Sl. 7.44. Dijagram ubrizgavanja brizgaljke čija je igla ostala zaglavljena u otvorenom položaju
Kanal 1-pravilan dijagram, Kanal 2-zaglavljena brizgaljka*

opterećenjem. U izvesnim slučajevima, do zaglavljivanja brizgaljke (inače ispravne) može doći i kao posledica rada motora na praznom hodu. Naime, u tim slučajevima (pri hladnom startovanju) dolazi do neravnomernog zagrevanja delova motora (glava motora se najbrže zagрева, brizgaljke sporije). Do ovoga dolazi najčešće kao posledica nekorišćenja propisanih zaptivki brizgaljke. Kvar se manifestuje pojačanom bukom nastalom kao posledica zakasnelog paljenja nedovoljno raspršenog goriva.

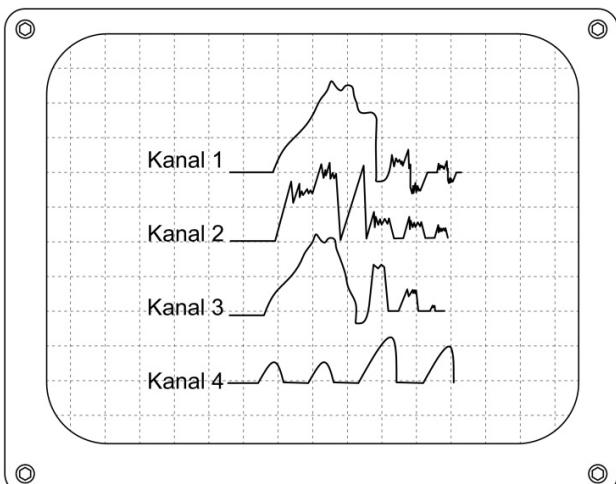
Kod primene brizgaljke sa suviše uskim otvorima (što se dešava prilikom zamene brizgača neodgovarajućim), dolazi do povećanja pritiska. Slika 7.45. na kanalu 2 pokazuje jedan takav slučaj. U svom ulaznom delu dijagram je uobičajen, ali nakon otvaranja brizgaljke i kratkotrajnog pada pritiska, isti se povećava kao posledica smanjenog prečnika otvora. Propusni ventil se zatvara na uobičajeni način, ali zbog višeg pritiska u sistemu može doći do naknadnog ubrizgavanja goriva.

Slika 7.46. pokazuje dijagrame pritiska četvorocilindričnog motora traktora, gde se na kanalima 2 i 4 uočava nepravilnost kod koje nije moguća bilo kakva dijagnostika, osim da se utvrdi da se radi o većim kvarovima. Potrebno je izvršiti demontažu pumpe visokog pritiska i brizgaljke i uputiti ih u odgovarajuće specijalizovano odeljenje.

Osvetljivanjem mlaza ubrizganog goriva stroboskopskom lampom, moguće je utvrditi kvalitet mlaza, geometriju



Sl. 7.45. Brizgaljka sa suviše tesnim otvorom
Kanal 1-pravilan dijagram, Kanal 2-tesan otvor



Sl. 7.46. Neispravna pumpa visokog pritiska (veliki kvar)

raspršivanja, kontinuitet strujanja mlaza, kao i eventualno naknadno ubrizgavanje. Postupak ispitivanja je sledeći:

- Izvući brizgaljku iz sedišta cilindarske glave i okrenuti je oko voda visokog pritiska tako da je usmerena od motora (ali ne ka posmatraču),
- Pripremiti providan sud,
- Stroboskopskom lampom osvetliti mlaz brizgaljke,
- Potenciometrom za usklađivanje učiniti različite faze ubrizgavanja vidljivim (uskladiti periodu paljenja stroboskopske lampe sa periodom ubrizgavanja),
- Posmatrati izgled mlaza (na osciloskopu očitati ugao predubrizgavanja i broj obrtaja).

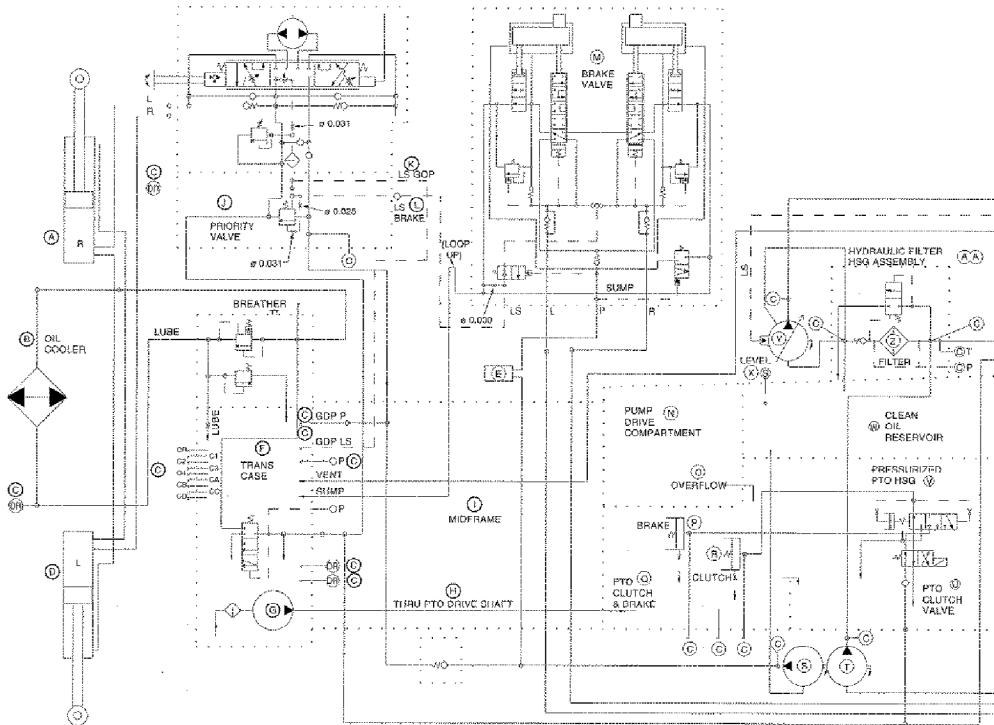
7.13. DIJAGNOSTIKA HIDRAULIČNOG SISTEMA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

Iako su koncepcije gradnje i varijante hidrauličnih sistema na savremenim poljoprivrednim mašinama brojne, simptomi otkaza i načini njihovog otklanjanja su im u velikoj meri zajednički. S obzirom na brojnost specifičnih detalja koje sadrže različiti hidraulični sistemi, a uzimajući u obzir, takođe i to, da se veliki broj procesa odvija unutar različitih kućišta (tzv. „crnih kutija“), tehnički priručnik proizvođača je neophodan element u ovoj problematici.

Pre početka bilo kakve dijagnostike savremenih hidrauličnih sistema neophodno je detaljno se upoznati sa njenim načinom rada. U tom smislu proizvođači poljoprivrednih mašina u tehničkim priručnicima daju šeme sistema i njihove detalje. Šeme sistema različiti proizvođači prikazuju na različite načine. Na slici 7.47. dat je šematski prikaz dela hidrauličnog sistema traktora John Deere serije 8000.

Na šemi su korišćeni standardni simboli za prikaz pojedinih elemenata hidrauličnog sistema (obzirom da se radi o traktoru američkog proizvođača korišćene su oznake saglasno JIC standard-(Joint Industry Council/United States of American Standards Institute, sl. 7.48.-7.52.)¹¹). Pojedini elementi sistema su pored grafičkog prikaza, dodatno označeni slovnim oznakama (A-desni upravljački cilindar, B-hladnjak za ulje, D-levi upravljački cilindar, F-Menjač, G-pumpa povratnog ulja...), kao i, radi lakšeg snalaženja, kućišta u kojima se nalaze pojedini elementi sistema (H-vod kroz kućište pogona PVT, I-srednji ram, AA-kućište hidrauličnog filtera...). U ovom primeru kućišta su označena istačkanom linijom. Na šemi su posebno naznačena mesta namenjena dijagnostičkom ispitivanju (C-dijagnostički priključak).

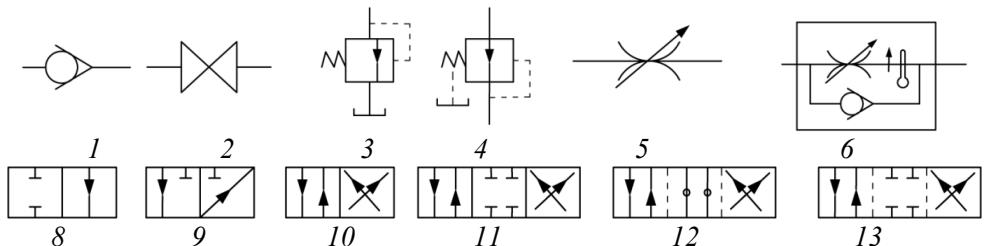
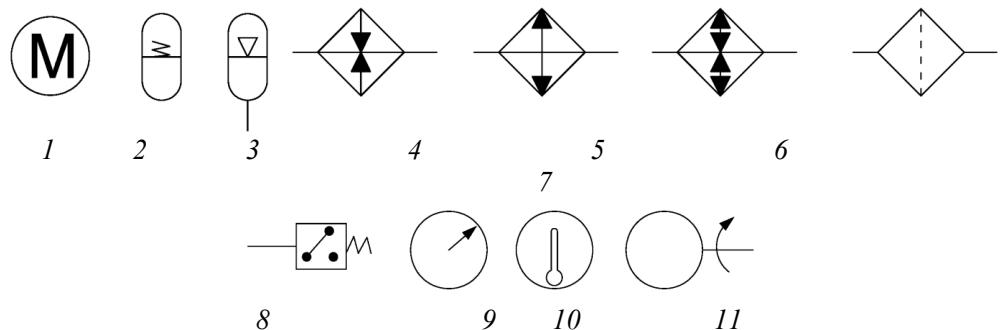
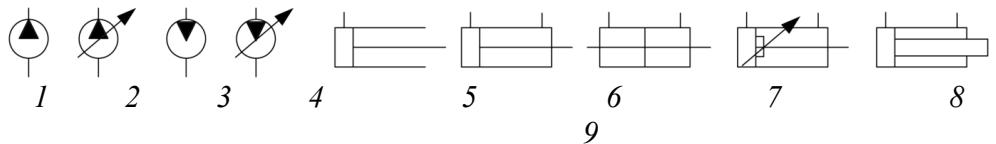
¹¹ Proizvođači mašina u svojoj tehničkoj dokumentaciji daju prikaz korišćenih simbola za prikazivanje različitih elemenata hidrauličnog sistema.



Sl. 7.47. Deo hidraulične šeme traktora John Deere serije 8000

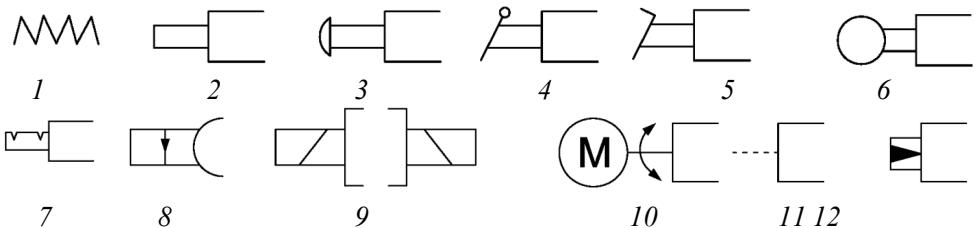
A-desni upravljački cilindar, B-hladnjak za ulje, C-dijagnostički priključak, D-levi upravljački cilindar, F-menjač, G-pumpa povratnog ulja, H-vod kroz kućište pogona PVT, I-srednji ram, J-ventil prioriteta, K-ventil osetljivosti na opterećenje GDP (pumpa pogonjena od točkova), L- ventil osetljivosti na opterećenje kočionog ventila, M-kočioni ventil, N-pogon pumpi, O-preliv, P-kočnica PVT, Q-spojnica i kočnica PVT, R-spojnica PVT, S-primarna pumpa, T-napojava pumpa, U-ventil spojnica PVT, V-poklopac pogona PVT, W-rezervoar čistog ulja, X-senzor nivoa ulja, Y-sekundarna pumpa, Z-filter, AA-kućište hidrauličnog filtera¹²

¹² Ove oznake nisu standardizovane, proizvođač ih stavlja na šemu sa objašnjenjem u legendi, da bi se korisnik lakše snašao.



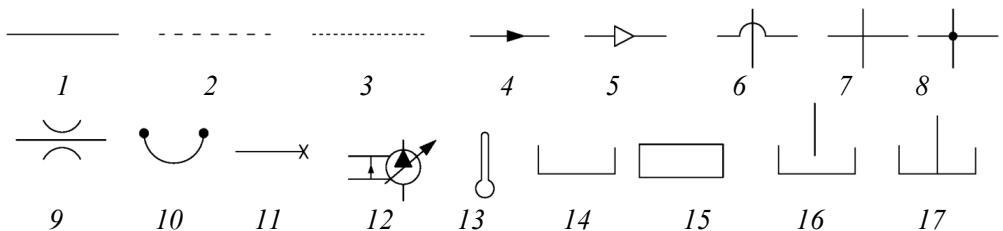
Sl. 7.50. Šematski prikaz različitih vrsta ventila

1-nepovratni ventil, 2-slavina, 3-ventil sigurnosti, 4-regulator pritiska, 5-regulator protoka, 6-regulator protoka podešiv u zavisnosti od temperature i pritiska, 8-13-razvodni ventili sa dva, tri ili četiri konektora



Sl. 7.51. Šematski prikaz načina upravljanja

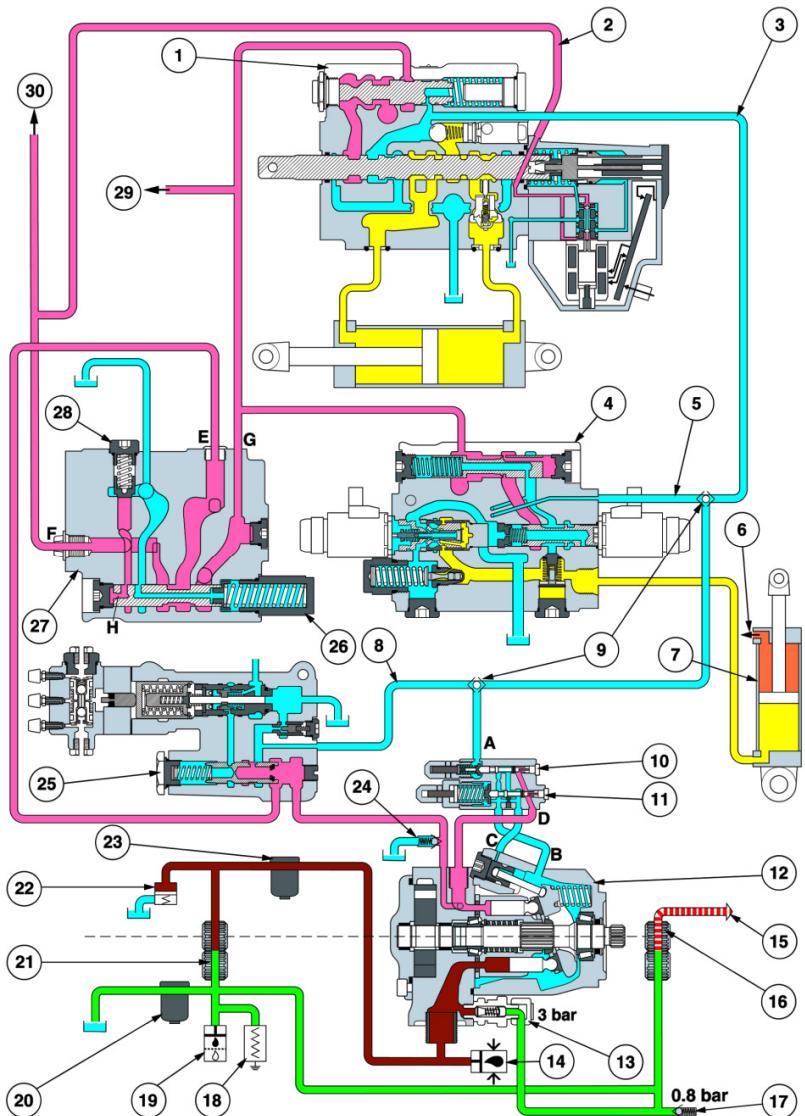
1-oprugom, 2-ručno, 3-dugmetom, 4-polugom, 5-pedalom, 6-mehanički, 7-sa mogućnošću zadržavanja u određenom položaju, 8-potpomognuto pritiskom, 9-solenoid, 10-reverzni motor, 11-12-pilot pritiskom (11-daljinski, 12-interni)



Sl. 7.52. Šematski prikaz vodova

1-glavni (potisni) vod, 2-upravljački vod, 3-drenažni vod, 4-hidraulički smer protoka, 5-pneumatski smer protoka, 6-7-ukrštanje vodova koji međusobno nisu spojeni, 8-spajanje vodova, 9-linija sa fiksnim prigušenjem, 10-savitljivi vod, 11-priklučak za testiranje, merenje, 12-vod za kompenzaciju pritiska, 13-temperaturni razlozi ili efekti, 14-rezervoar na atmosferskom pritisku, 15-rezervoar pod pritiskom, 16-vod u rezervoaru iznad nivoa fluida, 17-vod u rezervoaru ispod nivoa fluida

Pored šematskog prikaza koji podrazumeva korišćenje standardnih oznaka, proizvođači u tehničkoj dokumentaciji elemente sistema prikazuju i primenom funkcionalnih šema koje omogućavaju korisniku-serviseru da lakše shvati način funkcionisanja sistema i prepozna njegove pojedine elemente. Na funkcionalnoj šemi elementi sistema su nacrtani na način da verno oslikavaju izgled pojedine komponente. Na slici 7.53. prikazana je funkcionalna šema hidrauličke traktora Case MXM. Na šemi su dati preseci pojedinih komponenata sistema koji omogućavaju lakše shvatanje načina rada pojedinih sistema i vodovi koji ih povezuju. Vezni vodovi, kao i kanali unutar pojedinih elemenata obojeni su različitom bojom koja ukazuje na funkciju ili pritisak u njima (roza-kontrolni pritisak, plava-povratni vod u rezervoar, žuta-zarobljeno ulje, braon-pritisak punjenja 3 bara...). Brojevi na slici su elementi sistema dati u legendi uz sliku u „Tehničkom uputstvu“ (ovde su date samo neke pozicije kao primer). Slovne oznake na šemi predstavljaju mesta koja se objašnjavaju u tekstu „Tehničkog uputstva“.



Sl. 7.53. Funkcionalna šema hidrauličke traktora Case MXM
 1-elektrohidraulični ventil (EHR), 2-pilot linija niskog pritiska za kontrolu namotaja EHR, 3-linija osetljivosti na opterećenje EHR ventila, 4-EDC ventil, 5- linija osetljivosti na opterećenje EDC ventila...

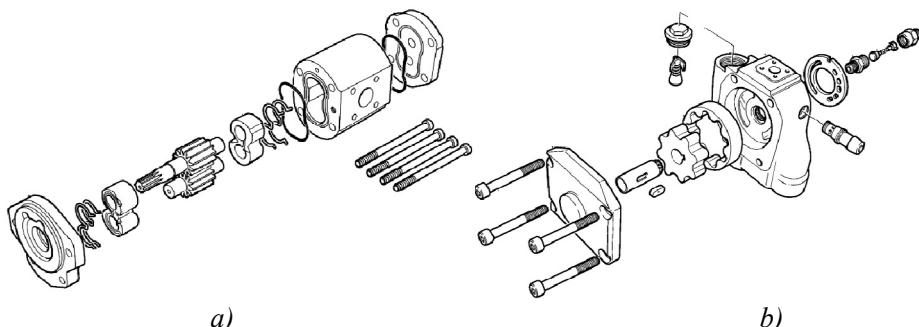
Hidraulički sistemi se mogu podeliti u dve grupe:

- hidrodinamičke sisteme (prenose energiju posredstvom kinetičke energije strujanja radnog fluida) i

- hidrostaticke sisteme (prenose energiju posredstvom potencijalne energije radnog fluida-energije pritiska)¹³.

Osnovne komponente hidrostatickog sistema su hidraulička pumpa (generator hidrauličke energije, najčešće zupčasta ili klipno aksijalna), upravljačke komponente (razvodnik, servorazvodnik, regulator pritiska, regulator protoka itd.), izvršne komponente (hidromotori-npr. pogon vitla kod kombajna ili radni cilindri-npr. upravljanje točkovima, podizanje podiznih poluga...) i pomoćne komponente (cevovodi, rezervoari, filtri, hladnjaci itd.).

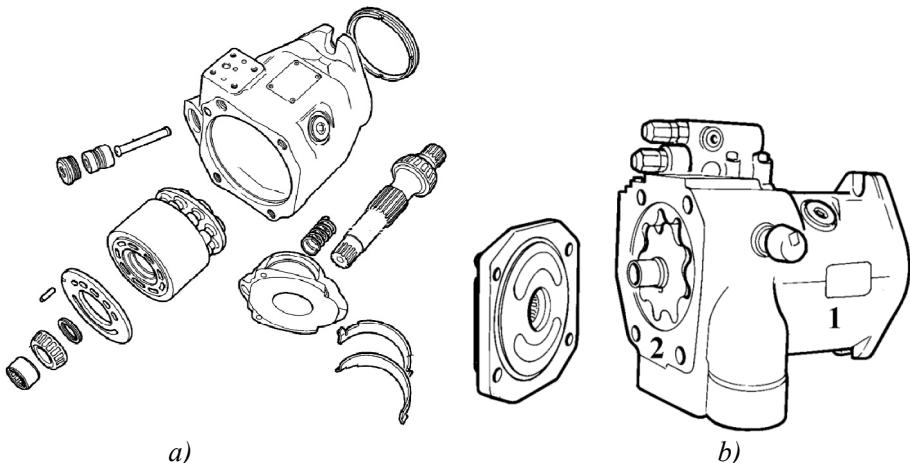
Na savremenim poljoprivrednim mašinama uglavnom se koriste zupčaste (sa spoljnjim i sa unutrašnjim ozubljenjem) i klipno-aksijalne. Kod zupčaste pumpe sa spoljnjim ozubljenjem mehanizam za potiskivanje je spregnuti zupčasti par. Radnu komoru čini prostor između zuba i ravna površina kojom je taj prostor zatvoren sa zadnje i prednje strane i deo cilindrične površine kućišta pumpe koji zatvara taj prostor po obodu zuba. Zupčasta pumpa sa unutrašnjim ozubljenjem ima otvore u dnu međuzublja zuba koji omogućuju efikasno pražnjenje. Usisavanje, prenos i potiskivanje radne tečnosti odvija se na isti način kao kod zupčaste pumpe sa spoljašnjim ozubljenjem. Zupčasta pumpa sa unutrašnjim ozubljenjem nema mehanizam za upravljanje što znači da se smer potiskivanja, veličina protoka, i radni pritisak ne mogu u toku rada podešavati (pumpa konstantne radne zapremine). Ova vrsta pumpe se uglavnom koristi kao napojna pumpa.



Sl. 7.54. Zupčasta pumpa traktora Case MXM
a-sa spoljašnjim ozubljenjem, b-sa unutrašnjim ozubljenjem

Konstrukciono rešenje klipno-aksijalnih pumpi temelji se na dva principa pretvaranja rotacionog kretanja u pravolinijsko (aksijalno kretanje klipova pumpe), i to klizna ploča ili zglobna veza (kardanski zglob). Radne komore klipno-aksijalne pumpe čine klip i cilindar (mehanizam za potiskivanje). Broj cilindra (radnih komora) je 7, 9 ili 11. Mehanizam za razvođenje je nepokretna razvodna ploča sa dva profilisana kanala u obliku polumeseca.

¹³ S obzirom na to da su hidrostaticki sistemi pogodni za regulaciju, veoma često se primenjuju u regulacionim sistemima poljoprivrednih mašina (sistem upravljanja, uključivanje određenog stepena prenosa, rad podiznog sistema traktora...).



Sl. 7.55. Klipno-aksijalna pumpa traktora Case MXM

a-klipno-aksijalna pumpa, b-klipno-aksijalna pumpa (1) u bloku sa napojnom pumpom (2-zupčastom sa unutrašnjim ozubljenjem)

Hidraulični motori i radni cilindri su izvršni organi uljno hidrauličnih sistema. Njihov zadatak je da hidrauličnu energiju dobijenu od pumpe kao izvornog elementa transformišu u mehanički rad sa pravolinijskim (hidraulični cilindri) ili obrtnim kretanjem (hidromotori).

Hidraulični motori principijalno se ne razlikuju od pumpi (zupčastih, krilnih ili aksijalno klipnih).

Hidraulični radni cilindri koji se ugrađuju na poljoprivredne mašine mogu biti jednosmerni ili dvosmerni. Jednosmerni radni cilindri imaju dejstvo samo u jednom pravcu. Ovde su tipični primer hidraulični radni cilindar podiznih poluga traktora, kod kojih se prinudno vrši podizanje mašine u transportni položaj, dok se za spuštanje mašine koristi njena masa. Dvosmerni radni cilindri imaju dejstvo u oba pravca. Tipičan primer su radni cilindri sistema za upravljanje, gde se energija ulja koristi za uvlačenje ili izvlačenje klipnjače u zavisnosti sa koje strane se potiskuje ulje. Principijelno kao hidraulični cilindar jednosmernog dejstva se može posmatrati i klip kvačila spojnica za povezivanje zupčanika sa pripadajućim vratilom kod uključivanja pojedinog stepena prenosa „power shift“ transmisije.

Pod pojmom radni parametri hidrauličnog sistema obuhvataju se samo oni najneophodniji, na osnovu čijih se veličina može tačno utvrditi stanje sistema i pronaći komponenta koja je dovela do otkaza. Od brojnih radnih parametara: pritisak, protok, temperatura, pad pritiska, brzina kretanja klipa, sila klipa, broj obrtaja motora, moment i drugi, kao posebno važni izdvajaju se: pritisak i protok. To su ujedno i parametri od kojih zavise ostali, oni se mogu relativno jednostavno i tačno meriti, a što je veoma važno merenje se može obaviti na potrebnim mestima hidrauličnog sistema. Pritisak u hidrauličnom sistemu se može meriti:

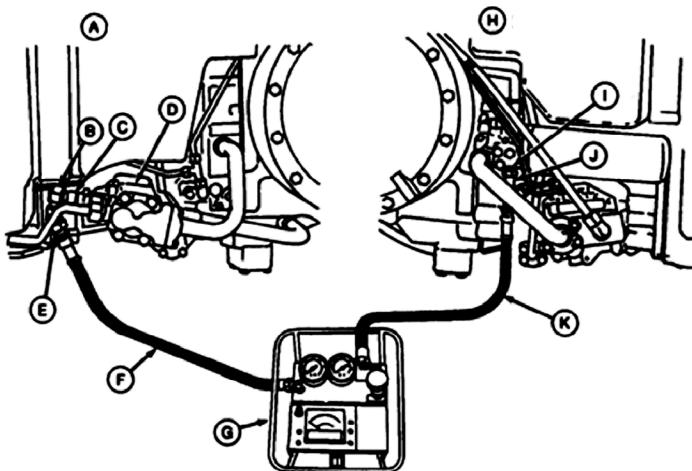
- manometrima koji su ugrađeni na jednom ili više mesta hidrauličnog sistema, prenosnom manometarskom garniturom, ili
- prenosnom garniturom sa ugrađenim mernim instrumentom koji se najčešće koristi i za merenje protoka i temperature ulja.

Sa stanovišta kriterijuma potrebe u cilju dijagnostike stanja sistema, složenosti i ekonomičnosti, optimalno je rešenje ugradnja:

- jednog (iza pumpe) ili nekoliko manometara (broj zavisi od razgranatosti, složenosti i konstrukcije hidrauličnog sistema), i
- većeg broja priključnih elemenata za merenje pritiska prenosnim manometrom, ili alternativno priključnih mesta za merenje pritiska, protoka i temperature mernom garniturom¹⁴.

Ispitivanje hidrauličnih pumpi moguće je izvršiti na probnom stolu za ispitivanje ili integralno u sastavu mašine. Za potrebe dijagnostikovanja stanja radne ispravnosti pumpe najčešće se vrši ispitivanje bez demontaže (integralno u okviru mašine), dok se probni stolovi najčešće koriste za ispitivanje pumpi u cilju utvrđivanja kvaliteta izvršenog remonta a pre ugradnje na mašinu.

Ispitivanje pumpe vrši se merenjem protoka pri maksimalnom radnom pritisku. U nastavku je dat primer ispitivanja napojne pumpe traktora *John Deere* serije 8000. Postupak ispitivanja se obavlja na taj način što se uređaj za merenje pritiska i protoka hidrauličnog ulja postavi na potisni vod pumpe između pumpe (na za to predviđeno dijagnostičko mesto) i usisni vod u filter ulja. Startuje se motor i postavi na broj obrtaja kolenastog vratila motora od 1000



Sl. 7.56. Dijagnostičko ispitivanje napojne pumpe hidrauličnog ulja traktora John Deere 8000

A-leva strana traktora, B-zglob 90°, C-konektor, D-napojna pumpa, E-zglob 45°, F-ulazno crevo, G-protokomer, H-desna strana traktora, I-priklučak, K-izlazno crevo

¹⁴ Na poljoprivrednim mašinama najčešće se ugrađuju (predviđaju) mesta namenjena ugradnji namenskih uređaja za merenje temperature, pritiska i protoka fluida. Na šemci mesta označena sa slovnom oznakom „C“.

o/min. Zavrtanjem prigušne slavine na uređaju poveća se potisni pritisak ulja na 20,7 bar. Kada ulje dostigne temperaturu od 38°C izmeri se protok. Protok treba da iznosi 46,6 l/min. Pri istoj temperaturi poveća se broj obrtaja kolenastog vratila motora na 2000 o/min i ponovo izmeri protok. Protok treba da iznosi 89 l/min (pritisak 20,7 bar). Nakon toga ulje u sistemu se zagreje na temperaturu od 65 °C i ponovo izmeri protok na 1000 i 2000 o/min i pri pritisku od 20,7 bara. Izmereni protok pri ovoj temperaturi treba da iznosi 46,6 l/min i 91 l/min respektivno.

Kod postupka identifikacije uzroka poremećaja u radu ili otkaza hidrauličnog sistema, treba poći od osnovnih funkcija izvršnih elemenata:

- klip hidrauličnog cilindra se kreće brzinom koja zavisi od količine ulja koja se doprema u klipnu ili klipnjačinu stranu,
- hidraulični motor rotira brojem obrtaja koji zavisi od količine ulja koja se doprema u njegovu pritisnu stranu ili od položaja radnih elemenata kod motora sa regulacijom zapremine,
- klip hidrauličnog cilindra može da savlada silu koja je proporcionalna veličini radnog pritiska,
- hidraulični motor može da savlada spoljašnji moment motora koji je proporcionalan veličini razlike pritiska na ulazu i izlazu iz motora, on u određenim slučajevima zavisi i od količine ulja koja se doprema u motor, a kod motora sa regulacijom i od njegove trenutne radne zapremine.

Identifikacija poremećaja u radu ili otkaz sistema vrši se na osnovu precizno uočene ili izmerene promene: brzine kretanja, sile, momenta rotacije, temperature ili buke. U skladu sa tim, svi poremećaji ili otkazi sistema mogu se svrstati u grupe čija je osnovna karakteristika:

- brzina kretanja klipa je manja ili veća od potrebne ili jednaka nuli,
- broj obrtaja motora je manji ili veći od potrebnog ili je jednak nuli,
- sila klipa je manja od potrebne,
- moment rotacije motora je manji od potrebnog,
- sistem je bučan,
- ulje se zagreva,
- radni vek komponenti je smanjen.

Smanjenje brzine kretanja klipa ili rotacije motora uslovljeno je stanjem hidrauličnog sistema kod koga je došlo do pojave:

- smanjene količine ulja koja se doprema u hidraulični cilindar ili rotacioni motor (otkaz komponente ili neodgovarajuće podešavanje komponenti),
- povećanog proticanja unutar cilindra ili motora,
- neodgovarajućeg položaja radnih elemenata motora sa regulacijom zapremine.

Stanje mirovanja klipa cilindra ili rotora motora uzrokovan je:

- dotok ulja jednak je nuli zbog prelivanja ulja u rezervoar preko nekog ventila,
- otkaza neke komponente u sistemu,
- otkaza cilindra ili motora (blokiranje),

- okaza mehanizma koji se pogoni hidrauličnim sistemom,
- otkaza elementa za signalizaciju,
- otkaza sistema za automatsko upravljanje radom hidrauličnog sistema.

Povećanje brzine kretanja klipa ili broja obrtaja motora povezuje se sa neodgovarajućim podešavanjem regulatora protoka ili regulatora protoka pumpe ili motora.

Smanjenje sile klipa ili momenta rotacije motora se može uočiti kod viših opterećenja (npr. radni hod-izvrsni elementi hidrauličnog sistema miruju). Razlog smanjenja sile klipa ili momenta rotacije motora je pojava niže vrednosti pritiska od potrebnog, odnosno razlike pritisaka, a uzrok poremećaja može biti:

- neodgovarajuće podešavanje elementa za regulaciju,
- početni stadijum habanja komponenti, posebno pumpe ili motora,
- smanjena vrednost viskoznosti ulja.

Uzrok pojačane buke u sistemu može biti:

- vazduh u ulju,
- otkaz elektromagneta,
- otkaz ležaja ili radnog elementa pumpe ili motora,
- velika brzina zatvaranja komponenti sa konusnim klipom, hidraulični udari,
- pojava kavitacije,
- velika je brzina tečenja ulja kroz komponente i cevovod i drugo.

Do zagrevanja ulja najčešće dolazi zbog:

- povećanih proticanja ulja (došlo je do proširenja tolerantnih područja u komponentama),
- visokog stepena prigušenja na ventilima protoka,
- prelivanja ulja iz sistema u rezervoar preko ventila pritiska,
- neusaglašenog bilansa stvorene topotne energije unutar hidrauličnog sistema i razmene topote sa okolinom,
- poremećaja u radu sistema za hlađenje ulja,
- visoke viskoznosti ulja.

PRIMER: Dijagnostika neispravnosti hidrauličnog sistema traktora MTZ 1221(NAPOMENA: ovde su prikazani samo pojedini primeri vezani za dijagnostiku i način otklanjanja nastale neispravnosti na hidrauličnom sistemu traktora Belarus)

Vrsta kvara

- Priklučna mašina se ne podiže

Mogući uzrok ove neispravnosti je nedostatak pritiska ulja u hidrauličnom sistemu. Najpre je potrebno proveriti pritisak u hidrauličnom sistemu, postavljanjem manometra na donji izvod hidrauličnog sistema. Postaviti odgovarajuću ručicu razvodnika u položaj „podizanje“ i odrediti pritisak pri maksimalnom broju obrtaja

motora. Isto ponoviti nakon smanjenja broja obrtaja motora na 1000-1200 o/min. Ukoliko je izmereni pritisak niži od 10 bara mogući uzrok je zaglavljen propusni ventil razvodnika.

Otklanjanje kvara vrši se tako što se demontira propusni ventil i detaljno ispere.

Nakon ispiranja

propusni ventil se

ponovo montira,

startuje motor i

izmeri pritisak

(ručicu razvodnika

par puta pomeriti

gore-dole).

Ukoliko pritisak ulja

dostigne nivo 180-

200 bara smatra se

da je kvar

otklonjen. Ukoliko

je pritisak niži od

10 bara potrebno je

zameniti propusni

ventil. U slučaju da

je pritisak u sistemu

nakon čišćenja

ostao isti, kao i pre,

ovo ukazuje da je

verovatno zaprljan

sigurnosni ventil.

Ukoliko se posumnja na neispravnost sigurnosnog ventila, najpre je potrebno

demontirati preklopnu kapicu sa ventila, ručicu razvodnika postaviti u položaj

podizanje. Startovati motor i par puta uzastopno blago otpustiti i stegnuti regulacioni

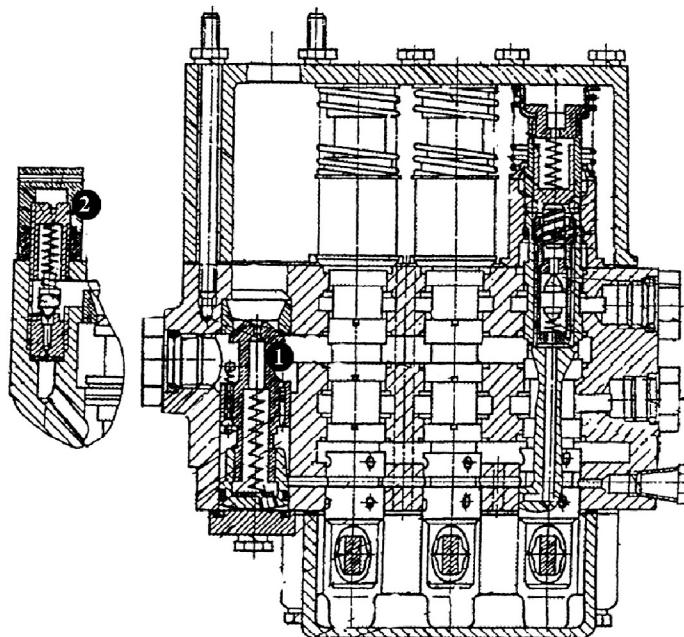
vijak sigurnosnog ventila. Ukoliko se poveća pritisak, kvar je otklonjen. U suprotnom

demontirati sigurnosni ventil, isprati delove, proveriti njihovu ispravnost. Oštećene

elemente zameniti. Sklopiti ventil i regulisati pritisak otvaranja na vrednost 180-200

bara.

Ukoliko se utvrди da pri smanjenju broja obrtaja motora pritisak u sistemu pada na 160 bara i niže, te da se sa zagrevanjem ulja pad pritiska nastavlja, to ukazuje na neispravnot pumpe. Proveriti protok pumpe (ukoliko je koeficijent iskorišćenja pumpe manji od 0,7, zameniti pumpu). Kod neznatnog pada pritiska (do 160 bara), pri smanjenju broja obrtaja motora, uzrok je verovatno nepravilno regulisana poluga za upravljanje regulatorom.



Sl. 7.57. Razvodnik traktora MTZ 1221

1- propusni ventil, 2-sigurnosni ventil

Vrsta kvara

- Priključna mašina se podiže sporu

Mogući uzrok ove neispravnosti je usisavanje vazduha u hidraulični sistem. Potrebno je proveriti nivo ulja u rezervoaru. Ukoliko je nivo odgovarajući, potrebno je proveriti ispravnost zaptivki usisnih cevi i manžetne pogonskog vratila pumpe.

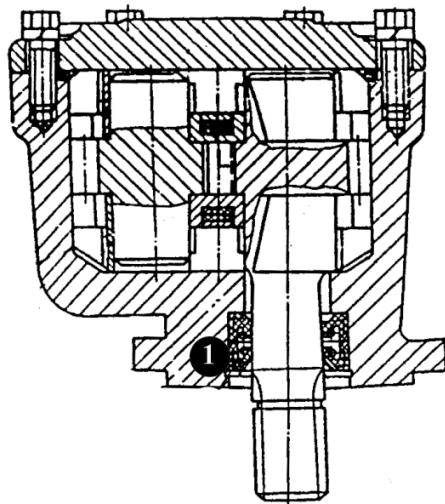
Takođe, uzrok sporog podizanja priključne mašine može biti povećan gubitak ulja u pumpi (nizak koeficijent iskorišćenja pumpe). Proveriti protok pumpe i po potrebi je zameniti.

Vrsta kvara

- Priključna mašina se ne zadržava u transportnom položaju

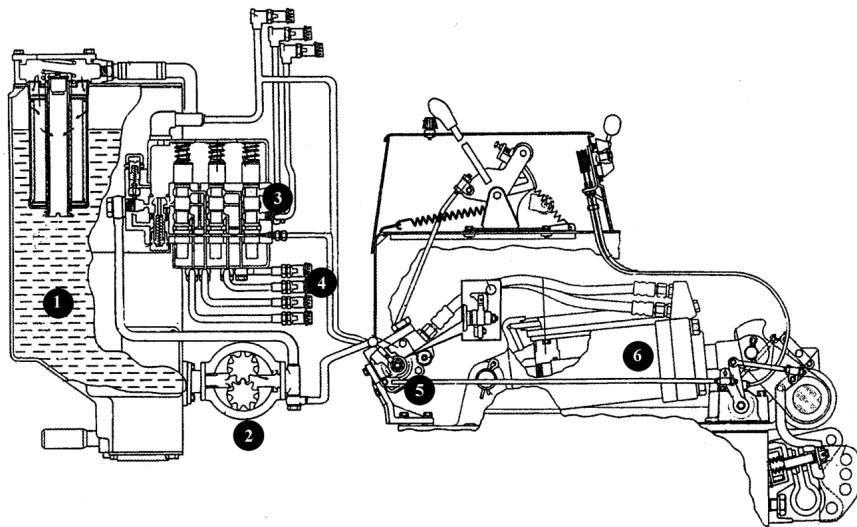
Ukoliko se utvrdi ova neispravnost,

mogući uzrok je gubitak ulja u zaptivkama hidrauličnog cilindra (sl. 7.59. poz. 6) ili kroz regulator pritiska (poz. 5). Za utvrđivanje uzroka neispravnosti potrebno je odvojiti desno crevo regulatora (povratni vod, sl. 7.60. poz. 2) i produžiti ga. Kraj produžnog creva povezati sa donjim spoljnim izvodom hidraulika (povratni vod) preko brzovezujuće spojnice, a na otvor regulatora (desni) postaviti čep. Startovati motor i podići priključnu mašinu u transportni položaj (ručicu regulatora i odgovarajuću ručicu razvodnika¹⁵ postaviti u položaj „podizanje“). Razdvojiti spojno crevo, isključivanjem brzovezujuće spojnice. Ukoliko se samovoljno spuštanje mašine nastavi razlog je gubitak ulja kroz cilindar (zameniti zaptivke klipa cilindra).



Sl. 7.58. Hidraulična pumpa traktora MTZ 1221 (1-manžetna pogonskog vratila pumpe)

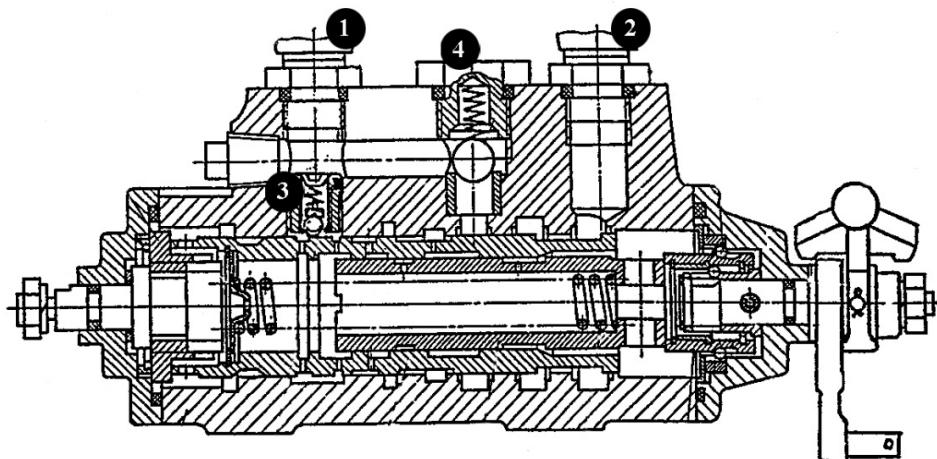
¹⁵ Ručicu razvodnika neophodno je postaviti u položaj „podizanje“ kako bi se otvorio povratni vod za ulje.



Sl. 7.59. Šema hidrauličnog sistema traktora MTZ 1221

1-rezervoar za ulje, 2-pumpa, 3-razvodnik, 4-spoljni izvodi hidraulika, 5-regulator, 6-hidraulični cilindar

Ako je spuštanje prestalo, razlog je gubitak ulja kroz regulator. Gubitak ulja kroz regulator je posledica njegove nehermetičnosti. Izvršiti čišćenje i po potrebi zamenu okretnog ventila (sl. 7.60. poz. 3) ili ventila zatvarača (poz. 4).



Sl. 7.60. Regulator traktora MTZ 1221

1-ulazni vod, 2-povratni vod, 3-okretni ventil, 4-ventil zatvarač

7.14. DIJAGNOSTIKA ELEKTRONSKIH SISTEMA POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

7.14.1. Uvod

Ovo je vek intenzivnog razvoja elektronike i informatike pa je razumljivo što su ove grane našle primenu i u poljoprivrednoj tehnici. Savremeni tehnički sistemi koji se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji su izuzetno kompleksne mašine u koje se ugrađuje sve više elektronske opreme koja olakšava rad rukovaocu, jer kontroliše i upravlja različitim sklopovima sistema. Zadatak elektronske opreme koja se ugrađuje u savremene poljoprivredne mašine je, pre svega, da olakša rukovanje i poveća pouzdanost sistema. Da bi se ostvarili ovi zadaci elektronika mora da preuzme zadatke praćenja, tj. kontrole parametara i zadatke upravljanja pojedinim sistemima. Ovakvu kontrolu je moguće ostvariti primenom kontrolne jedinice, izvršnih organa i senzora. Zadatke praćenja i kontrole parametara obavljaju različiti senzori koji šalju informacije kontrolno-upravljačkim jedinicama koje dalje preduzimaju neku radnju ili obaveštavaju rukovaoca o nekim nepravilnostima u radu. Na taj način, ostvaruje se konstantna dijagnostika mašine, sprečavaju veće havarije i omogućuje ocena stanja dela ili sklopa mašine, bez rasklapanja. Komunikacija između mašine i rukovaoca ili servisera se obavlja putem kodova greške koji mogu biti prezentovani na različite načine ili pomoću specijalizovanih dijagnostičkih sistema. Kod nekih sistema moguće je kumulativno sagledati kodove grešaka što ima velikog značaja kod rešavanja nastalih problema i njihovog boljeg razumevanja. Na ovaj način dijagnostika postaje sastavni deo poljoprivrednih mašina, omogućavajući da se oceni stanje mašine ili nekog njenog sklopa ili sistema bez rasklapanja. Ovakvi sistemi omogućavaju, sa velikom verovatnoćom, predviđanje ponašanja sistema u budućnosti.

Praktična primena dijagnostičkih kodova u praksi je vrlo velika. Dijagnostički kodovi znatno ubrzavaju pronalaženje kvara. Ukoliko se pojavi neka neispravnost ili pogrešno rukovanje, kontrolna jedinica upozorava rukovaoca i generiše dijagnostičke kodove. Na taj način mašina se štiti od većih havarija, pošto ukazuje i na najmanju neispravnost. Ovo se ne odnosi i na mehaničke kvarove na delovima koji nisu pokriveni senzorima.

7.14.2. Električna merenja

Za dijagnostikovanje električnih (elektronskih) komponenti savremenih poljoprivrednih mašina neophodno je vršiti različita električna merenja. U tu svrhu koristi se univerzalni merni instrument (unimer) i osciloskop.

Unimer

Jedan od alata potrebnih za servisiranje savremenih mašina je unimer. Unimer obično obezbeđuje merenje glavnih električnih veličina, a to su :

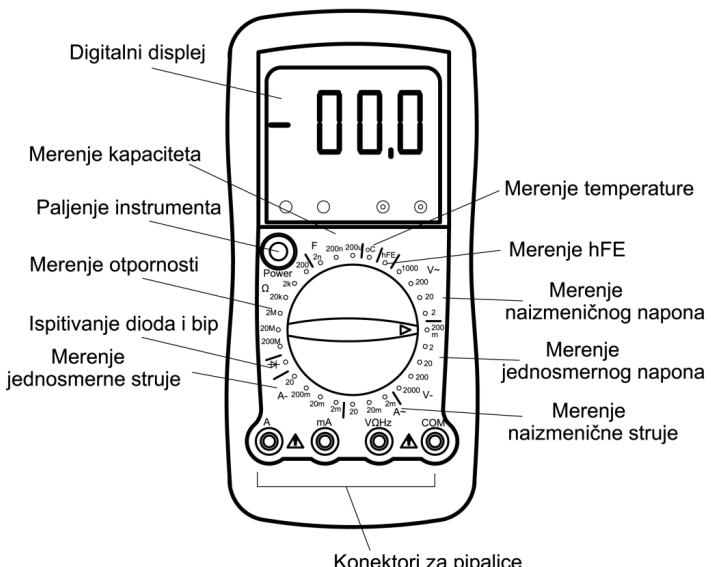
- Napon U (V – volt)
- Struja I (A – amper)

- Otpornost R (Ω - Ohm)

Unimer može biti analogni (klasični) koji za pokazivanje izmerenih vrednosti koristi kazaljku sa pokretnim kalemom. Tako se merena veličina očitava preko otklona kazaljke ispod koje se nalazi ploča sa baždarenom skalom. Pretežno se koristi u oblasti energetike tj. jačih struja. Ima malu ulaznu otpornost, pa nije pogodan za merenje napona i struja u modernim i veoma osetljivim elektronskim kolima. Izuzetno su osetljivi na udar.

Druga vrsta unimera su digitalni unimeri. To su moderni merni instrumenti koji predstavljaju spoj analogne i digitalne elektronike. Na slici 7.61. se prikazan digitalni unimer. Za prikazivanje merenih veličina koristi se ekran sa tečnim kristalima. Odlikuje ih izuzetno mala potrošnja električne energije. „Srce“ ovog mernog instrumenta je digitalno integrisano kolo. Ono omogućava da se merena veličina pretvori u niz električnih impulsa i prikaže na ekrani.

Ovaj tip uređaja koristi mnoštvo aktivnih elektronskih komponenti što mu omogućava da ima izrazito visoku ulaznu otpornost, što znači da se može koristiti za merenje signala veoma male snage. Greške u merenju u većini slučajeva su ispod 1%. Kao izvor energije ovi uređaji koriste baterije, iako



Sl. 7.61. Digitalni unimer

u sebi sadrže mnogo elektronskih komponenti, oni troše мало struje. S obzirom da je elektronika strahovito napredovala, rešenja sa integralnim kolima daju velike mogućnosti. Tako su nastali i specijalizovani unimeri, koji pored osnovnih električnih veličina mere i temperaturu, frekvenciju, kapacitet kondenzatora, kao i broj obrtaja, ugao zatvaranja, ispituju ispravnost tranzistora i drugo.

Merjenje napona

Ukoliko se mere naponi unutar vozila, može se očekivati da visina napona ne bude veća od 15V (30Vmax). Naponi koji se javljaju na sistemu za paljenje su izuzetno visoki i oni se ne mere ovim instrumentom.

Primer merenja:

Obrtni preklopnik unimera se okreće na položaj V za Auto Range instrumente ili na područje 20V. Jedna pipalica unimera se postavlja na tačku čiji se napon meri, a druga pipalica na masu (minus pol, obično na karoseriju). Prilikom izbora mase treba izbegavati mesta sa debelim slojevima laka koji predstavlja izolator. Ukoliko je sve propisno postavljeno, na ekranu unimera će se pokazati merena vrednost u voltima.

Ako je potrebno izmeriti napon akumulatora za vreme rada motora, cifre na ekranu unimera će se često menjati. Napon u instalaciji je promenljiv zbog mehaničkih i električnih osobina generatora struje.

Merenje struje

Ova osobina unimera se relativno retko koristi na poljoprivrednim traktorima. Pretpostavimo da želimo izmeriti struju koju troši neka sijalica, nama nepoznate snage. Tada se unimer podesi za merenje tako što se obrtni preklopnik dovesti do položaja 10A. Jedan priključak sijalice se provodnikom spoji na plus pol akumulatora. Na drugi priključak sijalice se postavlja crvena ispitna pipalica unimera. Pipalica na unimeru mora biti priključena na 10/20A priključak. Crna pipalica se spaja na minus pol akumulatora. Ako je sve ispravno povezano na ekranu unimera će biti ispisana jačina struje.

Merenje otpornosti

Ovo je još jedna mogućnost digitalnog unimera koja se često koristi i to za merenje ispravnosti električnih provodnika i nekih senzora koji u sebi sadrže otpornike.

Osciloskop

Osciloskop je uređaj koji služi za prikazivanje promene električnog napona u nekom vremenskom periodu. Na svom ekranu prikazuje stvaran oblik napona koji se menja u vremenu, tako da se mogu izvesti merenja i poređenja sa drugim talasnim oblicima. Osciloskop se može donekle posmatrati kao jednostavna crtača mašina koja crta grafik veličine napona u zavisnosti od vremena. Oblik talasa koji se crta je dakle, grafik napona kroz vreme ili $V(t)$.

Postoje dve vrste osciloskopa, analogni i digitalni. Oba se mogu koristiti za osnovna merenja. Glavna prednost novijih digitalnih osciloskopa je što mogu da sačuvaju sliku ekrana za analizu i snime tok napona u formatu razumljivom računarima.

Analogni osciloskop radi tako što primenjuje mereni analogni napon na elektronski snop u katodnoj cevi. U zavisnosti od napona, snop je pomeren gore ili dole, i takva slika se prikazuje na ekranu.

Digitalni osciloskop pretvara analogni napon koji se meri u digitalni oblik putem AD pretvarača. Digitalna informacija se onda koristi za prikaz na ekranu i snimanje podataka ako je potrebno.

Postoje razne izvedbe osciloskopa, sa različitim brojevima mernih kanala i različitim namenama. Ipak, svi imaju kao zajedničko podešavanje vremenske baze (sekunda-milisekunda-mikrosekunda po horizontalnom podeoku) i naponske rezolucije (Volt-milivolt po vertikalnom podeoku). Sa ovim podešavanjima, moguće je dovesti signal

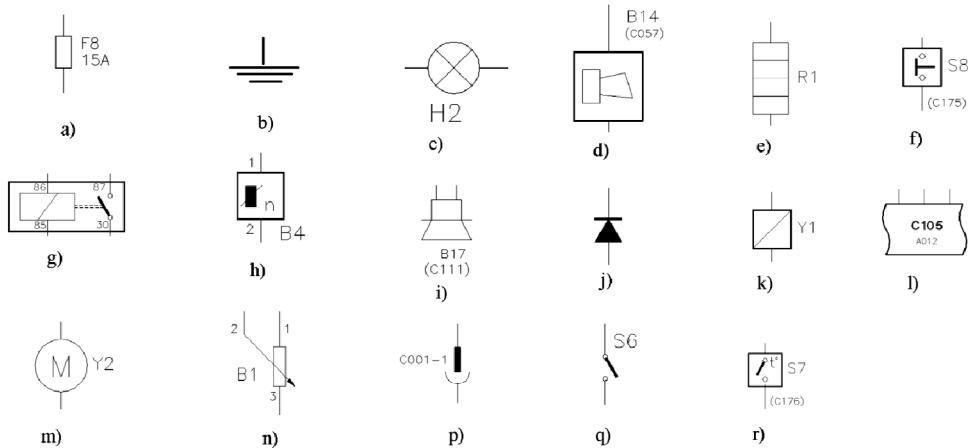
koji se posmatra na pravu veličinu za merenje. Takođe, skoro svi osciloskopi imaju podešavanje takozvanog „trigera“ (tačke okidanja) kojom se u stvari bira čime će se mereni signal sinhronizovati. Obično je moguća sinhronizacija sa signalom (rastući ili padajući deo), mrežnim naponom (50 ili 60 Herca) i drugo.



Sl. 7.62. Digitalni osciloskop
a-stoni, b-portabl ručno prenosivi

7.14.3. Električni simboli i šeme

Kao što je napred već rečeno vezano za dijagnostiku hidrauličnih isto važi i za dijagnostiku električnih sistema. Naime, pre početka bilo kakve dijagnostike savremenih elektronskih sistema savremenih poljoprivrednih mašina neophodno je detaljno se upoznati sa njenim načinom rada. U tom smislu proizvođači poljoprivrednih mašina u tehničkim priručnicima daju šeme sistema i njihove detalje. Električne šeme pojedinih sistema crtaju se primenom standardnih simbola definisanih ISO standardima. Na slici 7.63. dati su električni simboli korišćeni na električnim šemama traktora Case MXM.



Sl. 7.63. Električni simboli (korišćeni na električnim šemama traktora Case serije MXM)

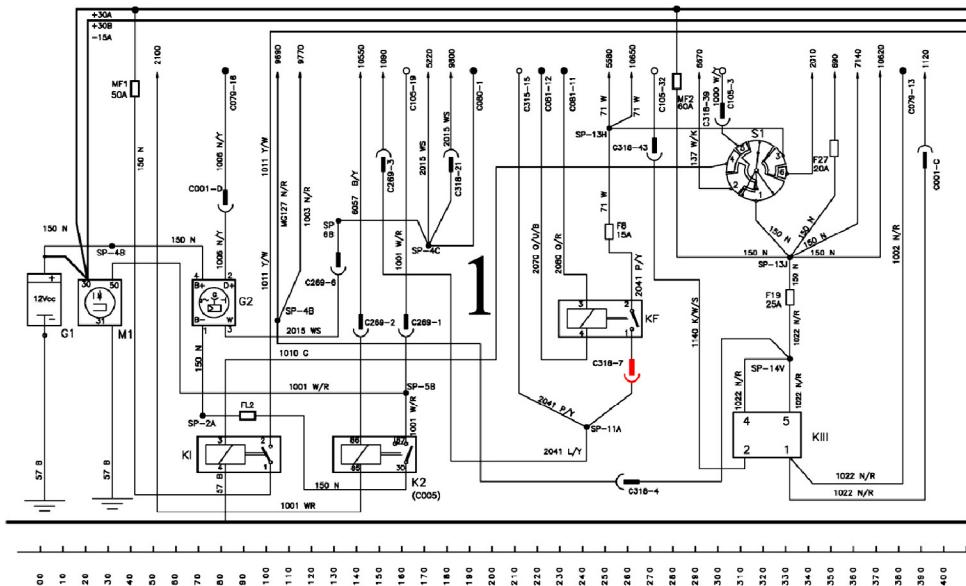
a-osigurač, b-uzemljenje, c-sijalica, d-sirena, e-otpornik, f-prekidač (pritisak), g-relej, h-senzor, i-zvučnik, j-dioda, k-elektronički ventil/solenoid, l-procesor, m-motor, n-potenciometar, p-igla (žica) konektora, q-prekidač, r-prekidač (temperature)

Pored simbola na električnoj šemi se komponente označavaju slovnom oznakom (A, B...) i brojčanom vrednošću (1, 2,...) kojom se identificuje o kojem elementu se radi (koja joj je uloga).

Tab. 7.5. Dodatne oznake električnih elemenata na šemama (traktor Case)

Slovna oznaka	Naziv elementa	Primer
A	Procesor, modul, ploča	A012-Elektronska upravljačka jedinica (ECU)
B	Senzor, potenciometar	B42-Senzor rashladne tečnosti
E	Ostali elementi	E4-ventilator kabine
F	Osigurači	F10-hazard (sva četiri žigavca)
H	Sijalice	H5-sijalica u kabini traktora
G	Elementi punjenja	G1-akumulator, G2-alternator
K	Relej	KIII-relej termostata
M	Motor	M1-elektrropokretač
MF	Najveći osigurači	MF1-osigurač paljenja (50A)
P	Satovi	P1-sat
R	Otpornik	R1-kalem termostata
S	Prekidač	S5-prekidač pedale kvačila
X	Utičnice/konektori	X6-konektor prikolice
Y	Solenoidni ventil	Y17-ventil prednjeg priključnog vratila
C	Iglica (žica) konektora	

Električne šeme se najčešće crtaju kao linijske šeme (slika 7.64.).



175 & 190 Models

Full Powershift Transmission,

**STARTING, CHARGING, THERMOSTART, FUEL INJECTION PUMP
line 0-400**

STARTING	
FL2	Fuse Link 2
G1	Battery
K1	Ignition Relay
K2	Start Relay
M1	Starter Motor and Solenoid
S1	Ignition Switch
CHARGING	
G2	Alternator

THERMOSTART AND FUEL SYSTEM	
F8	Shut off Solenoid Fuse
F19	Fuse 19 25A
F27	Fuse 27 20A
KIII	Thermostart relay
KF	Fuel Shut Off Relay

MF1	Maxi Fuse 1 50A
MF2	Maxi Fuse 2 60A

WIRE COLOUR CODES

B Black	R Red	3	LTG Light Green	K Pink
N Brown	O Orange	U Blue	W White	
TN Light Brown	Y Yellow	TQ Turquoise		
S Slate	G Green	L Purple		

Sl. 7.64. Primer električne šeme (traktor Case serija MXM)

1-električna šema (veza između elemenata sistema), 2-objašnjenje o kojim se elementima radi, 3-kodna oznaka boje žice

Na linijskoj šemi sa gornje strane se nalaze tri linije koje se protežu duž svih šema. Gornje dve linije predstavljaju liniju napajanja direktno od akumulatora (30A i 30B). Treća linija je linija napajanja preko ključa (kada se da kontakt napajanje se dobija preko releja KI). U dnu šema se nalazi četvrta žica koja predstavlja nulu. Ispod nje postoji dodatna skala sa brojevima (brojevna skala) koja određuje položaj

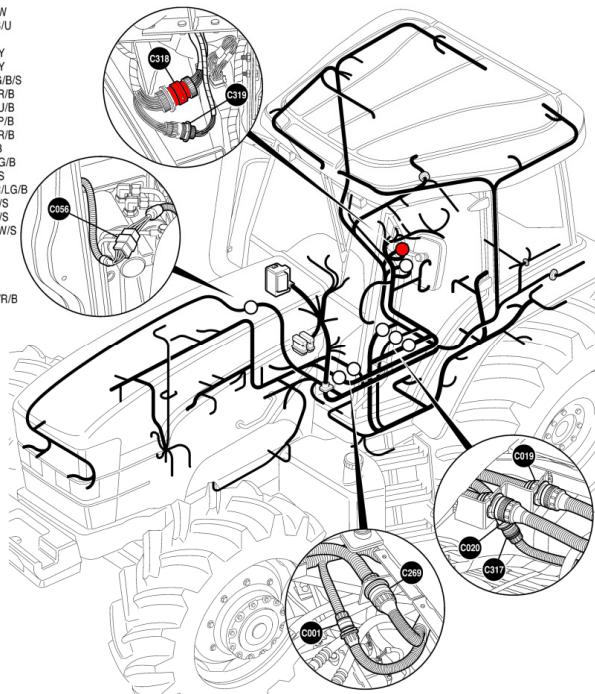
komponente. Vodovi (žice) koje se nastavljaju na nekoj drugoj šemi imaju na svom kraju broj koji označava mesto nastavka iste na brojevnoj skali (npr. žica 1003 N/R nalazi se na poziciji 110, a njen nastavak na poziciji 9770. Kada se ode na poziciju 9770 stajaće oznaka da žica nastavlja na poziciji 110.).

Žice su označene kodnim brojem koji određuje namenu elemenata koji se povezuje ovom žicom, a zatim sledi kodni zapis boje žice (na primer: kodna oznaka žice 2080 O/R označava prekidač pedale kvačila (2080), narandžasta-crvena).

Na šemi je takođe prikazana živa na konektoru C318-7 (obojena je crvenom bojom). Šifra C318 pokazuje da se radi o konektoru 318 a vrednost 7 da je žica broj 7 na njoj. Proizvođači mašina, da bi se serviseri lakše snašli o kojem konektoru se radi, u tehničkoj dokumentaciji daju i slikovni prikaz gde se koji konektor nalazi, slika konektora i oznake žica na njoj (sl. 7.65.).

2: EL-2028-G
3: EL-2059-W/U
4: EL-1022E-N/R
5: EL-5200-N/R/B
6: EL-7070-R/L/G/B
7: EL-2041A-P/Y
8: EL-1000C-W/Y
9: EL-2016H-Y/G
10: EL-5000-P
11: EL-2012B-Y/O
12: EL-2025D-S/U
13: EL-2026E-S/R
14: EL-PC110-Y
15: EL-PC111-Y
16: EL-5060B-LN/O
17: EL-1013D-R
18: EL-810D-G/P
19: EL-3014F-R/K
21: EL-2015H-W/S
22: EL-2065-N/O/B
23: EL-3155-W/G
24: EL-5095-K/G

25: EL-5100-K/W
27: EL-2025B-S/U
29: EL-PC25-Y
30: EL-MG139-Y
31: EL-MG140-Y
32: EL-7525A-G/B/S
33: EL-7250-S/R/B
34: EL-7260-S/U/B
35: EL-7420-Y/P/B
36: EL-7430-Y/R/B
37: EL-5010G-B
38: EL-7050-R/G/B
39: EL-1130-N/S
40: EL-7070F-R/L/G/B
41: EL-830-B/U/S
42: EL-820-B/R/S
43: EL-1140-K/W/S
44: EL-1090-R
45: EL-1092-R
46: EL-1093-R
47: EL-1091-R
48: EL-CK36-U/R/B



Sl. 7.65. Identifikacija žice na konektoru

7.14.4. Elementi elektronskih sistema savremenih poljoprivrednih mašina

Elemente elektronskih sistema savremenih poljoprivrednih mašina čine:

- Elektronske upravljačke jedinice,
- Senzori (davači),
- Izvršni elementi (aktuatori),
- Releji,

- Električne instalacije i
- Elektronski komunikacioni sistem.

7.14.4.1. Elektronske upravljačke jedinice

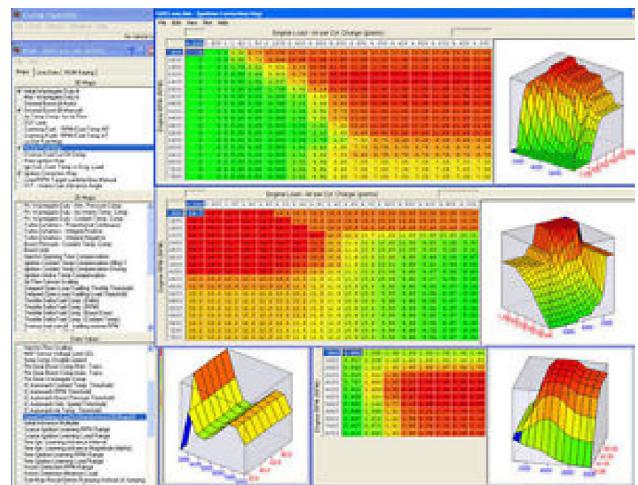
Elektronska upravljačka jedinica predstavlja kompjuter čiji je zadatak da na osnovu informacija koje dobija od različitih vrsta senzora (davača) sa mašine, optimizira radne procese i da nalog izvršnim elementima (aktuatorima) da obave neku akciju. Elektronska upravljačka jedinica predstavlja složeni elektronski sistem čiju strukturu čini centralna procesorska jedinica, D/A i A/D konvertori, fleš memorijski čip, brzi stabilizatori i filterska kola.

Centralna procesorska jedinica je integralno kolo povećane aritmetičke mogućnosti obrade signala. Zadatak A/D konvertora jeste prevođenje analognog u digitalni signal. Naime, digitalni signal (sastoji se od logičkih 0 i 1) je jedino procesorskoj jedinici razumljiv signal. S druge strane, senzori šalju analogni signal u vidu napona (0-5 V). D/A konvertor ima za cilj da digitalni signal dobijen od procesorske jedinice pretvori u izvršnom organu razumljiv analogni signal (npr. položaj solenoidnog ventila određen je veličinom napona koji mu je doveden).

Fleš memorijski čip sadrži matrice sa podacima o ponašanju sistema u zavisnosti od



Sl. 7.66. Kontrolna jedinica traktora John Deere serije 8000



Sl. 7.77. Matrice sadržane unutar flash memorijskog čipa

Šeširski čip sadrži matrice sa podacima o ponašanju sistema u zavisnosti od

podataka dobijenih od senzora (davača)¹⁶.

7.14.4.2. Senzori (davači)

Senzori su elementi elektronskog sistema čiji je zadatak da sakupljaju informacije o trenutnom stanju sistema i/ili željama rukovaoca mašine (npr. ukoliko rukovalac želi da poveća broj obrtaja motora, svoju želju saopštava elektronskoj kontrolnoj jedinici preko potenciometra postavljenog na papučici gasa) i šalju ih elektronskoj kontrolnoj jedinici¹⁷. Senzori se mogu podeliti na aktivne i pasivne.

Aktivni senzori su oni kod kojih je za generisanje naponskih impulsa neophodno da budu priključeni na izvor stabilne istosmerne stuje (5 V). U ovu grupu senzora spadaju senzor položaja ručice gase, senzor temperature motora, goriva, vazduha... Pasivni su oni senzori koji naponske impulse generišu promenom elektromagnetskih osobina sredine u kojoj se nalaze. U ovu grupu spada senzor broja obrtaja kolenastog vratila motora.

Takođe senzori se mogu podeliti na:

- Senzore sa dva priključka (otpornog tipa-senzori temperature i induktivnog tipa- senzor broja obrtaja kolenastog vratila motora) i
- Senzore sa tri priključka (otpornog tipa-senzor položaja ručice gase, senzori sa Halovim efektom-senzor položaja bregastog vratila i senzori sa mernim trakama ili piezo elementima senzori pritiska, opterećenja podiznih poluga)

Senzor temperature

Savremene poljoprivredne mašine imaju veći broj senzora čiji je zadatak da elektronsku kontrolnu jedinicu snabdeva informacijama o aktuelnoj temperaturi (senzor temperature rashladne tečnosti –ECT ili CTS, senzor temperature goriva – EFT, senzor temperature izduvnih gasova –EGT, senzor temperature ulja – OET, senzor temperature usisnog vazduha – IAT, senzor temperature cilindarske glave motora – CHT, senzor temperature hidrauličnog ulja-HOT...).

¹⁶ „*Chip tuning*“ (čipovanje) predstavlja izmenu podataka sadržanih unutar matrica fleš memorijskog čipa, a sa ciljem poboljšanja performansi motora (povećanja obrtnog momenta, snage, optimiziranja potrošnje goriva...)

¹⁷ NAPOMENA: Pre početka testiranja senzora, neophodno je uveriti se da su kućište senzora, konektor i žice u ispravnom stanju (proveriti da li postoje pukotine ili deformacije senzora). Ovo svakako ne znači da je senzor ispravan ali predstavlja osnovnu pretpostavku za nastavak ispitivanja.



ECT



CHT



IAT



OET



EFT



EGT



HOT

© partsplaceinc.com

SL. 7.78. Senzori temperature

Neispravnost senzora dovodi do grešaka koje se manifestuju otežanim startovanjem motora, povećanom potrošnjom goriva i sl. U tabeli 7.6. date su neispravnosti nastale kao posledica kvara na nekom od senzora.

Tab. 7.6. Manifestacija neispravnosti različitih vrsta senzora (izvor: Gunić N. Dijagnostika elektronskih sistema motornih vozila)

Senzor	Vrsta manifestovane neispravnosti
ECT, CTS	Otežano startovanje motora, bogata ili siromašna radna smeša, otežan rad motora
CHT	Otežano startovanje motora, bogata ili siromašna radna smeša, otežan rad motora
IAT	Težak start zagrejanog motora, povećana potrošnja goriva
OET	Servisni režim rada motora, prestanak rada motora
EFT	Otežan rad motora u praznom hodu, otežan hladni start motora, smanjena snaga motora, bogata smeša
EGT	Smanjena snaga motora, pregrevanje izduvnog bloka, topljenje i zagušenje katalitičkih konvertora

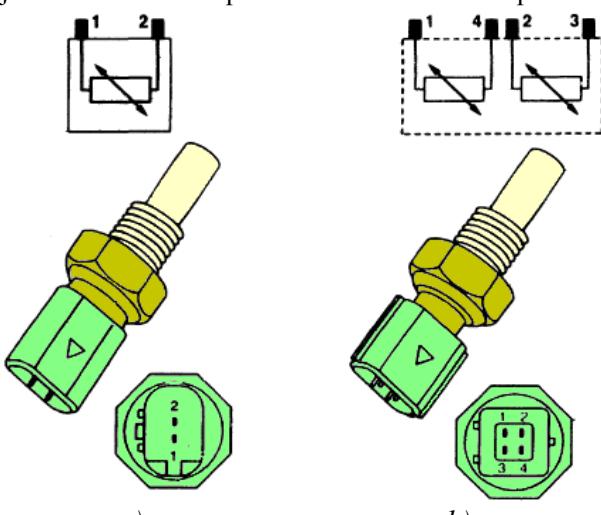
Senzor temperature daje kontrolnoj upravljačkoj jedinici podatke o trenutnoj

temperaturi. Ovaj senzor vezuje se redno sa otpornikom konstantne otpornosti, smeštenim u kućište elektronske kontrolne jedinice. Senzor se napaja konstantnim naponom od 5 V. Promenom temperature ovaj senzor menja otpornost, što dovodi do preraspodele napona. Na osnovu promene napona elektronska kontrolna jedinica određuje temperaturu. Unutar senzora nalazi se NTC element (termistor) sa negativnim temperaturnim koeficijentom. NTC element smešten je u vodonepropusno kućište sa jednim ili dva električna izvoda i zaliven je epoksidnom masom. U kućištima senzora mogu se nalaziti dva NTC elementa sa ulogom istovremenog merenja temperature za potrebe kontrolne upravljačke jedinice i pokazivača temperature na instrument panelu.

Temperaturno osetljivi otpornici (NTC) koji se koriste za senzore imaju logaritamsku karakteristiku (otpor im se menja u zavisnosti od temperature po logaritamskoj funkciji).

Elektronska upravljačka jedinica generiše kod kvara senzora u slučajevima kada napon signala izade iz radnog opsega od 0,2 do 4,8V. Kada je napon signala na senzoru 5V to znači da je veza elektronske jedinice sa senzorom prekinuta. Kada je 0V to znači da je senzor u kratkom spoju.

Procedura ispitivanja senzora podrazumeva kontrolu napona napajanja na konektoru senzora. Nakon skidanja konektora sa senzora napon napajanja treba da iznosi 5V (kod John Deere-5,5 V). Ukoliko napon nije 5V ili značajno odstupa od ove vrednosti,



Sl. 7.79. Senzor temperature
a-sa jednim NTC elementom.b-sa dva NTC elementa

Tab. 7.7. Karakteristike senzora temperature goriva traktora John Deere serije 8000

Temperatura (°C)	Otpor (Ω)
100	186
80	327
60	600
40	1180
20	2500
0	5840
-20	15300

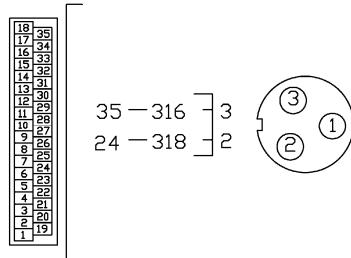
NAPOMENA: Izmereni otpor ispod 50 Ω ukazuje na kratak spoj unutar senzora. Otpor veći od 50000 Ω ukazuje da je senzor u prekidu. U oba slučaja potrebno je zameniti senzor.

potrebno je proveriti vezu konektora sa upravljačkom jedinicom. Veza senzora sa masom kontroliše se na taj način što se skine konektor sa senzora (dok motor radi) i proveri napon između odgovarajućeg kontakta na konektoru i mase. Napon ne sme biti veći od 0,1V. Ukoliko je ovaj napon veći od ove vrednosti to ukazuje na loš kontakt senzora sa masom elektronske jedinice ili loš kontakt elektronske jedinice sa masom.

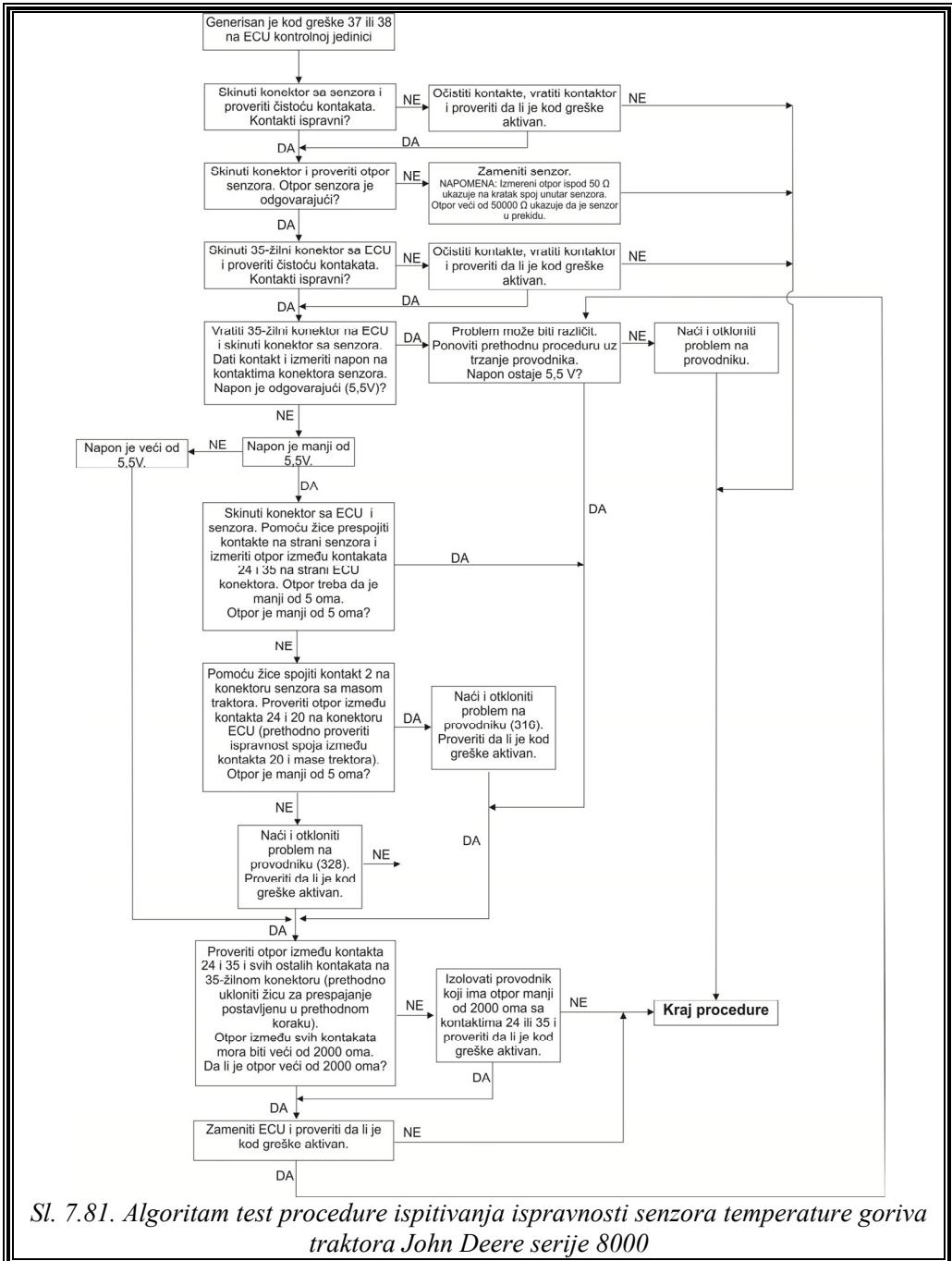
Međutim, tokom rada može doći do poremećaja u otpornosti NTC elementa, što kontrolna jedinica neće prepoznati kao kvar (jer se izlazni napon nalazi u radnom opsegu). Ovakva neispravnost će se manifestovati otežanim radom motora. Poremećaj otpornosti senzora na različitim temperaturama utvrđuje se na taj način što se skine senzor, postavi u posudu sa vodom na temperaturi 20°C i unimerom izmeri otpor, nakon toga voda se zgreje na temperaturu od 80°C i ponovo izmeri otpor između kontakta na senzoru. Izmereni otpor treba da se nalazi u okviru vrednosti datih u tehničkoj dokumentaciji.

PRIMER: Traktor je generisao grešku koda ECU37 ili ECU38 koja ukazuje na neispravnost senzora temperature goriva. Kontakti 2 i 3 senzora spojeni su žicama broj 318 i 316 sa kontaktima 24 i 35, 35-žilnog konektora ECU kontrolne jedinice. Karakteristike otpornosti senzora na različitim temperaturama data je u tabeli 7.7.

Za traženje uzroka generisanja kodova grešaka potrebno je postupiti prema algoritmu koji je dat u nastavku (sl. 7.81.).



Sl. 7.80. Šema povezivanja
senzora temperature goriva I
ECU kontrolne jedinice



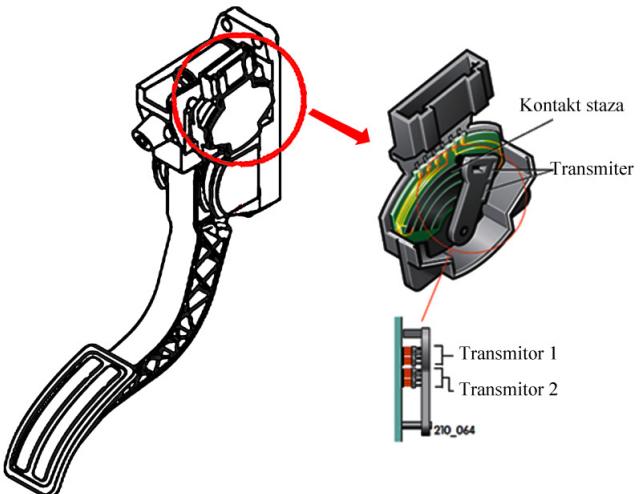
Sl. 7.81. Algoritam test procedure ispitivanja ispravnosti senzora temperature goriva traktora John Deere serije 8000

Potenciometarski senzori

Potenciometri su senzori promenljivog otpora. Kod ovih vrsta senzora otpor se menja u zavisnosti od položaja klizača. Zavisno od položaja klizača dolazi do promene jačine struje i promene napona na izlaznom električnom priključku. Ovi senzori spadaju u grupu pasivnih, otpornih senzora sa tri izvoda. U ovu grupu senzora spadaju senzor položaja ručice (papučice) gasa (APP – Acceleration Pedal Position), potenciometar za regulaciju visine dizanja podiznih poluga (ALP), senzor količine goriva u rezervoaru, potenciometar za regulaciju brzine propadanja (spuštanja) podiznih poluga (ALS), senzor položaja podiznih poluga...



Sl. 7.82. Potenciometarski senzori



Sl. 7.83. Senzor položaja pedale gasa

Osnovu potenciometra čini telo izrađeno od izolacionog materijala na koje je nanešen tanak sloj otporne mase (kontakt staza). Na svakom kraju tela (otporne mase) nalazi se po jedan priključak. Treći priključak (transmitor) je povezan sa obrtnim klizačem koji se kreće duž izolatorskog tela sa izolatorskom masom.

Neispravnost ovog senzora dovodi do nepravilnog rada pojedinih sistema.

Tab. 7.8. Manifestacija neispravnosti različitih vrsta

Senzor	Vrsta manifestovane neispravnosti
APP	Povremeni trzaji pri promeni broja obrtaja motora, sigurnosni režim rada motora
ALP	Otežano ravnomerno podizanje podiznih poluga, povremeni trzaji
ALS	Onemogućeno fino podešavanja brzine spuštanja podiznih poluga

Ispitivanje ispravnosti potenciometarskog senzora moguće je vršiti unimetrom ili dijagnostičkim uređajem. Tokom ispitivanja ispravnosti senzora unimerom, potrebno je najpre utvrditi dva priključka između kojih je najveći otpor. Treći priključak je izvod klizača. Jednu pipalicu unimera postaviti na jedan od dva priključka na kojima je utvrđen najveći otpor, a drugu na treći izvod (izvod klizača). Okretanjem (zakretanjem) klizača potenciometarskog senzora očitani otpor treba da se kontinuirano menja od minimalne do maksimalne vrednosti. Ukoliko tokom zakretanja klizača unimer pokaže vrednost maksimalnog otpora, to znači da je otporna deonica u prekidu ili da je u toj zoni klizač ne dodiruje.

Najčešći kvar potenciometarskog senzora je mehaničko oštećenja otpornog sloja. Naime, usled čestog korišćenja dolazi do habanja otpornog sloja što dovodi do nepotpunog naleganja klizača na njega. Opravku potenciometarskog senzora moguće je izvršiti otvaranjem njegovog tela, čišćenjem elemenata senzora i mazanjem kontaktora elektroprovodljivom mašcu. Nakon sklapanja senzora potrebno ga je ponovo ispitati. Ukoliko se merenjem ponovo utvrdi neispravnost, senzor je potrebno zamjeniti.

Induktivni senzori

Induktivni senzori rade na principu elektromagnetne indukcije. Sastoje se od magnetnog jezgra i zavojnice postavljene oko jezgra. Senzor se postavlja naspram nazubljenog točka. Okretanjem nazubljenog točka dolazi do promene magnetnog polja u zavojnici senzora (nailaskom zuba naspram senzora). Indukovana struja je signal koji se šalje ECU jedinicu. Signal ima oblik sinusoide (naponska promena talasnog oblika). Frekvencija sinusoide proporcionalna je brzini obrtanja nazubljenog točka, a amplituda direktno zavisi od jačine magnetnog polja stalnog magneta i udaljenosti davača od čela zuba nazubljenog točka.

Ovi senzori se koriste kao senzori položaja i broja obrtaja bregastog i kolenastog vratila, davači položaja igle brizgaljke, senzori brzine obrtanja radnih elemenata kombajna, presa, sejalica i drugih poljoprivrednih mašina.

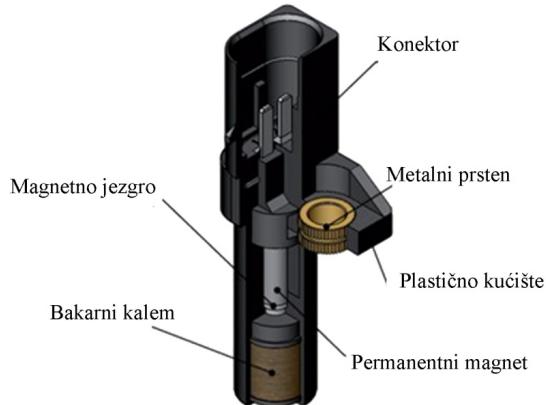
Testiranje ispravnosti induktivnog senzora obavlja se u toku rada (npr. motora) pri čemu senzor može ali ne mora biti vezan za upravljačku jedinicu. Kontrola senzora se vrši korišćenjem osciloskopa kako bi se utvrdila simetričnost generisanog signala. Za ispitivanje je moguće koristiti voltmetar (izborom opsega merenja naizmenične struje – AC) ali samo za detektovanje postojanja signala. Naime, ovi senzori spadaju u grupu aktivnih senzora (ne zahtevaju napajanje). Tokom korišćenja osciloskopa za ispitivanje senzora, pipalice osciloskopa potrebno je staviti na odgovarajuće kontakte senzora. Okretanjem nazubljenog točka dobija se talasni oblik signala senzora zavisao od oblika zuba točka. Amplituda i frekvencija signala menja se u zavisnosti od promene broja obrtaja (raste sa povećanjem broja obrtaja).



a)



b)

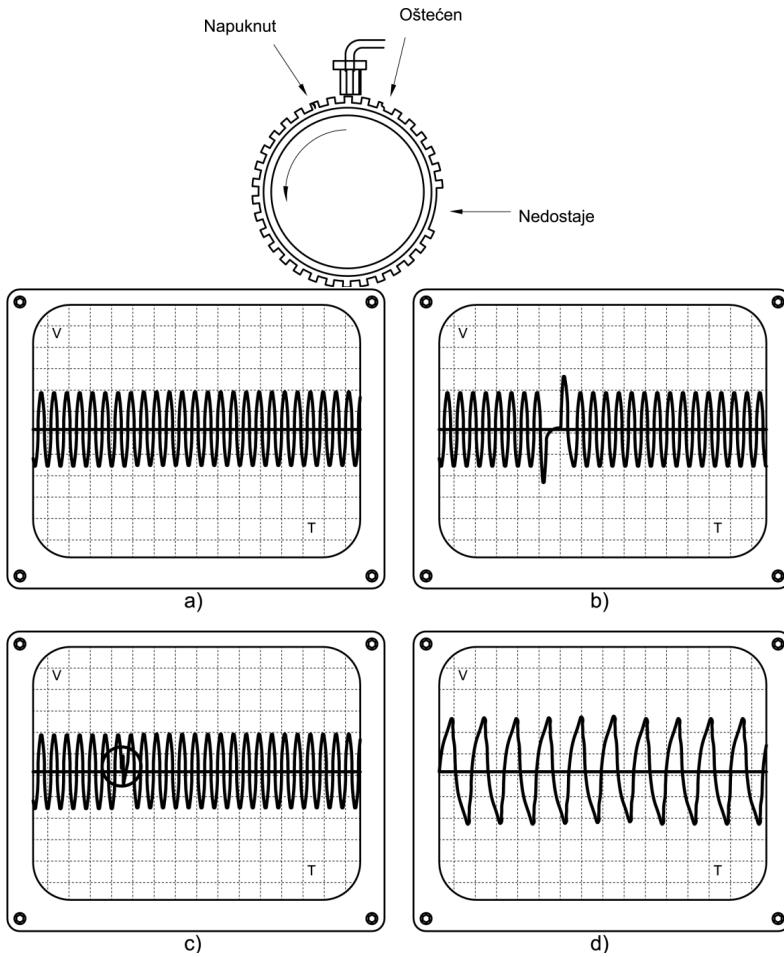


c)

Sl. 7.84. Induktivni senzori

a-fizički izgled senzora, b-senzor na kombajnu John Deere, c-struktura senzora

Neispravnost induktivnog senzora manifestuje se potpunim izostankom ili neadekvatnim oblikom signala. Amplituda signala zavisi od udaljenosti senzora od nazubljenog točka. Ukoliko se utvrdi neodgovarajuća amplituda signala, potrebno je proveriti zazor između senzora i zubaca nazubljenog točka. (Napomena: Ukoliko je zazor između ovog senzora i nazubljenog venca kolenastog vratila isuviše velik, može doći do otežanog startovanja motora. Zazor treba da je u granicama 0,25 do 0,5 mm. Takođe problem prilikom startovanja može nastati i u slučajevima kada je broj obrtaja motora isuviše nizak te ECU jedinica nije u mogućnosti da registruje prisustvo senzora. Podatak o položaju kolenastog vratila koji ECU jedinica dobija od ovog senzora neophodan je da bi se motor mogao startovati (da ECU jedinica zna kada da pošalje signal injektorima da ubrizgaju gorivo)).



Sl. 7.85. Oblik signala induktivnog senzora

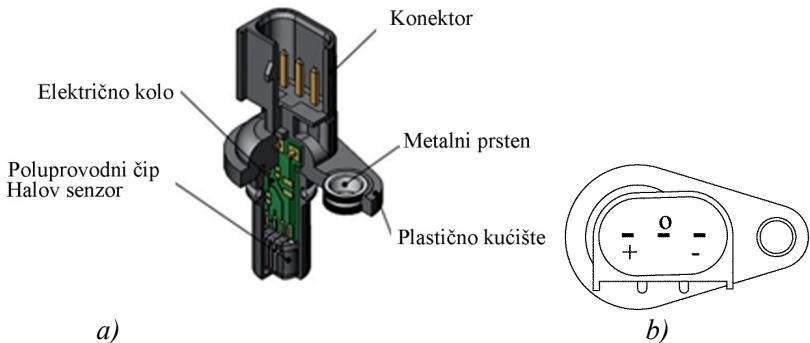
a-normalni signal, b-signal davača broja obrtaja kolenastog vratila (nedostaju dva zupca), c-napuknut zubac, d-oštećeni zupci

Na slici 7.85b. prikazan je oscilogram induktivnog davača kolenastog vratila motora. Sa slike se uočava simetričan oblik sinusoide. Kod impulsnog (nazubljenog) točka sa 60 minus 2 zuba indukuje se naizmenični napon na svaka 3° kolenastog vratila motora. Otvor od dva nedostajuća zuba prouzrokuje da se ne indukuje napon u senzoru, što ECU koristi za prepoznavanje položaja kolenastog vratila motora. Za sinhronizaciju ubrizgavanja potrebno je da motor ima još jedan senzor na bregastom vratilu. Kod njega se generiše samo jedan signal po radnom taktu koji se mora poklapati sa referentnom tačkom prvog cilindra.

Senzori sa Halovim efektom

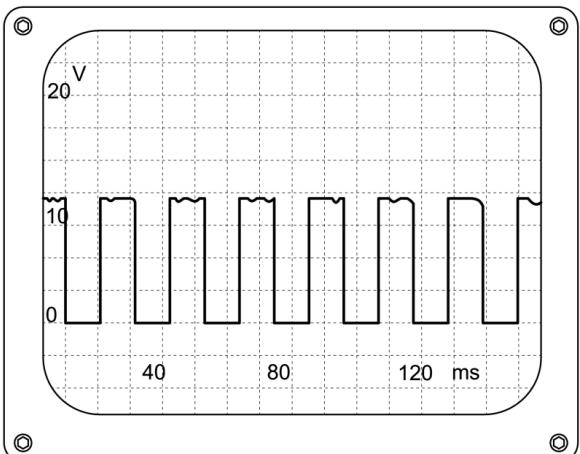
Senzori sa halovim efektom koriste se merenje ugaone brzine, broja obrtaja i položaja. Ovog tipa je senzor položaja bregastog vratila, kolenastog vratila...

Za razliku od induktivnih senzora koji su aktivnog tipa, senzori sa Halovim efektom su pasivni, odnosno zahtevaju spoljno napajanje. Senzor se napaja iz ECU jedinice naponom napajanja 5 ili 12 V. Unutar senzora sa Halovim efektom nalazi se hibridno integrисano kolo sa Halovom pločicom. Halov element izložen pulsirajućem magnetnom polju vrši prekidanje napona napajanja generišući povorku impulsa. Amplituda dobijenog signala jednak je naponu napajanja (5-12 V) senzora.



Sl. 7.86. Senzor sa halovim efektom
a-struktura senzora, b-konektor senzora

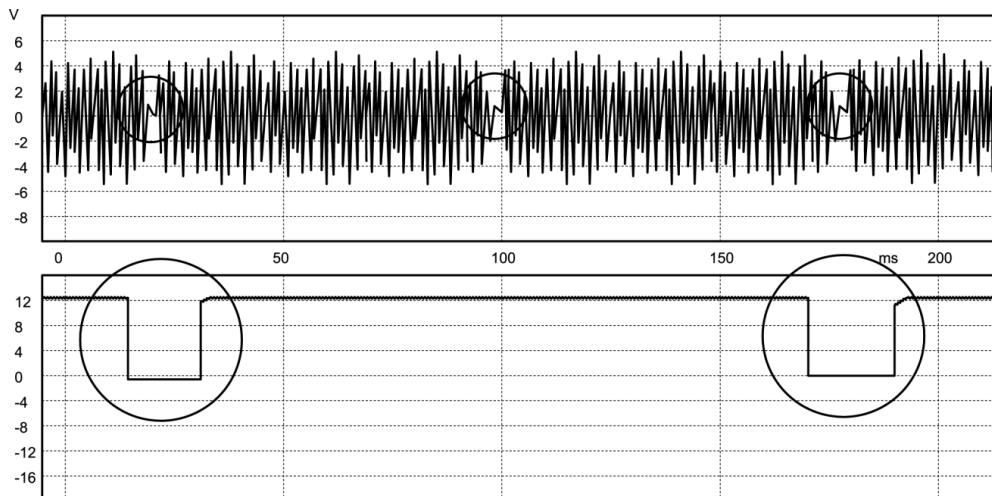
Senzor sa Halovim efektom ima tri kontakta (napajanje -“+”, spoj senzora sa masom - „-“, i signal senzora -„0“; sl. 7.86.). Pre početka testiranja potrebno je proveriti kontakte priključnog kabla. Napajanje senzora vrši se preko ECU ili preko kontakt brave vozila. Senzor sa masom ostvaruje kontakt direktno ili preko ECU jedinice. Kontrola senzora podrazumeva merenje napojnog napona (5-12 V) i kontrolu ispravnosti mase. Maksimalan napon na kontaktu za spoj sa masom mora biti manji od 0,1 V (ukoliko je napon veći to može biti posledica lošeg spoja sa masom). Nakon toga kontroliše se izlazni napon sa kontakta za signal (0). Signalni napon se meri



Sl. 7.87. Signal senzora sa Halovim efektom (12,6 V referentni napon napajanja, 0V impuls)

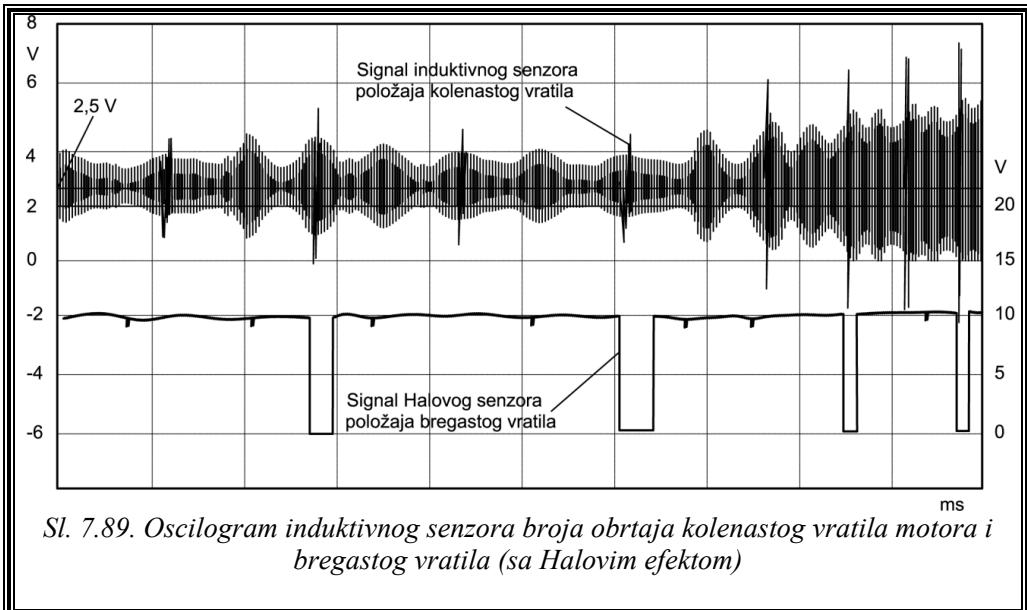
osciloskopom ili multimerom sa biračem u položaju merenja frekvencije (“duty circle”). Amplituda izlaznog signala treba da odgovara naponu ulaznog a ispunjenost signala ispravnog senzora treba da je 50% bez obzira na broj obrtaja motora. Ukoliko senzor ne generiše signal, proveriti konektore, a zatim i zameniti senzor.

Na slici 7.88. prikazan je ispravan oscilogram senzora kolenastog vratila motora (induktivni senzor – sinusoida je simetrična) i senzora položaja bregastog vratila (senzor sa Halovim efektom). Sa slike se jasno vidi da se pri dva obrtaja kolenastog vratila, bregasto okrene jedanput.



Sl. 7.88. Oscilogram broja obrtaja i položaja kolenastog vratila (induktivni senzor) i položaja bregastog vratila (senzor sa halovim efektom)

Primer: *Jeep Cherokee* 2.5L CRD imao je problem sa startovanjem motora (dug period startovanja, otežan rad motora). Urađena je dijagnostika senzora broja obrtaja kolenastog vratila motora (induktivni davač) i senzora položaja bregastog vratila sa Halovim efektom. Naizgled oscilogram senzora kolenastog vratila motora pokazivao je simetričnu sinusoidu. Prvi deo sinusoide (sa nižim vrednostima amplitudne) predstavlja startovanje motora. Desni deo oscilograma (deo sa višom amplitudom) je faza nakon startovanja motora. Problem je nastao kao posledica neispravnosti induktivnog senzora broja obrtaja motora. Naime, i pored toga što je signal koji šalje induktivni senzor broja obrtaja motora simetričan, problem u radu motora je bio taj što simetričnost nije bila oko 0V već oko 2,5V.



Sl. 7.89. Oscilogram induktivnog senzora broja obrtaja kolenastog vratila motora i bregastog vratila (sa Halovim efektom)

Prekidački senzori

Prekidači su vrsta davača koji elektronskoj kontrolnoj jedinici daju podatak o promeni stanja. Delovanjem neke fizičke sile električno stanje prekidača se menja iz potpuno prekinuto u potpuno provodno. Ovim davačima saopštava se napon od 5 ili 12 V koji u potpuno nepromjenjenom stanju izlazi iz davača.

Prekidački davači u osnovi se mogu podeliti na: prekidač, taster i višepolni prekidač.

Senzori prekidačkog tipa mogu biti normalno otvoreni (strujno kolo je otvoreno) ili normalno zatvoreni (strujno kolo je zatvoreno).

U ovu grupu spadaju prekidač pritiska ulja (motora, hidraulično transmisionog ulja...), prekidač kočione pedale, senzor zaprljanosti filtera...

Prekidač pritiska ulja obično se koristi da direktno aktivira svetlosni signal upozorenja na vozačevoj instrument tabli ili šalje signal elektronskoj kontrolnoj jedinici da je pritisak ispod dozvoljenog nivoa. Prekidač granične vrednosti pritiska ulja radi samo pomoću elastične membrane ili pokretne dijafragme sa oprugom. Dejstvom kritičnog pritiska na membranu (dijafragmu) dolazi do uključivanja ili isključivanja prekidača (zavisno od tipa „normalno uključenog“ ili „normalno isključenog“). Vrednost kritičnog pritiska individualna je za svaki tip sistema u koji se ugrađuje (kod motora



Sl. 7.90. Prekidač pritiska ulja

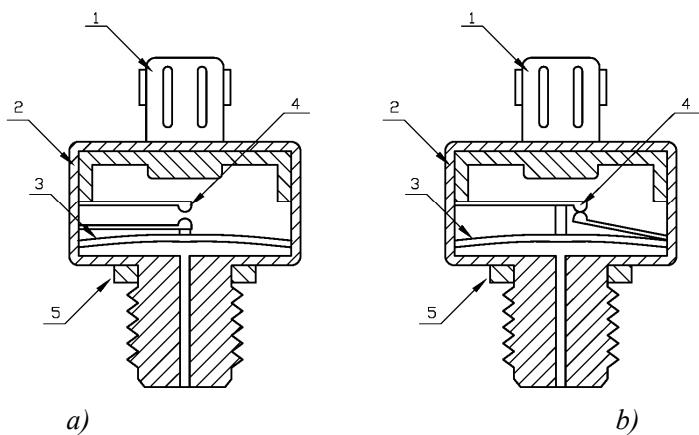
SUS ova vrednost se obično kreće u granicama od 0,25 do 0,75 bara.

Test procedura ispitivanja ispravnosti prekidača vrši se tako što se najpre utvrdi postojanje napajanja prekidača (5V do 12V). Pre merenja potrebno je skinuti konektor sa senzora. Prekidač pritiska ulja izrađuje se sa jednim ili dva

kontakta (žice). Kod jednožilnih prekidača (senzora pritiska) napon se meri između kontakta i mase, a kod dvožilnih između dva kontakta unutar kontaktora. Ukoliko se ne utvrdi postojanje napona (ili napon ne odgovara vrednosti koju propisuje proizvođač) potrebno je izvršiti proveru veze prekidača sa kontrolnom jedinicom. Ukoliko se utvrdi odgovarajući napon na konektoru prekidača, vrši se kontrola ispravnosti prekidača. Ispravnost prekidača može se odrediti merenjem otpora ili napona na prekidaču. Kod „normalno otvorenih“ prekidača otpor bi trebalo da bude beskonačno velik, a kod „normalno zatvorenih“ 1-2 Ω. Nakon toga potrebno je izazvati promenu stanja prekidača (kod prekidača pritiska ulja startovati motor, kod prekidača pedale kočnice pritisnuti kočnicu, kod taster prekidača pritisnuti taster...) i izmeriti otpor. Nakon promene stanja prekidača kod „normalno otvorenih“ otpor bi trebalo da ima vrednost 1-2 Ω, a kod „normalno zatvorenih“ beskonačno velika.

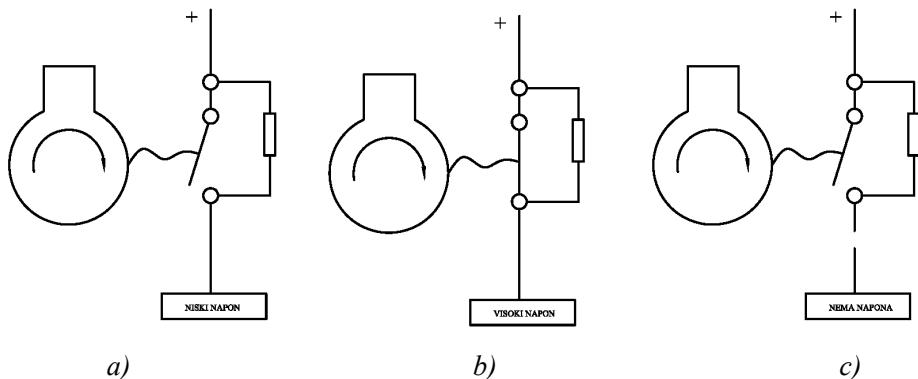
Ukoliko se meri promena napona, tada kod prekidača kada je ovoren potrebno je da napon između kontakata bude 5-12 V (zavisno od preporuke proizvođača), a nakon zatvaranja 0V.

Zbog velike odgovornosti prekidača pritiska ulja u motoru, neki proizvođači u prekidaču stavljuju otpornik u paralelnu vezu koja omogućava da kontrolna jedinica proverava ispravnost strujnog kola. Naime, bez postojanja otpornika u paralelnoj vezi, s obzirom da je senzor pritiska normalno zatvorenog tipa, kada se dostigne odgovarajući pritisak prekidač se otvara, a time se otvara i strujno kolo (ECU jedinica ne dobija signal-napon). Međutim, ukoliko tokom rada dođe do prekida u strujnom kolu (otkači se žica sa prekidača) ECU jedinica neće imati informaciju o padu pritiska (ako do njega dođe). Iz tog razloga postavlja se otpornik u paralelnoj vezi sa prekidačem koji omogućava da ECU stalno detektuje niski napon (0,5 V) koji joj daje



Sl. 7.91. Prekidač protiska ulja
 a) normalno otvorenog tipa, b) normalno zatvorenog tipa
 1-Konektor, 2-kućište senzora, 3-membrana, 4-kontaktori, 5-zaptivka

informaciju da je strujno kolo u prekidaču ispravno.



Sl. 7.92. Primer detekcije kvara u električnom kolu (Opelnica S., 2001)

- a) ECU jedinica detektuje niski napon 0,5-1V (strujno kolo je ispravno, pritisak je odgovarajući),
- b) ECU jedinica detektuje visoki napon 5-12V (strujno kolo je ispravno, pritisak nije odgovarajući – šalje informaciju rukovaocu da zaustavi motor),
- c) ECU jedinica ne detektuje napon (strujno kolo je u prekidu, šalje informaciju rukovaocu da nema informaciju o pritisku i generiše kod greške)

Senzor visokog pritiska

Senzor visokog pritiska snabdeva kontrolnu jedinicu motora informacijama o pritisku fluida. Ovakav senzor ugrađuje se kao senzor pritiska ulja (motorno, hidraulično-transmisiono...), pritiska goriva... Ovaj senzor posebno je od značaja kod „common rail“ sistema ubrizgavanja. Naime, na osnovu ove unformacije ECU jedinica određuje momenat i vreme otvaranja injektor-a. U sastavu senzora se nalazi hibridno elektronsko kolo koje obrađuje signal dobijen od piezorezistivnog elementa i kao naponsku promenu ga šalje elektronskoj upravljačkoj jedinici. Naime, povećanje pritiska na piezorezistivnom elementu dovodi do pojave napona proporcionalnog visini pritiska (0,5-4,5 V).



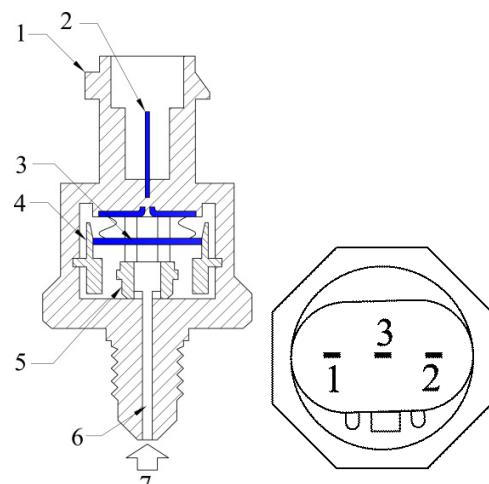
Sl. 7.93. Senzor pritiska

Sl. 7.94. Piezo efekat

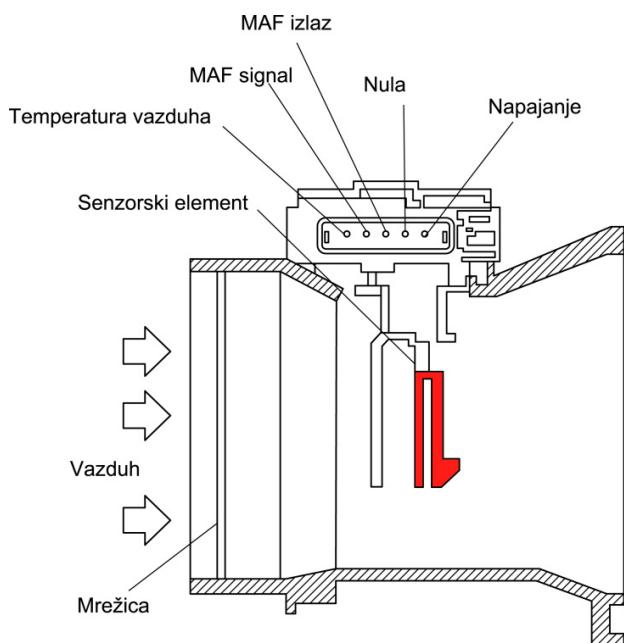
Test ispravnosti senzora pritiska započinje merenjem napona između kontakta 1 u kontaktoru i mase vozila. Vrednost izmerenog napona treba da je 5 V. Ukoliko izmereni napon ne odgovara ovoj vrednosti, potrebno je proveriti kontakt provodnika sa ECU jedinicom i/ili ispravnost provodnika. Ukoliko je napon odgovarajući, proverava se ispravnost veze konektora senzora sa masom, merenjem napona između pozitivnog pola akumulatora i kontakta 3 unutar konektora senzora (izmereni napon treba da je 12,6 V). Ukoliko izmereni napon ne odgovara ovoj vrednosti, proveriti kontakt provodnika sa ECU jedinicom i/ili ispravnost provodnika, uzemljenje ECU jedinice i napon akumulatora. Nakon toga proverava se izlazni napon (signal) između kontakta 2 i 3. Izlazni napon treba da je u granicama 0,5-4,5 V zavisno od pritiska saopštenog senzoru (napon zavisi od karakteristike senzora koju daje proizvođač u radioničkom uputstvu).

Senzor mase usisanog vazduha sa vrelom žicom (MAF)

Senzor mase sa vrelom žicom kao merni element koristi vrelu žicu smeštenu u usisnu granu. Vazduh koji se usisava opstrujava



Sl. 7.95. Senzor visokog pritiska (Bosch)
1-kućište, 2-električni priključak, 3-hibridno integralno kolo, 4-nosač integralnog kola, 5-senzorski element (kućište sa piezo-rezistivnim elementom), 6-fluid pod pritiskom, 7-ulazni otvor



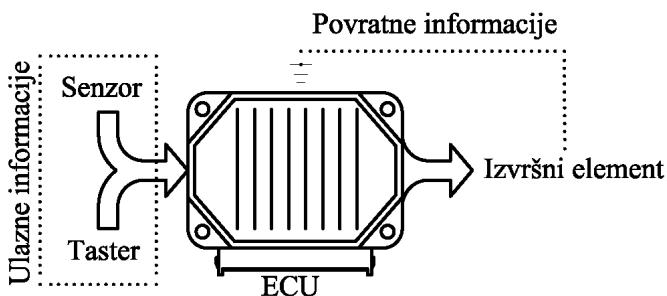
Sl. 7.96. MAF senzor

užarenu žicu i hlađi je. Što je veći protok vazduha, to je potrebna veća količina energije za održavanje temperature užarene žice. U kućištu senzora nalazi se elektronski sklop čiji je zadatak da temperaturu žice održava konstantnom. Na osnovu utrošene energije (veličine struje) potrebne za održavanje temperaturu ECU jedinica određuje protok vazduha. Na identičnom principu rade i senzori sa vrelim filmom. Unutar ovih senzora nalazi se i senzor temperature koji određuje temperaturu usisanog vazduha. Konektor senzora protoka sa vrelom žicom ima pet kontakata (žica).

Testiranje MAF senzora započinje kontrolom napajanja senzora, tako što se ugasi motor, diskonektuje konektor i pipalice unimera postave između žica „napajanje“ i „nula“ (na konektoru). Izmereni napon treba da je 10,5 V ili veći. Ukoliko nije, proveriti vezu konektora sa napajanjem. Zatim se kontroliše kratak spoj između kontaktora MAF senzora i uzemljenja. Kontrola se vrši tako što se pipalice unimera postave između MAF signala i MAF izlaza, kao i između MAF signala i uzemljenja i izmeri veličina otpora. Izmereni otpor treba da je 10.000Ω ili veći. Ukoliko ovo nije slučaj greška može biti na žicama do kontrolne jedinice ili na samoj kontrolnoj jedinici. Na kraju se testira napon na kontaktu MAF senzor. Ispitivanje se vrši tako što se kontaktor vrati na senzor i izmeri napon između kontakta MAF senzor i negativnog pola akumulatora. Izmereni napon treba da je u granicama 0,2-1,5 V. Ukoliko ovo nije slučaj MAF senzor verovatno nije ispravan.

7.14.4.3. Izvršni elementi (aktuatori)

Izvršni elementi (aktuatori) su elementi elektronskih sistema upravljanja čiji je zadatak da izvrše neku akciju. Aktuatorima upravlja kontrolna jedinica, na osnovu informacija o trenutnom stanju sistema i/ili želja rukovaoca (informacije dobija od senzora i/ili tastera) i matrica podataka smeštenih u fles memoriji kontrolne jedinice.



Sl. 7.97. Komunikacija ECU sa senzorima i actuatorima

Na savremenim poljoprivrednim mašinama ugrađuje se veliki broj izvršnih elemenata kao što su: grejači, elektromagnetski ventili, brizgaljke (injektori), EGR ventili (exhaust gas recirculation-ventil za recirkulaciju izduvnih gasova).

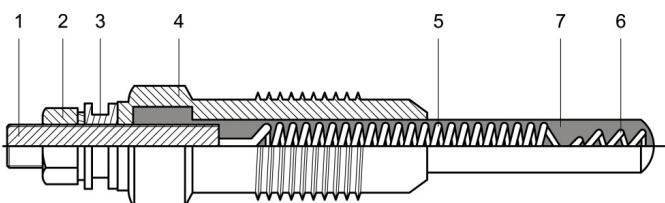
Grejači

Grejači su izvršni elementi elektronskih sistema čiji je zadatak da dodatno zagreju vazduh u cilindru motora, a kako bi se obezbedilo efikasno startovanje motora (hladni

start), mirniji rad i niža emisija izduvnih gasova pri praznom hodu motora (ler), kao i efikasnija regeneracija DPF (Diesel Particulate Filter-filtera čestica čadi).

Grejač se sastoji od kućišta, unutar koga se nalazi spiralni termogeni otpornik (grejač), koji je jednim svojim krajem povezan sa kućištem (veza sa masom), a drugim krajem za PTC element. PTC je regulacioni element povezan za električni priključak. Priključak grejača se napaja strujom napona 12 V. Uključivanjem radnog napona, zagreva se grejač i PTC element, čime se PTC elementu povećava otpornost (pozitivan temperaturni koeficijent). Povećanje otpora unutar PTC elementa omogućava samoregulaciju temperature i zaštitu grejača od pregravanja.

Test ispravnosti grejača sprovodi se merenjem napona napajanja (12 V) i otpornosti između priključka i kućišta grejača. Otpor ispravnog grejača je ispod 1 Ω. Radom grejača upravlja ECU jedinica preko releja (o relejima će biti nešto više kasnije u tekstu).



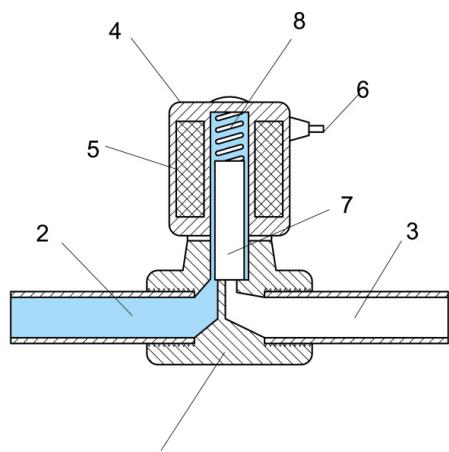
Sl. 7.98. Grejač
1-električni priključak (+pol), 2-navrtka, 3-izolacija, 4-kućište grejača, 5-PTC element, 6-grejni element, 7-ispluna (MgO)

Elektromagnetni (solenoidni) ventili

Elektromagnetni (solenoidni) ventili su elektromehanički uređaji čiji je zadatak da otvaraju i zatvaraju protok fluida (tečnosti ili vazduha) i regulišu njihov pritisak i protok. Kod elektromagnetnih ventila neispravnost može nastati usled tehničkog kvara na njegovom mehaničkom (ventil se zaglavljuje, ne zaptiva...) i električnom delu.

Elektromagnetni ventil se sastoji od kućišta (4, sl. 7.99.), zavojnice (5), kotve (7) sa oprugom (8) i električnog priključka (6). Napajanje zavojnice (radnim naponom 12-14V) nastaje magnetno polje koje savladava dejstvo opruge i povlači kotvu, koja je kruto vezana sa iglom (klipom) mehaničkog dela ventila.

Elektromagnetni ventili se koriste za regulaciju pritiska u CR sistemu,

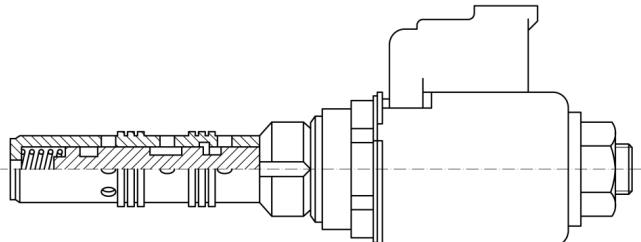


Sl. 7.99. Elektromagnetni ventil
1-kućište ventila, 2-dotok fluida do ventila, 3-izlaz fluida iz ventila, 4-kućište elektromagneta, 5-zavojnica, 6-električni priključak, 7-kotva, 8-opruga, 9-kanal za protok fluida nakon pomeranja kotve

otvaranje/zatvaranje toka goriva ka pumpi visokog pritiska, upravljanje hidraulikom, transmisijom...

U osnovi se razlikuju dve vrste ventila:

- Ventil napajan stalnim naponom od 12 V (ima dva položaja – otvoren i zatvoren) i
- Ventil sa impulsnim napajanjem (PWM) – proporcionalni ventil



Sl. 7.100. Ventil sa impulsnim napajanjem (PWM)

Kod proporcionalnih

ventila moguća je fina regulacija položaja kotve i vremena. Ovakav tip ventila ima široku uoprebu kod uključivanja pojedinih stepena prenosa u „power shift“ transmisiji. Postepeno otvaranje ventila omogućava blago uključivanje pojedinog stepena prenosa (bez naglih udara).

Najčešće neispravnosti koje se mogu javiti kod elektromagnetskih ventila su:

- kratak spoj namotaja,
- prekid u namotaju,
- zaglavljena kotva.

Elektromagnetski ventil se napaja strujom napona (12-14V). Otpor između dva kontakta treba da je $40-50 \Omega^{18}$. Ukoliko je otpor manji od 5Ω to je znak da je izolacija radnog namotaja probila (ovaj kvar obično prati pregorevanje osigurača). Ako je vrednost otpora beskonačna, to je znak da je namotaj u prekidu.

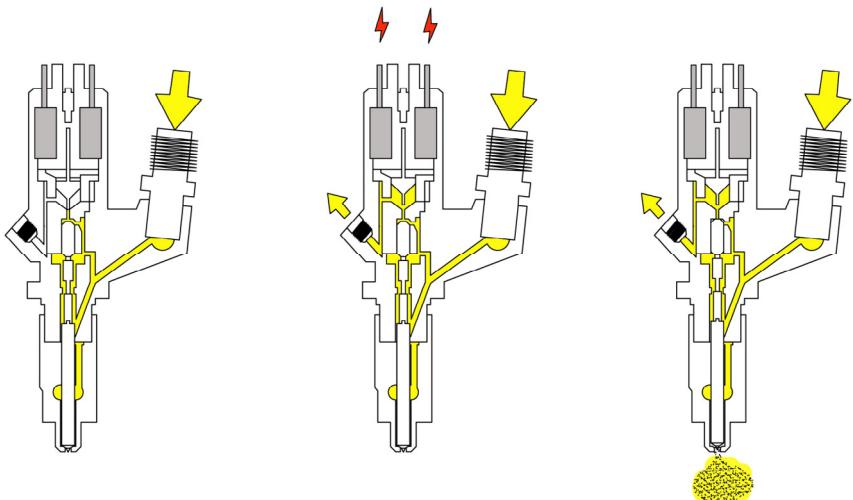
Brizgaljke

Kod „common rail“ sistema zastupljen je isključivo sekvencionalni sistem ubrizgavanja, što znači da se brizgaljka svakog pojedinačnog cilindra nezavisno aktivira. Sekvencionalni sistem ubrizgavanja omogućava da se količina i vreme ubrizganog goriva podešava nezavisno za svaki pojedinačni cilindar.

Brizgaljka savremenih CR sistema ubrizgavanja sastoji se od električne i hidraulične komponente. U zavisnosti od tipa proizvođača električna komponenta je opremljena solenoidom (kalemom elektromagneta-otpor $0,3-2,5 \Omega$) ili piezo elementom. Kod oba tipa brizgaljke princip rada se bazira na poremećaju odnosa pritiska iznad i ispod igle. Naime, gorivo iz zajedničke cevi (*common rail*) pod visokim pritiskom deluje na iglu brizgaljke sa gornje i donje strane, održavajući ravnotežno stanje (igla je nepokretna). Dejstvom elektromagneta (solenoida) ili piezo elementa otvara se ventil što izaziva

¹⁸ Vrednosti uzeti kao orijentacione, mogu biti drugačije. Obavezno se konsultovati sa „Tehničkim uputstvom“

pad pritiska sa gornje strane igle (gorivo se usmerava u povratni vod), te se dejstvom visokog pritiska goriva sa donje strane, igla pomera ka gore i dolazi do ubrizgavanja u kompresioni prostor.



Sl. 7.101. Proces ubrizgavanja „common rail“ brizgaljke

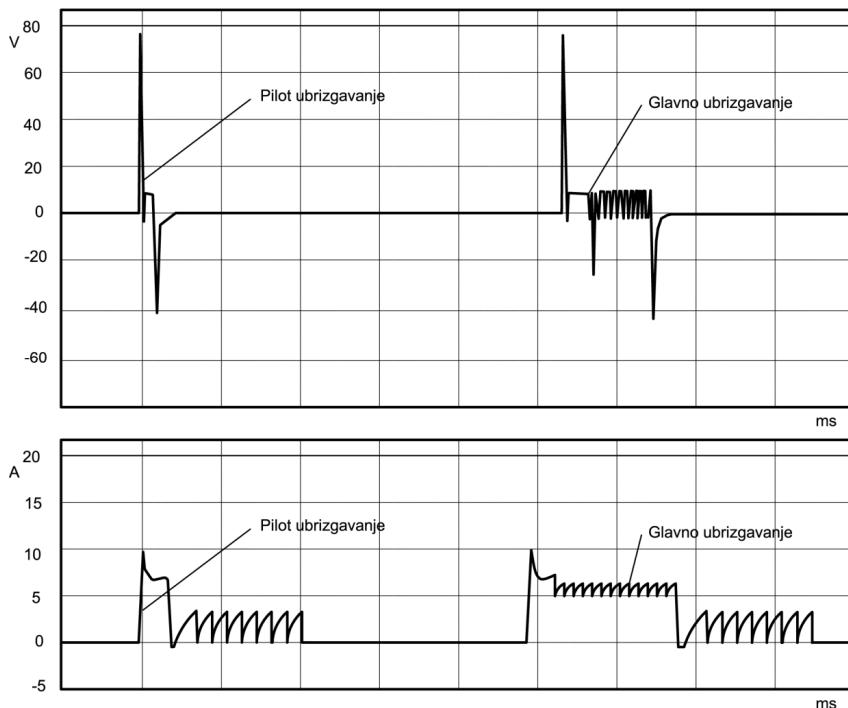
Da bi se obezbedilo brzo otvaranje, brizgaljki se saopštava visok napon i struja (oko 60-100 V i 10-25 A), a održava se otvorena na nižem naponu i struji (12 V i 3-6 A). Na slici u nastavku prikazan je oscilogram brizgaljke sa jednim pilot ubrizgavanjem goriva i krajnjom količinom ubrizganog goriva. Prva slika pokazuje merenje napona u injektoru. Evidentno je da se u naponskom kolu javlja napon od 80 V. Slika 7.102b pokazuje protok struje kroz injektor gde se vidi da je protok oko 10A prilikom inicijacije otvaranja brizgaljke.

Kod najčešće korišćenih „common rail“ injektora, konektori imaju dve žice (dva terminala). Jedan terminal je priključen na uzemljenje (preko ECU), dok drugi terminal prenosi signal iz kontrolne jedinice i određuje tok ubrizgavanja.¹⁹

Kontrola električnih karakteristika injektora se vrši tako što se najpre izmeri otpornost kalema elektromagneta (skinuti konektor sa brizgaljke). Otpornost kalema treba da je od 0,3 do $2,5 \Omega$. Nakon toga ponovo povezati sve brizgaljke, startovati

¹⁹ Postoje modeli injektora sa četiri terminala. U četvorterminalnom injektoru, dva dodatna terminala su povezani sa kalibriranim otpornikom. Naime, protok goriva kroz injektor određen je njegovim mehaničkim karakteristikama (veličini otvora, propusnosti kanala i sl). Ove karakteristike se razlikuju od injektora do injektora. Protok svakog pojedinačnog injektoru meri se u fabrici i u zavisnosti od izmerene vrednosti ugrađuje se odgovarajući kalibrirani otpornik. Merenjem ovog kalibriranog otpora kontrolna jedinica je u mogućnosti da odredi koliko svaki injektor treba da bude otvoren kako bi ubrizgao odgovarajuću količinu goriva.

motor i primenom osciloskopa i strujnih klješta²⁰ meriti napon i jačinu struje koja se saopštava injektoru. U slučaju da ECU jedinica ne aktivira injektor (napon 0V), proveriti pritisak u zajedničkoj cevi. Naime, ukoliko u zajedničkoj cevi pritisak padne ispod 90 bara ECU jedinica neće saopštiti impuls injektoru.



Sl. 7.102. Oscilogram injektora „common rail“ sistema ubrizgavanja (pilot ubrizgavanje u početku i zatim krajnja količina ubrizganog goriva)

NAPOMENA: Vreme kod jačine struje je razvučeno da bi se bolje uočile promene

Prethodno opisani testovi pokazuju samo električnu ispravnost injektora. Oni ne mogu ukazati na to da li postoji neispravnost na njenom mehaničkom delu (oštećenje otvora, nezaptivenost injektora, zaglavljivanje igle...)²¹. Ovi testovi se rade u specijalizovanim odeljenjima za kontrolu sistema za napajanje motora gorivom opremljenim specijalnim probnim stolovima.

²⁰ Strujna klešta su merni instrument namenjen merenju struja velikih jačina.

²¹ Zaglavljena igla injektora u otvorenom položaju može da dovede do punjenja cilindra gorivom iz centralne (zajedničke) cevi (pritisak goriva u cevi je preko 300 bara). Prilikom startovanja motora dolazi do karakteristične buke u motoru izazvane hidrauličnim udarom. Ukoliko do zaglavljivanja igle dođe u toku rada motora, udar klipa u naliveno gorivo u cilindru motora može da dovede do ozbiljnih oštećenja na klipno-cilindarskom sklopu (npr. savijanja klipnjače).

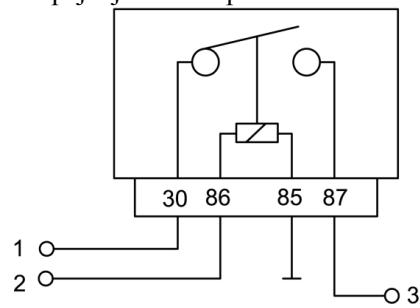
7.14.4.4. Releji

Releji su elementi električnog sistema namenjeni uključivanju i isključivanju velikih struja uz pomoć malih struja. Principijelno releji su vrlo slični elektromagnetnom ventilu, s tom razlikom što oni umesto da otvaraju i zatvaraju tok fluida, otvaraju odnosno zatvaraju strujno kolo. Na savremenim poljoprivrednim mašinama ugrađuje se veći broj releja. Tipični primjeri su relj za napajanje elektropokretača. Naime, elektropokrečač motora koristi struju čija je jačina tokom startovanja nekoliko desetina ampera. U ovom slučaju se mala struja od kontakt brave koristi za napajanje elektromagneta koji uključuje ili isključuje tok velike struje potrebne za pogonjenje elektropokretača. Takođe, na mašinama se koristi tzv. glavni relj koji napaja pojedine komponente na mašini kada se da kontakt ključem. Kod ovih releja pobudni namotaj se vezuje sa kontakt ključem, dok se drugi kraj vezuje za masu. Kada se uključi kontakt (ključem), struja od akumulatora preko kontakt brave poteče ka pobudnom namotaju. Pobudni namotaj generiše magnetno polje koje povuče kotvu a ona glavni kontakt relje.

Test procedura ispravnosti relje započinje ispitivanjem napona napajanja priključaka 30 i 86 (napon napajanja treba da bude jednak naponu akumulatora). Zatim se meri otpornost pobudnog namotaja. Pipalice unimera (preklopnik unimera postaviti u položaj merenja otpora) postaviti na kontaktore 85 i 86 pobudnog namotaja i izmeriti njihovu otpornost. Dobijenu vrednost uporediti sa podacima proizvođača. Nakon ovoga, meri se otpornost između kontakta 30 i 87. Izmerena vrednost bi trebala da bude beskonačno velika (Ukoliko se izmeri neka granična vrednost otpora ovo ukazuje na neispravnost relje). Relj zameniti novim-ne opravljati). Zatim je potrebno kontakte pobudnog namotaja 85 i 86 povezati sa akumulatorom (ovo se radi preko osigurača od 5A) i izmeriti otpor između kontakta 30 i 87. Izmerena vrednost otpora treba da je ispod $0,5 \Omega$. Ukoliko je izmereni otpor veći od $0,5 \Omega$, ovo ukazuje na nagorelost ili istrošenost glavnih kontakata. Relj zameniti novim. Ukoliko je otpor manji od $0,5 \Omega$, izmeriti otpornost glavnih kontakata nakon isključenja napajanja pobudnog namotaja. Otpor treba ponovo da je beskonačno velik. Ovo ukazuje na mogućnost otpuštanja glavnih kontakata. Ukoliko se registruje neka granična vrednost otpora, zameniti relj.

7.14.4.5. Provodnici

Povezivanje električnih komponenti vrši se električnim provodnicima, izrađenim od

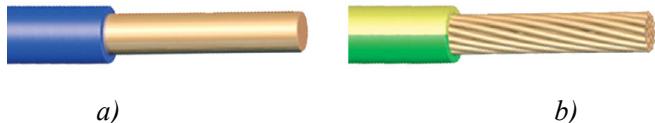


Sl. 7.103. Vezivanje glavnog reljeja
1-priklučak akumulatora, 2-veza sa bravom kontakt ključa, 3-priklučak sa koga se napajaju druge komponente

bakarne žice. Električni provodnici mogu se podeliti na:

- **Jednožilni** (koriste se na mestima gde nije potrebna fleksibilnost voda ili u električnim i elektronskim komponentama-alternator, elektropokretač, releji...)
- **Višežilni** („licnasti“ – otporniji su na prekid usled savijanja /uvijanja, omogućavaju protok jače struje u odnosu na isti poprečni presek jednožilnog).

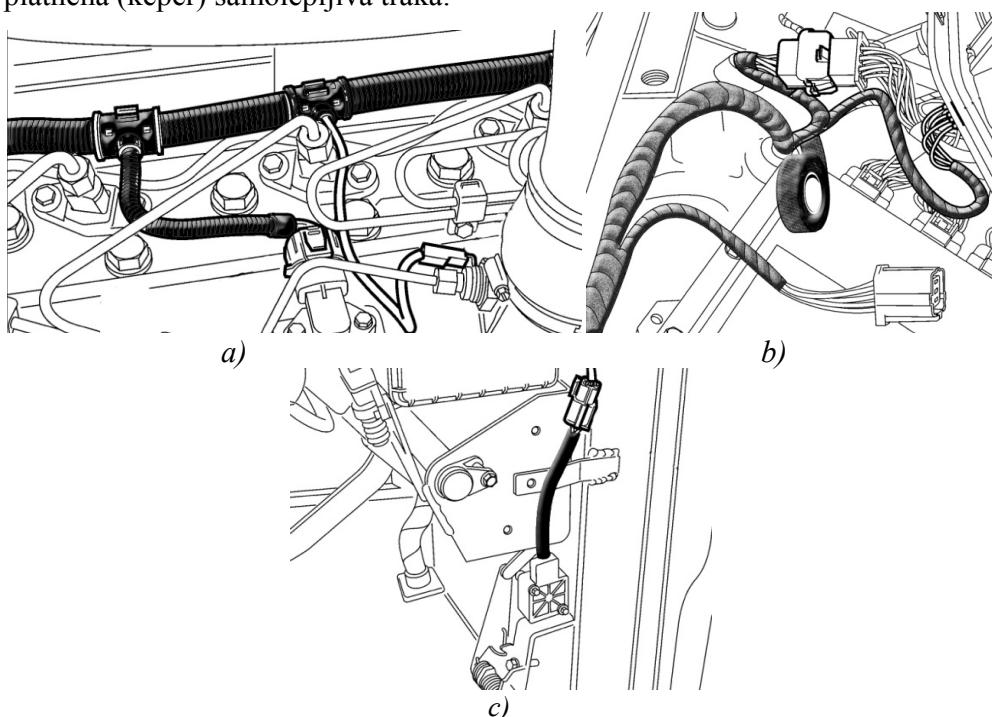
Električna veza sistemskih blokova zahteva više od jednog provodnika koji se povezuju u kablovske snopove. Zaštita kablovskih snopova od oštećenja vrši se primenom rebrastog creva, plastičnog (gumenog) creva i platnena (keper) samolepljiva traka.



a)

b)

Sl. 7.104. Električni provodnici
a-jednožilni, b-višežilni



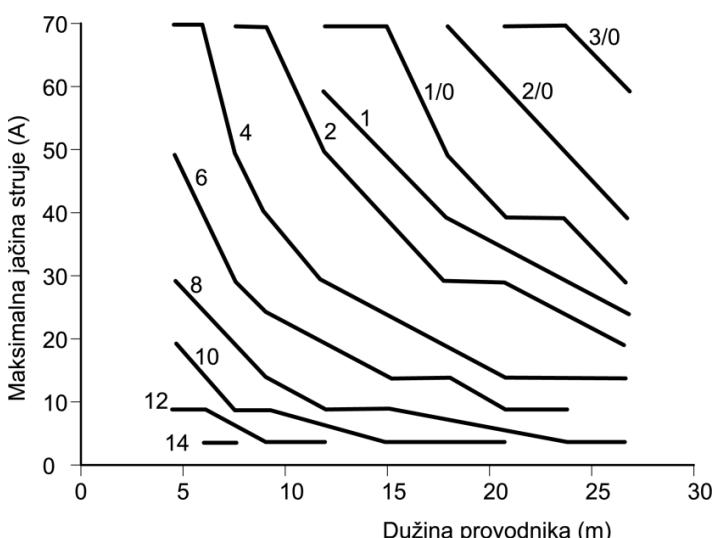
Sl. 7.105. Zaštita provodnika od oštećenja

a- zaštita od fizičkog oštećenja primenom rebrastog creva, b- zaštita od fizičkog oštećenja primenom plastičnog (gumenog) creva, c- zaštita od fizičkog oštećenja primenom platnene („Keper“) samolepljive trake

Jedna od najbitnijih karakteristika provodnika je njegovo strujno opterećenje. Pravilan

izbor provodnika je od presudnog značaja, s obzirom na to da izborom tanjeg provodnika može doći do povećanog zagrevanja provodnika i nastanka težih kvarova (požara). Na slici 7.106. data je maksimalna jačina struje kojom mogu da se optere provodnici različite debljine i dužine.

U tabeli 7.9. date su površine poprečnog preseka, broj i debljina žice provodnika različitih dimenzija prema AWG standardu.

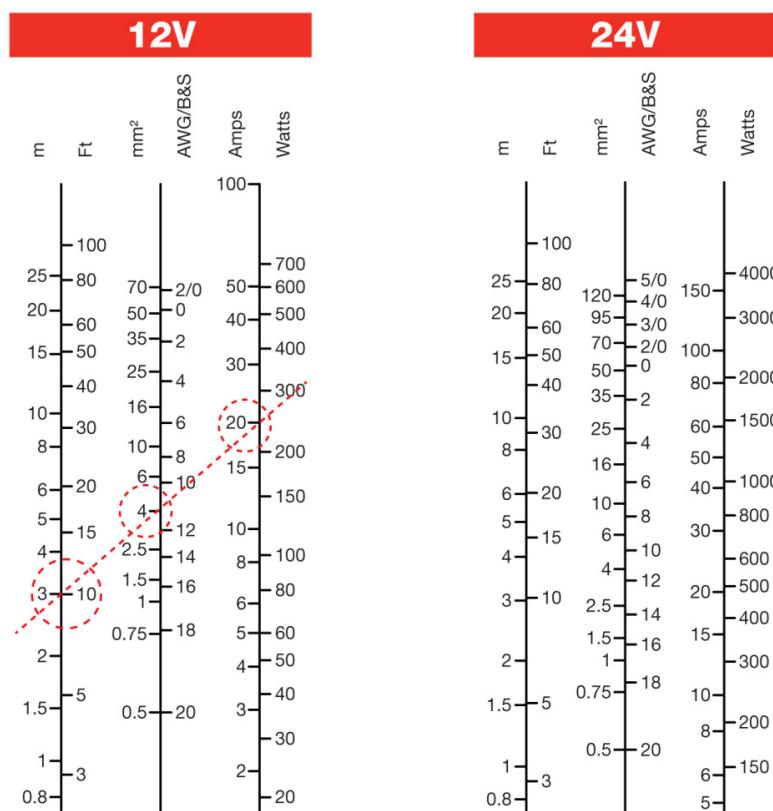


Sl. 7.106 Maksimalna jačina struje (A) provodnika različitih dimenzija (prema AWG-American Wire Gauge) u funkciji njegove dužine (napon struje 12 V, pad napona kroz provodnik 3%)

Tab. 7.9. Površina poprečnog preseka provodnika, standardni broj i prečnik žice (licne) za različite AWG dimenzije

AWG/B&S oznaka debljine žice	Površina (mm ²)	Standardni broj / debljina žice (licne)
17	1,13	16/0,3
15	1,81	26/0,3
13	2,9	41/0,3
11	4,59	65/0,3
8	7,91	112/0,3
6	13,56	192/0,3
3	25,72	364/0,3
2	32,15	455/0,3
1	39,55	560/0,3
0	49,2	700/0,3
00	64,9	910/0,3
000	85	1204/0,3

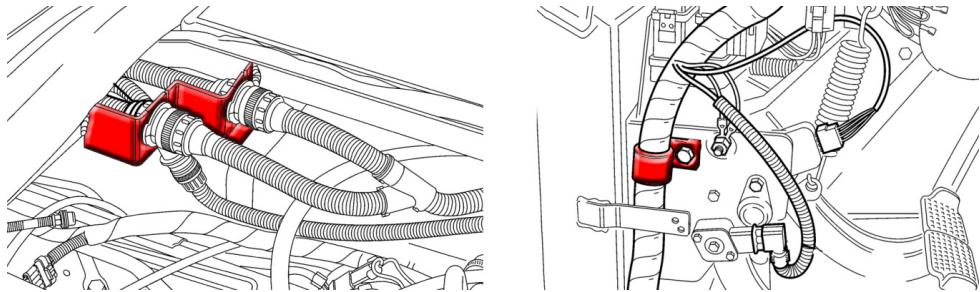
Na slici 7.107. je prikazan dijagram za određivanje prečnika žice u zavisnosti od dužine provodnika i očekivane maksimalne jačine struje koja će prolaziti kroz njega.



Sl. 7.107. Dijagram za određivanje površine poprečnog preseka žice

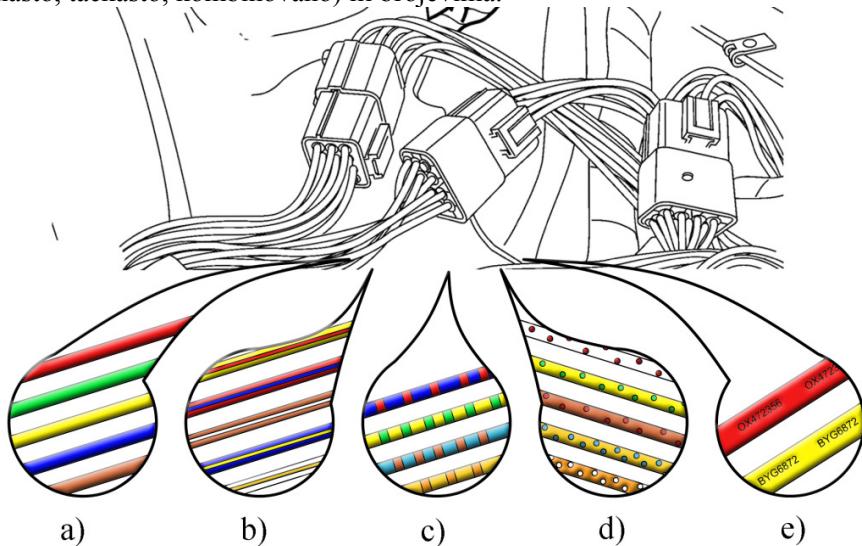
Primer: Četiri radne sijalice traktora nazivne snage $P=55$ W napajaju se naponom od $U = 12$ V. Udaljenost sijalica od izvora (akumulatora) je 3 m. Odrediti potrebnu površinu poprečnog preseka žice. Za određivanje potrebne površine žice neophodno je najpre da odredimo ukupnu snagu potrošača (4 sijalice). Ukupna snaga potrošača je 220 W, a jačina stuje je $I=18,3$ A. Potrebna površina poprečnog preseka žice je 4 mm^2 . (Napomena: napajanje sijalica potrebno je obaviti preko osigurača vrednosti 20A).

Pričvršćivanje kablovske snopova za nepomične delove mašine vrši se namenskim nosačima, kako bi zadržali osnovnu formu, ostali u predviđenom položaju i bile izbegнуте oscilacije koje mogu dovesti do stalnog savijanja i prekida provodnika unutar snopa.



Sl. 7.108. Pričvršćavanje kablovskih snopova primenom namenskih nosača

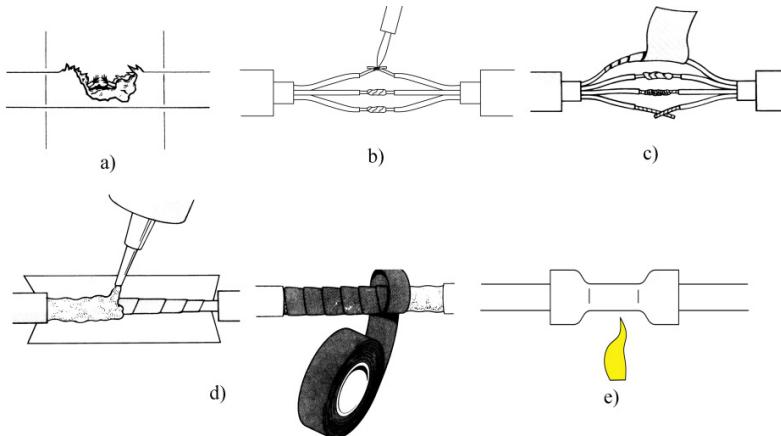
Obeležavanje provodnika vrši se bojama (jednobojno ili kombinacijom boja–podužno, prstenasto, tačkasto, kombinovano) ili brojevima.



Sl. 7.109. Označavanje provodnika
a,b,c,d-bojom, e-brojevima

NAPOMENA: Prekid provodnika i kratak spoj, česti su kvarovi u električnoj instalaciji. U radioničkom uputstvu pronaći podatke o završnim priključcima i boji ili broju provodnika. Multimetar postaviti u položaj merenja prekida provodnika (zujalicu). Velik otpor ili izostanak zvučnog signala ukazuje na prekid provodnika.

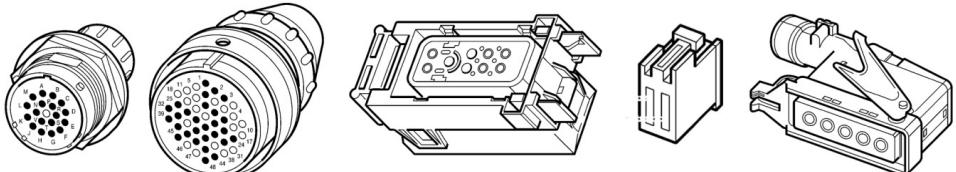
Prekinut provodnik je moguće opraviti lemljenjem očišćenih krajeva bakarne žice. Zalemljeni deo izolovati izolir-trakom, silikonskom gumom i „keper“ samolepljivom trakom ili termoskupljajućim crevom (bužicom).



Sl. 7.110. Opravka oštećenog provodnika

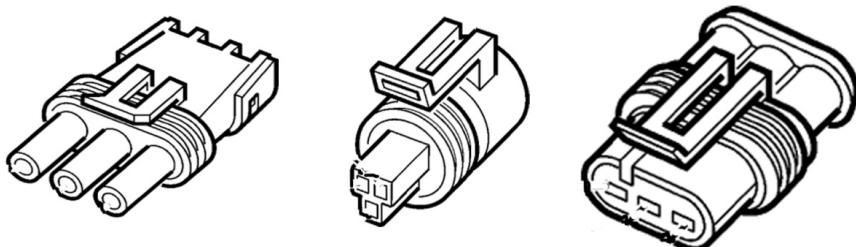
a-oštećeni provodnik, b-lemljenje spojeva, c-izolovanje zalemlijenog dela primenom izolir-trake, c-izolovanje zalemlijenog dela primenom silikonske gume i „keper“ samolepljive trake, d-izolovanje zalemlijenog dela primenom termoskupljujućeg creva

Električni provodnici započinju i završavaju električnom spojnicom/priklučkom (konektorom). Električna spojница obezbeđuje krutu fizičku i elektroprovodnu vezu kabla i električnog priključka koji je u sastavu električne komponente ili drugog kabla/kablovskog snopa. Površina naleganja dimenzionisana je u skladu sa maksimalnim strujnim opterećenjem.



Sl. 7.111. Električni priključak (konektor)

U cilju zaštite od vlage električnog priključka na isti se stavljuaju gumenе zaptivke.



Sl. 7.112. Konektor sa gumenom zaptivkom

Usled prisustva vlage ili velikog strujnog opterećenja može doći do oštećenja

kontaktnih površina. Zamena kontaktnih površina je jedino pravilan način otklanjanja kvara. Vađenje električne spojnice iz kućišta vrši se primenom namenskog alata za ispravljanje osigurača.

7.14.4.6. Osigurači

Osigurači su obavezni delovi električnog kola koji štite uredaj od kvara ili požara. Osigurači su elementi čije namerno oslabljenje ima za cilj da prekine strujno kolo i zaštiti elemente električnog kola od težeg oštećenja.

Najjednostavnija vrsta osigurača je takozvani topljivi osigurač. Za male napone i jačine struje topljivi osigurači se izvode u obliku tanke metalne niti. U slučaju kada jačina struje preraste dopuštenu vrednost (A), metalna nit se istopi i time prekida strujno kolo i sprečava dalja oštećenja. Postoje brzi i tromi osigurači. Brzi osigurači pregore čim struja preraste naznačenu vrednost osigurača, dok tromi osigurači dopuštaju kratkotrajna preopterećenja, a pregoreće samo ako struja, iznad dopuštene, potraje više od par sekundi.

Podela:

- Topljivi (spori, brzi i sa vremenskim zakašnjenjem) i
- Automatski.

Osnovna karakteristika osigurača su vrednosti najvišeg dozvoljenog napona i struja topljenja mosta.

- Za napone 12 V/24 V koriste se osigurači 32 VDC (Volts Direct Current),
- Za napone 42 V osigurači 58 VDC

Ubodni auto-osigurači se dele na tri velike grupe: standardne ubodne auto-osigurače, mini ubodne i maksi ubodne auto-osigurače. Mini ubodni osigurači su jačine: 2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25 i 30 A. Standardni ubodni auto-osigurači su jačine: 1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 A. Maksi ubodni auto-osigurači: 20, 30, 40, 50, 60, 70 i 80 A.

Pored brojčane vrednosti izražene u amperima, jačina auto osigurača se označava i bojom (tab. 7.10.).

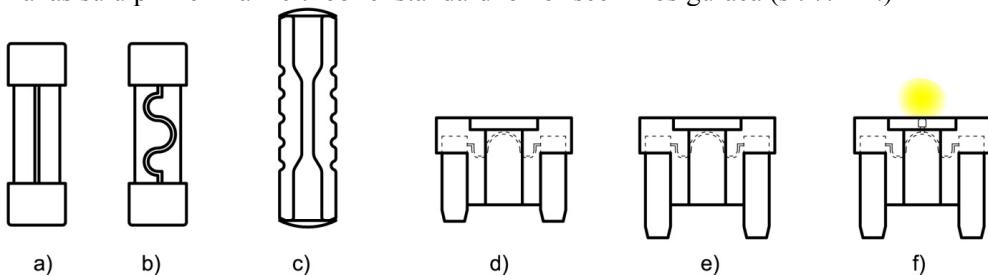


Sl. 7.113. Namenski alat za zamenu kontaktnih površina žica konektora

Tab. 7.10. Standardne oznake jačine auto-osigurača -bojom

Boja	Tamno plava	Crna	Siva	Ljubičasta	Roza
Jačina (A)	0,5	1	2	3	4
Boja	Mrkožuta	Braon	Crvena	Plava	Žuta
Jačina (A)	5	7,5	10	15	20
Boja	Providna	Zelena	Plavičasto-zelena	Narandžasta	Crvena
Jačina (A)	25	30	35	40	50
Boja	Plava	Ćilibar mrkožuta	Providna	Ljubičasta	Purpurna
Jačina (A)	60	70	80	100	120

Danas su u primeni različiti oblici standardno korišćenih osigurača (sl. 7.114.)



Sl. 7.114. Različite vrste osigurača

a-AGC, b-AGU, c-GBC, d-APS, e-APM, f-ATO (sa indikatorom napajanja)

7.14.4.7. Elektronski komunikacioni sistem

Kontrolne jedinice se unutar jedinstvenog kompjuterskog sistema mašine umrežavaju kompjuterskim mrežama. Na starijim tipovima traktora, npr. *John Deere 8000*, se za umrežavanje kontrolnih jedinica koristi CCD mreža. Upotrebom ove kompjuterske mreže došlo je do pojednostavljinjanja transporta informacija kao i uštede materijala u vidu električnih provodnika.

Pored ovih kvaliteta CCD mreža je pokazala i izvesne nedostatke, pre svega u vidu sporog prenosa podataka. Brzina kojom se prenosi informacija je 7,8 kb/s. Pored navedenog, nedostatak CCD mreže se ogleda i u osjetljivosti na različite talasne smetnje unutar traktora. Tako u starijim tipovima poljoprivrednih traktora (npr. *John Deere 8000*) nije dozvoljena upotreba mobilnih telefona.

Kako bi se unapredila kompjuterska mreža i izbegli navedeni nedostaci, uvedena je CAN mreža. Kao što je prikazano na slici 7.115. CAN mreža može biti linearna, zvezdasta ili u obliku prstena.

Realizacija komunikacije u decentralizovanom sistemu automatizacije na poljoprivrednim traktorima vrši se takozvanim CAN bus sistemom i to po ISO 11783 u svetu definisanom univerzalnom standardu za poljoprivredne mašine. CAN bus skraćenica znači:

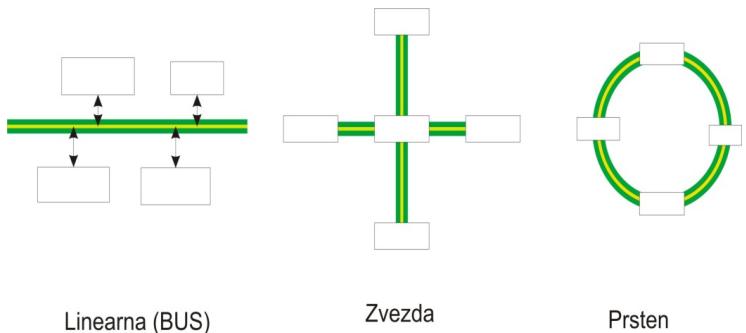
C – kontroler (Controller)

A – oblast (Area)

N – mreža (Network)

bus – binarna sistemska jedinica (Binary Unit System).

Ovaj sistem sastoji se iz četiri žice – CAN low, CAN high, napon i uzemljenje. Ove četiri žice predstavljaju glavni snop električnih instalacija i moduli su povezani sa ovim



Sl. 7.115. Tipovi CAN mreže

snopom. Svaki modul upravlja određenim delom sistema, kao na primer motor, i svi moduli mogu komunicirati kako međusobno tako i sa dodacima sa kojima su povezani. Danas se svi moduli, signali i funkcije kontrolišu preko sistema CAN bus, tako da se više podataka može razmeniti u isto vreme, i tako optimizirati mašina za bolje performanse i upravljanje prikupljenim podacima. Kooperativnost, u terminologiji CAN bus komunikacija podrazumeva da različiti uređaji poput procesorskih (upravljačkih) modula, I/O modula i operator displej/terminali razmenjuju podatke preko zajedničke sabirnice podataka na koju su povezani. Ta zajednička sabirnica se naziva CAN magistrala. Ona predstavlja kombinaciju četvorozičnog prenosnog medijuma i multimasterskog protokola prenosa podatka, otpornog na uticaj elektromagnetnih smetnji, sa ugrađenim mehanizmom korekcije greške prenosa. Osobine samog protokola CAN komunikacije su sledeće:

- prioritet pristupa sabirnici definiše identifikator poruke (informacije) koja se šalje,
- moguće je definisati 2032 identifikatora poruka,
- garantovano maksimalno vreme čekanja (latency time) od 1ms (vreme koje protekne od trenutka definisanja zahteva za slanje do početka slanja poruke) za poruke visokog prioriteta,
- veličina poruke od 0 do 8 bajtova,
- programabilna brzina prenosa (1Mbit/sec maksimalno)
- mehanizam detektovanja i otklanjanja grešaka prenosa,
- moguće je izvršiti sinhronizaciju uređaja priključenih na CAN magistralu s obzirom na činjenicu da svi čvorovi CAN magistrale istovremeno primaju poslatu poruku.

Struktura poruke data je u sledećim blokovima:

PRIORITET - ovaj blok daje nivo prioriteta svakoj poruci. Ukoliko istovremeno dva

kompjutera pošalju signal, poruka sa višim nivoom prioriteta će pobediti i imati kontrolu nad CAN Bus-om.

ADRESA - presudno polje- svaki kompjuter ima različitu adresu. Kao i u pošti, poruka se šalje od kompjutera koji je adresiran. Kada kompjuter koji prima poruke vidi poruku da je adresirana na njega, on je prihvata.

PODACI -polje podataka- Podaci predstavljaju sadržaj poruke. Oni sadrže informaciju o brzini, zahtev za paljenjem / gašenjem solenoida, zahtev o potrebi prikaza na displeju...

PROVERA PORUKE - CRC - Ovo je put kojim kompjuter koji prima poruke proveri da li je pristigla poruka ista kao i ona što je poslata. Ukoliko to nije ispunjeno, ova poruka se briše i šalje se nova.

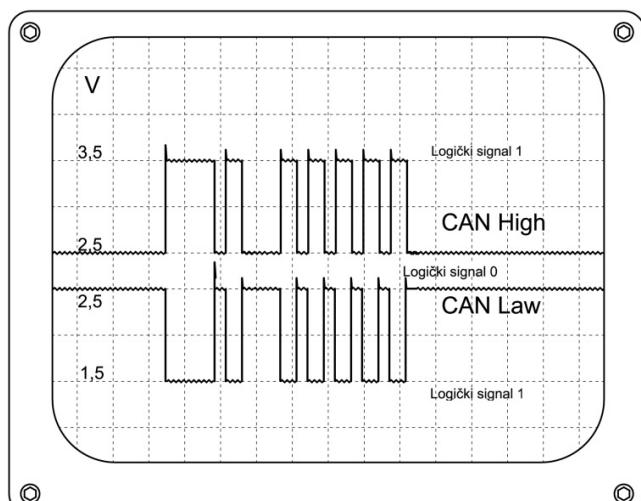
POTVRDA - ACK- Ovim putem kompjuter javlja pošaljocu da je primio poruku.

Veoma je bitno da veze i spojevi provodnika budu u čistom i ispravnom stanju da ne bi došlo do promene signala, što može prouzrokovati deformacije u kontroli. Korišćenjem CAN Bus magistrale dobijena je mogućnost međusobne komunikacije između pojedinih elektronskih upravljačkih jedinica, kao i

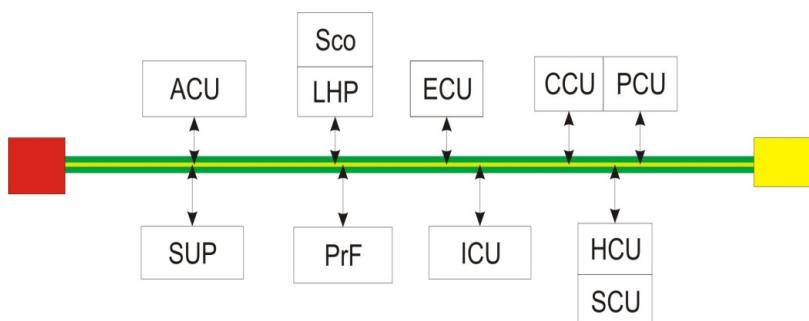
kontrolisanje i upravljanje po prioritetu, što je od presudne važnosti. Na slici 7.117. je prikazana

šema CAN

Bus mreže.



Sl. 7.116. Oscilogram signala koji putuje kroz CAN BUS mrežu



Sl. 7.117. Šema CAN Bus umrežavanje

Trenutno je važeća CAN specifikacija 2.0 definisana standardom za građevinske i poljoprivredne mašine SAE J1939 i ISO 11783. Brzina rada mreže je 250 kb/s, maksimalna dužina magistrale je 40 m (J1939/11), a maksimalan broj priključaka je 30 (J1939/11). Žice su boje zelena (CAN law), bela (CAN high), crvena (+12V), crna (uzemljenje), obložene crnom oblogom. Mreža se može koristiti u detekciji problema. Standard ISO 11783 definiše oblik dijagnostičkog konektora i položaj žica.

Rad kompjuterske mreže u detekciji problema na traktoru dat je na primeru pada pritiska ulja u motoru. Kada padne pritisak ulja u motoru, senzor pritiska se zatvori i šalje signal prema centralnom kompjuteru (CCU). CCU obrađuje taj signal i kroz mrežu šalje informacije prema ICU odnosno monitoru vozila koji po tom naređenju aktivira lampice STOP, MOTOR, PRITISAK i zvučni signal. Istovremeno se generiše dijagnostički kod koji se memoriše u CCU i može se videti na displeju pritiskom na CODE (#) taster.

Dijagnostički kod greške je šifra kojom informacioni sistem komunicira sa korisnikom, bilo rukovaocem, bilo serviserom. On se sastoji, u zavisnosti od proizvođača traktora, ili samo od brojeva ili od kombinacije slova i brojeva.

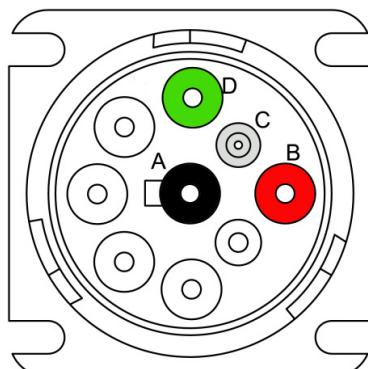
7.14.4.8. Elektronski dijagnostički uređaji savremenih poljoprivrednih mašina

Poruka o nastalim neispravnostima (poremećaju u radu) šalju se rukovaocu u vidu svetlosnih, zvučnih ili kodiranih signala (kodnih brojeva). Kodni zapis predstavlja poruku (kombinacija brojeva i slova) kojom informacioni sistem maštine komunicira sa rukovaocem ili serviserom. Kod nekih sistema moguće je kumulativno sagledati kodove greški što ima velikog značaja kod rešavanja nastalih problema i njihovog boljeg razumevanja.

Kodne zapise moguće je očitati na displeju monitora maštine (traktora, kombajna...) ili primenom eksternih uređaja koji se povezuju preko programsko/dijagnostičkog konektora (Electronic Service Tool, Service Advisor...).

Primena ovih uređaja omogućava:

- Dijagnostiku i otkrivanje problema na motoru,
- Pohranjivanje i analizu dobijenih informacija od kontrolne jedinice motora,
- Procenu rada motora,
- Promenu podešenih vrednosti kontrolne jedinice motora i
- Kalibraciju kontrolnih jedinica.



Sl. 7.118. Dijagnostički konektor (standard ISO 11783-Gradičinske i poljoprivredne mašine)

A-uzemljenje, B-napajanje (+12V),
C-CAN High, D-CAN Law

Za elektronsku dijagnostiku kvara u upotrebi su dve vrste uređaja:

- Namenski dijagnostički uređaj namenjen za mašine jednog proizvođača i
- Univerzalni dijagnostički uređaji namenjeni za rad sa mašinama većeg broja proizvođača.

Primeri najčešće korišćenih eksternih uređaja za dijagnostiku

Uređaj KTS 650 poseduje: ekran osetljiv na dodir, unimer, dvokanalni osciloskop, operativni sistem Windows ME, program CAS (Computer Adied Service – kompjuterski podržano servisiranje), USB priključak, VGA priključak za monitor, priključak za spoljnju tastaturu i miš. Na vozilo se priključuje preko kablova za seriju i OBD komunikaciju.

Uređaj KTS 520 namenjen je povezivanju sa PC i prenosnog PC računara preko USB kabla. Poseduje integrisani unimer kojem se pristupa preko PC računara. Na vozilo se priključuje preko kablova za OBD komunikaciju.



Sl. 7.120. Uređaj KTS 520

Uređaj KTS 550 namenjen je povezivanju sa PC i prenosnog PC računara preko USB kabla. Poseduje integrisani unimer i dvokanalni osciloskop kojem se pristupa preko PC računara. Neophodne karakteristike PC računara su 128 Mb RAM memorije, USB port, Windows 95 ili noviji, Pentijum II ili jači procesor. Na vozilo se priključuje preko kablova za OBD komunikaciju.



Sl. 7.119. Uređaj Bosch KTS 650



Sl. 7.121. Uređaj KTS 550

Za dijagnostiku poljoprivrednih mašina najčešće se koriste namenski uređaji. Tako na primer za elektronsku dijagnostiku mašina proizvođača *John Deere* koristi se uređaj EDL za koji je kreiran program „Servis advisor“.

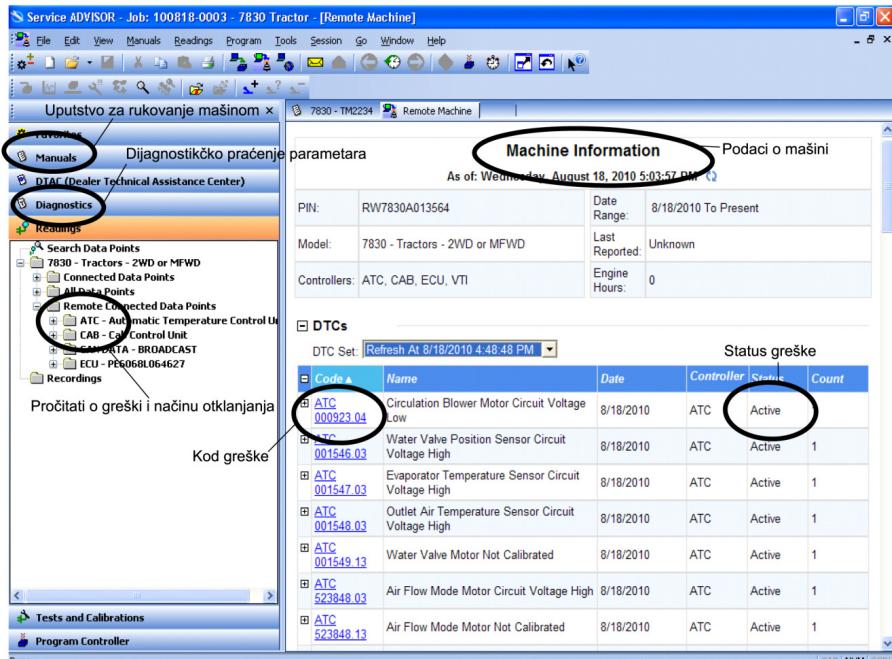
Ovaj program dešifruje kodove detektovane kompjuterskim sistemom i upućuje servisera na identifikaciju problema. Primena ovakvih uređaja omogućava čitanje istorije generisanih kodova greške (aktivnih i pasivnih),²² praćenje parametara rada pojedinih sistema ili elemenata sistema (napon, frekvencija...), dobijanje informacija o mogućim uzrocima poremećaja u radu, kao i načina za brzo otklanjanje neispravnosti. U nastavku je dat izgled dijaloga Service Advisor-a kojim se serviser kreće korak po korak prilikom rešavanja problema.



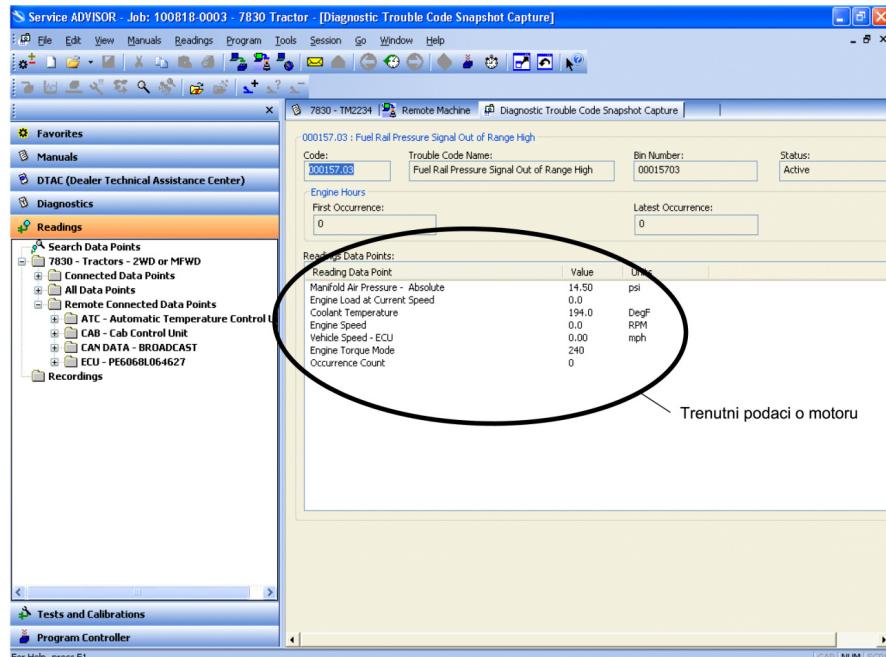
Sl. 7.122. Namenska oprema za elektronsku dijagnostiku mašina *John Deere*

a-dijagnostički uređaj EDL v2, b-kabel sa standardnim dijagnostičkim priključkom ISO 11783 za vezu maštine sa uređajem EDL v2, c-USB kabel (veza EDL v2 sa računarcem), d-industrijski laptop računar (sa ojačanim kućištem, otporan na prašinu i vibracije)

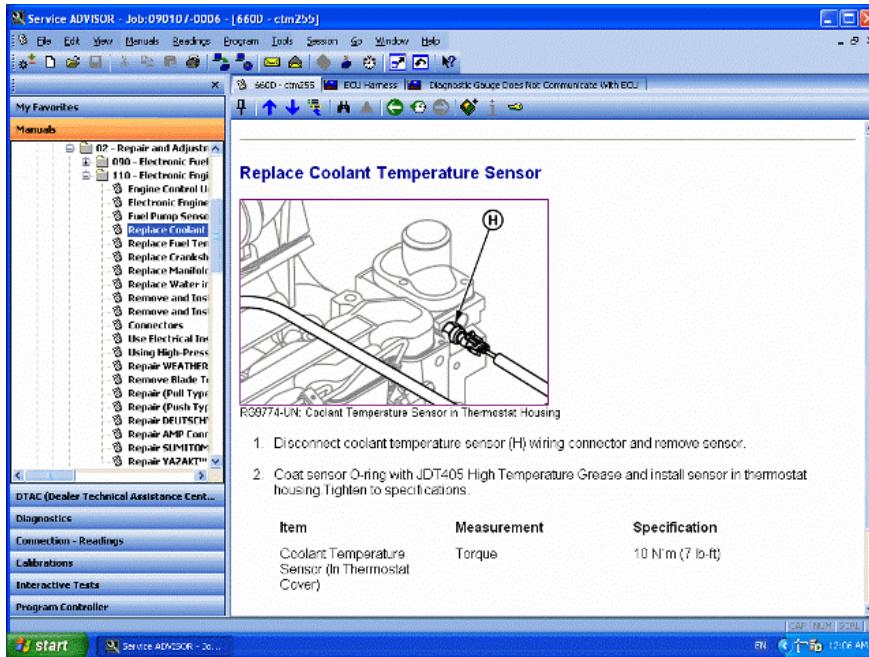
²² Aktivni kodovi su kodovi grešaka koje postoje na mašini u trenutku njihovog očitavanja. Pasivni kodovi ukazuju na greške koje su postojale ali više nisu aktivne.



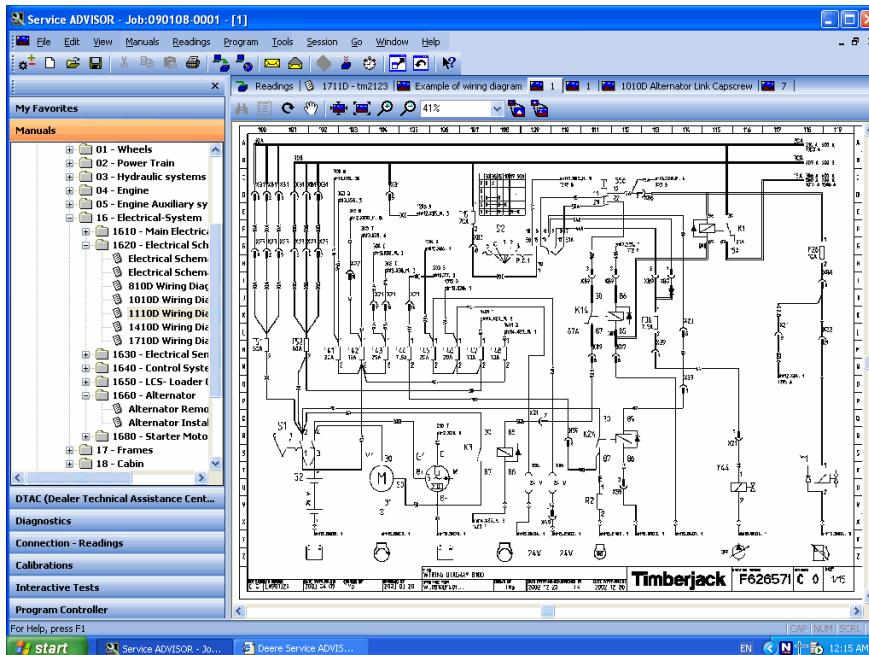
Sl. 7.123. Izgled dijaloga programa Service Advisor



Sl. 7.124. Očitavanje trenutnog stanja sistem-motora
(motor je ugašen-broj obrtaja motora 0 rpm)



Sl. 7.125. Slikovni i deskriptivni prikaz načina otklanjanja neispravnosti (demontaže senzora temperature rashladne tečnosti)



Sl. 7.126. Prikaz električne šeme jednog sistema

Primena savremenih uređaja za elektronsku dijagnostiku omogućava izvođenje različitih testova koji pružaju informaciju o trenutnom stanju sistema. Tako na primer dostupni su testovi motora:

- Test otkaza cilindra i
- Test relativne kompresije.

Test otkaza cilindra

Test otkaza cilindra je iskorišćen za poređenje izlaza svakog cilindra sa prosekom svih cilindara. Test će pomoći identifikovanju problema kao što je otkaz motora ili nepravilan rad motora. Tokom testa, ECU će onesposobiti jedan cilindar, zatim ubrzati motor sa fiksном količinom goriva i meriti vreme potrebno za ubrzanje motora za dati broj ciklusa ubrizgavanja sa tim isključenim cilindrom. ECU će zatim ponoviti proceduru za preostale cilindre.

Test relativne kompresije

Test relativne kompresije se koristi za poređenje kompresije svakog cilindra sa kompresijom najboljeg cilindra. Test će pomoći da se utvrdi da li cilindar ima malu kompresiju. Tokom testa, ECU će onesposobiti motor za startovanje, zatim meriti vreme potrebno svakom cilindru da ubrza do i posle SMT. Klip koji je ubrzavao brže od ostalih ukazuje da taj cilindar ima nižu kompresiju nego ostali cilindri. Ovaj test ne može utvrditi tačan kompresioni pritisak za svaki cilindar, on samo može da poredi rezultate svakog cilindra sa rezultatima najboljeg na ekranu. Ako je rezultat nekog cilindra ispod ostalih za više od 10%, to ukazuje da taj cilindar ima nižu kompresiju od ostalih. Cilindar sa najboljom kompresijom će biti prikazan kao 100%. Pri svakom izvođenju ovih testova rezultati se čuvaju u fajlu. Svaki test će biti sačuvan u ovom fajlu tako što se novi rezultati dodaju na kraj fajla. Svaki test zapisuje: datum, serijski broj ECU, verziju softvera, serijski broj motora i model vozila.

Servisna podrška otišla je još dalje. Ovo se ogleda u permanentnom praćenju stanja radne ispravnosti (u realnom vremenu) od strane servisne službe a putem satelitskog ili telefonskog (putem mobilne telefonije) prenosa informacija (npr. CLAAS Telematics, JD Link...). Prednosti ovakvog sistema praćenja mašine ogleda se pre svega u tome da se skraćuje vreme opravke, jer se izbegava nepotreban izlazak na teren da bi se obavila prva dijagnostika (omogućava serviseru da pre izlaska na teren odredi šta je od delova i alata potrebno da bi se uspešno rešio problem). Naime, sistem se ponaša kao da je dijagnostički uređaj povezan sa mašinom ali ovog puta ne fizički nego preko mreže. Da bi se omogućilo korišćenje ove servisne podrške, neophodno je da mašina (traktor) bude opremljen odgovarajućom telematskom opremom za komunikaciju, povezanom sa CEN Bus mrežom.

8. | GORIVO I MAZIVO POLJOPRIVREDNIH MAŠINA

8.1. DIZEL GORIVO

Gorivo za dizel motore obuhvata frakciju nafte koja sadrži tečne ugljovodonike¹ čije su temperature kљučanja u granicama od 180-350°C. Obrazovanje smeše kod dizel motora se suštinski razlikuje u odnosu na oto motor. Kod dizel motora, u toku takta kompresije sabija se vazduh koji se zbog toga zagreva. U zagrejan vazduh se ubrizgava mlaz goriva. Da bi došlo do paljenja goriva, tečno gorivo mora ispariti i sa vazduhom obrazovati odgovarajuću smešu. Da bi se isparavanje goriva obavilo u što kraćem vremenu, ono se raspršuje pod pritiskom u veliki broj kapljica. Vreme od uvođenja goriva u komoru za sagorevanje do pojave vidljivog paljenja zove se period pritajenog sagorevanja ili period zakašnjenja paljenja. Period zakašnjenja paljenja predstavlja pripremnu fazu za proces sagorevanja. Dužina perioda zakašnjenja paljenja je utoliko kraća ukoliko je viši pritisak i temperatura vazduha na kraju takta kompresije. Pored toga, značajna je finoća raspršivanja goriva koja obezbeđuje brzinu isparavanja, kao i sastav goriva koji utiče na upaljivost smeše. Najnižu temperaturu samopaljenja imaju parafinski ugljovodonici zatim naftenski, a zatim aromatični. Temperatura samopaljenja dizel goriva pri normalnom atmosferskom pritisku iznosi 350-400°C, dok je za benzin 400-450°C, a za aromatične ugljovodonike preko 700°C. Povećanje pritiska za 1 MPa snižava temperaturu samopaljenja dizel goriva sa 400 na 250°C.

Gorivo za dizel motore treba da zadovolji sledeće zahteve:

- da ima visoka energetska svojstva, tj. visoku toplotnu vrednost,
- da se lako meša sa vazduhom pri svim radnim uslovima motora,
- da bude stabilno pri transportu i skladištenju,
- da nema mehaničkih primesa,
- da ne obrazuje talog u sistemu za dovod goriva, na brizgaljkama, klipu i cilindru,
- da ima nisku temperaturu zamućenja i stinjavanja,
- da ima odgovarajući viskozitet koji omogućava raspršavanje na male fine kapi i odgovarajuću dubinu prodiranja mlaza ubrizganog goriva,
- ne sme da izaziva koroziju delova motora,
- treba da ima visok cetanski broj i
- produkti sagorevanja ne smeju da korodiraju delove i zagađuju okolinu, niti da menjaju mazive karakteristike ulja.

Da bi se poboljšale karakteristike dizel gorivu se dodaju:

¹ Ugljovodonike sa brojem ugljenikovih atoma od 12 do 20.

- antidimni dodaci (u cilju smanjenja dimnosti izduvnih gasova-to su najčešće organske soli barijuma),
- dodaci za poboljšanje upaljivosti (to su organska jedinjenja na bazi peroksida, nitrata ili etara koja povećavaju cetanski broj) i
- dodaci za poboljšanje protočnosti dizel goriva na nižim temperaturama (izrađuju se na bazi polimera koji smanjuju temperaturu zamućenja i stinjanja).

Dizel gorivo mora da zadovolji različite tipove motora, različitim operativnim uslovima i radnih ciklusa, kao i varijacije tehnologija sistema za napajanje gorivom, temperature motora i pritisaka goriva. Ono mora takođe da odgovara različitim klimatskim uslovima. Osobine svake vrste dizel goriva mora da bude izbalansirano tako da obezbedi zadovoljavajuće performanse u širokom spektru uslova rada. Pojedine karakteristike goriva, važećih standarda za kvalitet goriva, predstavljaju kompromisne vrednosti kako bi svi zahtevi vezani za performanse motora mogli biti zadovoljeni.

U cilju zadovoljenja sve strožih zahteva prema emisiji izduvnih gasova, pored razvoja novih tehnologija primenjenih na dizel motorima, donešeni su i određeni standardi za kvalitet goriva. U Evropskoj uniji standarde razvija Evropska organizacija za standarde CEN (*Europen Standards Organization*). Prvi standardi koji određuju kvalitet goriva donešeni su 1993. godine i to: za dizel gorivo EN 590, za benzin EN 228 i za tečni naftni gas LPG EN 589.

Pored ograničenja karakteristika, EN standardi za kvalitet goriva obuhvataju brojne metode kako bi se pravilno odredile specifične osobine.

Obavezne specifikacije „ekoloških“ goriva uvedene su sa EU direktivama i to:

- Efektiva 1994.10, maksimalni nivo sumpora od 0,2 tež.% je uvedena za sva gasovita ulja uključujući i dizel gorivo. Maksimalni cetanski broj dizel goriva bio je 49.
- 1996.10: Maksimalni nivo sumpora od 0,05 tež% = 500 ppm za dizel gorivo.
- 2000.01: Maksimalni nivo sumpora od 350 ppm i cetanski broj 51 za dizel gorivo.
- 2005.01: Maksimalni nivo sumpora od 50 ppm za dizel gorivo. „Gorivo bez sumpora“ sadrži 10 ppm sumpora i mora biti na raspolaganju drumskim vozilima.
- 2009.01: Maksimalni nivo sumpora od 10 ppm („gorivo bez sumpora“) za dizel gorivo koje koriste drumska i vandrumска vozila.

Direktive EU su ustanovljene koncenzusom, zasnovanim na iskustvu i uskom saradnjom proizvođača dizel goriva, proizvođača motora i sistema za napajanje goriva, kao i drugih zainteresovanih partnera kakvi su državni regulatorni organi zaduženi za kvalitet goriva.

8.1.1. Karakteristike dizel goriva

U tabeli 8.1. date su granične vrednosti pojedinih parametara definisanih standardom EN 590:2009.

U nastavku se daje objašnjenje značaja pojedinih parametara definisanih standardom o kvalitetu dizel goriva EN 590.

Tab. 8.1. Granične vrednosti karakteristika dizel goriva definisanih standardom EN 590, 2009. (odgovara normama EURO 5)

Karakteristika	Jedinica	Metoda ispitivanja	Granična vrednost	
			donja	gornja
Gustina 15°C	kg/m ³	EN ISO 3675:2007	820,0	845,0
Cetanski broj	-	TM 1200/1	51,0	-
Cetanski indeks	-	ISO 4264:2011	46,0	-
Policiklični aromatični ugljovodonici	%(m/m)	EN 12916:2012	-	8,0
Sadržaj sumpora	mg/kg	EN ISO 20846:2012	-	10,0
Tačka paljenja	°C	ISO 2719:2008	55	-
Ugljenični ostatak	%(m/m)	ISO 10370:2003	-	0,30
Sadržaj pepela	%(m/m)	EN ISO 6245:2008	-	0,01
Sadržaj vode	mg/kg	EN ISO 12937:2011	-	200
Ukupne nečistoće	mg/kg	EN 12662:2012	-	24
Korozija bakarne trake (3h na 50 °C)	ocena	EN ISO 2160:2012	Klasa I	
Sadržaj metilestara masne kiseline	% (v/v)	EN 14078:2012	-	7,0
Oksidaciona stabilnost	g/m ³	ISO 12205:2005	-	25
Mazivost	µm	EN ISO 12156-1:2012	-	460
Viskozitet na 40°C	mm ² /s	ISO 3104:2003	2	4,50
Predestilisano na 250°C	%(v/v)	EN ISO 3405:2012	-	65
Predestilisano na 350°C	%(v/v)		85	-
95 %(v/v) predestilisano na	°C		-	360
Filtrabilnost	°C	EN 116:2010	Klasa B	
			-	0

Gustina dizel goriva

Gustina dizel goriva ograničena je standardom EN 590 u granicama 820-845 kg/m³. Značaj gustine kao parametra dizel goriva proizilazi iz činjenice da se kontrola ubrizgavanja vrši elektromagnetskim ventilom a na bazi zapremine ili vremena. Varijacije u gustini goriva izvan graničnih vrednosti definisanih standardom izazivaju varijacije u radu motora, a shodno tome i emisije izduvnih gasova i potrošnje goriva.²

Rezultati testova koje je objavio EPEFE (“European Programme on Emissions, Fuels

²Savremeni dizel motori opremljeni su senzorom temperature goriva koji omogućava kontrolnoj jedinici motora - ECU da odredi vreme ubrizgavanja shodno trenutnoj gustini goriva. ECU jedinica je u mogućnosti da pravilno izvrši proračun vremena ubrizgavanja jedino u slučaju da se gustina goriva na temperaturi 15°C nalazi u granicama definisanim standardom. Iz tog razloga, minimalna i maksimalna ograničenja gustine dizel goriva mora da se nalazi u što užim granicama.

and Engine Technologies") ukazuju da smanjenje gustine goriva ima pozitivan uticaj na emisiju PM (čvrstih čestica) kod svih tipova dizel vozila, kao i emisije NOx kod teških vozila. Međutim, zbog zapreminskog tipa ubrizgavanja goriva, smanjena gustina će povećati potrošnju goriva i smanjiti snagu.

Takođe, promena gustine goriva negativno utiče na rad sistema za kontrolu emisije izduvnih gasova. Naime, količina i vreme ubrizgavanja goriva je parametar koji koriste drugi sistemi, kao što je uređaj za recirkulaciju izduvnih gasova (EGR). Iz tog razloga varijacije u gustini goriva imaju za rezultat poremećene optimalne vrednosti recirkulacije gasova za dato opterećenje i broj obrtaja motora, koje su definisane matricom koja se nalazi u memoriji ECU jedinice.

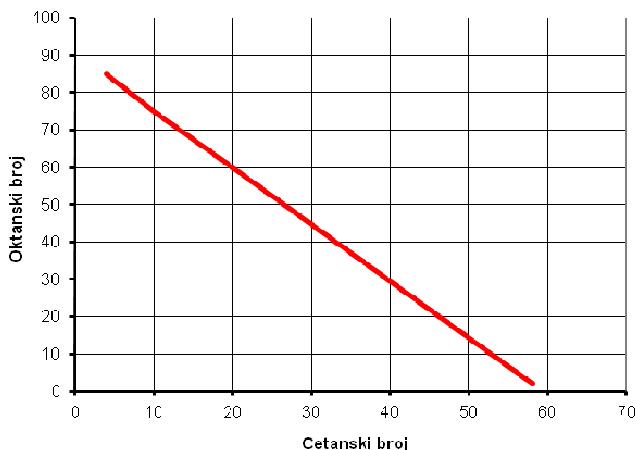
Cetanski broj

Cetanski broj je mera kvaliteta paljenja i sagorevanja dizel goriva. Cetanski broj utiče na intenzitet sagorevanja. Ovo je verovatno najpoznatija osobina dizel goriva krajnjim korisnicima i profesionalcima koji se bave servisom i opravkom dizel motora.

Korisnici često izjednačavaju cetanski i oktanski broj, što je greška. Oktanski broj je mera sposobnosti goriva (benzina) koje sagoreva u motoru da se odupre dentonaciji. Ovo je najvažnija motorska karakteristika goriva za oto motore. Ocena cetanskog broja kod dizel goriva ide u suprotnom smeru. U cilju lakšeg startovanja motora, u prvom redu pri niskim temperaturama i na velikim nadmorskim visinama, preporučuje se da cetanski broj bude preko 50.

Za određivanje cetanskog broja koristi se jednocijlindarski CFR motor (Cooperative Fuel Research), sa visokim brojem obrtaja i promenljivom kompresijom. Oprema i operativni troškovi za CFR motor su skupi. Iz tog razloga, razvijeni su različiti testovi za izračunavanje cetanskog broja na osnovu poznatih osobina goriva. Danas se cetanski broj definiše pomoću dve empirijske formule u zavisnosti od podataka kojima se raspolaze:

$$Cb = \frac{(V_{20} + 17,8) \cdot 1587,9}{d_{20}} \quad \dots(8.1.)$$



Sl. 8.1. Približni odnos cetanskog i oktanskog broja

gde je:

V_{20} (mm^2/s) – viskoznost goriva na 20°C

d_{20} (kg/m^3) – gustina goriva na 20°C

$$Cb = 0,85 \cdot P + 0,1 \cdot N - 0,2 \cdot A \quad \dots(8.2.)$$

gde je:

P, N i A – procentualno učešće parafina, naftena i aromata u dizel gorivu.

Iz formule dva se uočava da parafini pozitivno utiču na cetanski broj ali takođe i da ga aromatični ugljovodonici ograničavaju.

Takođe, postoje jednačine za izračunavanje takozvanog cetanskog indeksa. Cetanski index (CI) određen je analitičkim putem, u skladu sa standardom ISO 4264, preko formule:

$$CI = 45,2 + 0,0892 \cdot t_{10,N} + (0,131 + 0,901 \cdot B) \cdot t_{50,N} + (0,0523 - 0,42 \cdot B) \cdot t_{90,N} + 0,00049 \cdot (t_{10,N}^2 - t_{90,N}^2) + 107 \cdot B + 60 \cdot B^2$$

$$t_{10,N} = t_{10} - 215$$

$$t_{50,N} = t_{50} - 260 \quad \dots(8.3.)$$

$$t_{90,N} = t_{90} - 310$$

$$B = e^{-0,0035 \cdot D_N} - 1$$

$$D_N = D - 850$$

gde je:

t_{10} ($^\circ\text{C}$) – temperaturna na kojoj predestiliše 10% zapremine goriva

t_{50} ($^\circ\text{C}$) – temperaturna na kojoj predestiliše 50% zapremine goriva

t_{90} ($^\circ\text{C}$) – temperaturna na kojoj predestiliše 90% zapremine goriva

D (kg/m^3) – gustina na 15°C

Problemi u primeni cetanskog indeksa javljaju se kod goriva kojima su dodati aditivi za poboljšanje cetanskog broja. Naime, ovi aditivi će povećati cetanski broj goriva, ali se to neće adekvatno odraziti na proračun cetanskog indeksa.

Zahtevi motora prema cetanskom broju variraju u zavisnosti od veličine motora, brzine i opterećenja, uslova startovanja i atmosferskih uslova.

S obzirom na to da se kod dizel motora gorivo pali bez varnice, odgovarajući cetanski broj je veoma važan. Mešavina vazduh/gorivo se pali kombinacijom sabijanja i grejanja vazduha tokom sabijanja. Gorivo se ubrizgava u cilindar u trenutku paljenja sa ciljem da se optimizuju performanse, ekonomičnost i emisija izdulvnih gasova.

Dok benzinski motori koriste svećicu da upale gorivo, dizel motor kontroliše paljenje ubrizgavanjem goriva koristeći ili mehaničke injektore ili češće, elektronski kontrolisane distributore goriva i individualne injektore. Ovo takođe iziskuje mnogo više pritiske goriva da bi savladali pritisak u komori za sagorevanje tokom takta sabijanja. Jednostavnije rečeno, kod benzinskih motora količina vazduha se menja kontrolom brzine i snage, dok kod dizel motora količina vazduha ostaje konstantna dok količina goriva varira. Dizel motori mogu da rade sa veoma siromašnom smešom

kada nisu opterećeni (npr. 80:1) ili sa bogatijom smešom pri većim opterećenjima (npr. 20:1).

Povećanje cetanskog broja takođe ima tendenciju da redukuje emisiju azotnih oksida (NO_x) i čestica čađi (PM). Ove emisije mogu da budu značajne prilikom startovanja motora sa nižim cetanskim brojem goriva.

Rezultati istraživanja ukazuju da povećanjem cetanskog broja sa 50 na 58 se skraćuje vreme paljenja goriva za oko 40%. Rezultati koje navodi EPEFE-a pokazuju da povećanje cetanskog broja veoma značajno utiče na redukciju NO_x , posebno na malim opterećenjima, gde se postiže smanjenje i do 9%. Povećanje cetanskog broja takođe smanjuje emisiju HC za 30-40%. Takođe, povećanje cetanskog broja od 50 do 58 utiče na smanjenje HC i CO za 26%.

Pored navedenog, cetanskog broja ima pozitivan uticaj na nivo buke i to u celokupnom opsegu rada motora. Razlog za smanjenje nivoa buke povećanjem cetanskog broja treba tražiti u eliminaciji nastanka „dizelskog udara“. Naime, ukoliko je cetanski broj nizak, zakašnjenje paljenja se produžava. U cilindru motora nalazi se velika količina goriva pre početka samog paljenja. Ukoliko se veća količina nakupljenog goriva nekontrolisano upali, naglo narasta pritisak, koji se u vidu udara prenosi na klip. On ima za posledicu udar na ležajeve, tvrd i bučan rad motora, loše sagorevanje goriva, crni dim iz izduvnog sistema, prođuvavanje gasova u karter motora, degradaciju motornog ulja i formiranje taloga na unutrašnjim delovima motora.

Aromatični ugljovodonici

Aromatični ugljovodonici su sva ona ciklična jedinjenja koja sadrže 1 benzenov (benzolov), ili više benzenovih prstenova. U benzenovom prstenu se sadrže 6 atoma C vezanih posebnom vezom tzv. aromatičnom vezom. Aromatični ugljovodonici utiču na proces sagorevanja uz formiranje depozita i policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH)³. Povećan sadržaj aromatičnih ugljovodonika utiče na povećanje temperature sagorevanja goriva, a time i emisije NO_x . Rezultati koje navodi ACEA (“European Automobile Manufacturer's Association”) ukazuju da smanjenje ukupnog sadržaja aromatika sa 30 na 10% pozitivno utiče na smanjenje emisije NO_x .

Sadržaj sumpora

Sumpor se prirodno javlja u sirovoj nafti. Ukoliko se sumpor ne uklanja tokom procesa prerade, on će ostati u gorivu. Prisustvo slobodnog sumpora i agresivnih jedinjenja sumpora, kao što su merkaptani, utiču na koroziju instalacija za dovod goriva i rezervoara. Jedno od osnovnih negativnih svojstava sumpora se ogleda u procesu sagorevanja, jer tom prilikom prelazi u SO_2 i SO_3 . Oksidi sumpora katalitički deluju na proces polimerizacije ugljovodoničnih goriva i maziva i

³ Neki od policikličnih aromatičnih ugljovodonika su toksični i kancerogeni (benzen, toulen).

potpomažu nepoželjno stvaranje taloga. Ovi oksidi u prisustvu vlage obrazuju sumporastu i sumpornu kiselinu koje izazivaju koroziju u prostoru za sagorevanje, čime se skraćuje „životni vek“ motora.

Direktive EU od 1993. godine permanentno su usmerene u pravcu smanjenja sadržaja sumpora u dizel gorivu.

Sumpor u dizel gorivu takođe značajno doprinosi formiranju PM. Naime, kada je sumpor oksidovan, prilikom sagorevanja, on formira SO_2 , što je prvenstveno sumporno jedinjenje koje se emituje iz motora. Međutim, deo SO_2 dodatno oksidiše u motoru, u izduvnoj grani, katalizatoru ili atmosferi – formirajući sulfate (SO_4). Sulfat i molekuli vode ukoliko se spoje formiraju aerosoli ili okruže obližnji ugljenik čime formiraju teže čestice koje imaju značajan uticaj na ukupan sadržaj PM. Kod motora bez oksidacionog katalizatora, nivo konverzije od sumpora do sulfata je vrlo nizak, obično oko 1%. Međutim, oksidacioni katalizatori (DOC – cilj im je smanjenje sadržaja CO i HC u produktima sagorevanja) značajno povećavaju nivo konverzije (na čak 100%), zavisno od efikasnosti katalizatora. Dakle, za moderne sisteme vozila, kod kojih većina poseduje oksidacioni katalizator, veliki deo SO_2 će oksidirati do SO_4 , i značajno povećati količinu PM koja se emituje iz vozila. Tako je utvrđeno da smanjenje sadržaja sumora u gorivu sa 500 na 30 ppm dovodi do smanjenja emisije PM za 7% kod lakih vozila i 4% kod teških kamiona (European Auto Oil programme).

Takođe, povećan sadržaj sumpora u gorivu utiče na smanjenje efikasnosti i drugih uređaja za naknadni tretman izduvnih gasova. Tako, napredne tehnologije (NOx absorber-LNT, selektivna karalitička redukcija-SCR) koje su dizajnirane da uklone najveću količinu NOx (i do 90%) nisu efikasne ukoliko gorivo sadrži sumpor. Naime, SO_2 formiran tokom sagorevanja i izbačen u izduvnim gasovima podleže reakciji u ovim uređajima slično onima kojima podleže NOx, ali oksidirana jedinjenja sumpora adsorbuju se jače na površinu katalizatora nego NOx, čime zaprljavaju katalizator.

Tačka (temperatura) paljenja

Temperatura paljenja predstavlja karakteristiku koja je od interesa za požarnu bezbednost pri čuvanju, transportu i eksploraciji goriva. To je najniža temperatura (u °C) do koje treba gorivo zagrejati da se iz njega izdvoji toliko gorivih i isparljivih sastojaka koji se mogu upaliti stranim izvorom topote i da trenutno sagore. Standard EN 590 temperaturu paljenja ograničava na minimalnu vrednost 55°C.

Ugljenični ostatak (sklonost ka koksovjanju)

Sklonost ka koksovjanju je svojstvo goriva da, pri sagorevanju u uslovima izrazitog nedostatka kiseonika, obrazuje koks. Ovo svojstvo je posebno važno u slučaju goriva za dizel motore, pošto pri sagorevanju izrazito nehomogene smeše lokalno postoje zone prebogate smeše. U osnovi, sklonost ka obrazovanju koka je izraženija ako u gorivu ima više teških ugljovodonika. Merilo sklonosti tečnih goriva ka koksovjanju predstavlja sklonost ka koksovjanju desetprocentnog ostatka destilacije, s obzirom da krajnji produkti destilacije predstavljaju najteže frakcije u gorivu. Ako je gorivo skljono stvaranju koka, mogu se javiti problemi sa začepljenjem brizgaljke i

stvaranjem naslaga na čelu klipa i na ventilima.

Viskoznost

Viskoznost spada u grupu najvažnijih radnih osobina. Viskozitet predstavlja karakteristiku unutrašnjeg trenja tečnih materija. Izražava se na više načina (dinamički, kinematski i relativni).

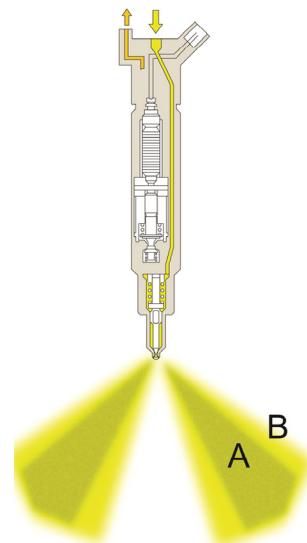
Prema standardu EN590 viskoznost dizel goriva treba da se nalazi u granicama od 2,0 do 4,0 mm²/s. I niža i viša viskoznost, od standardom propisane negativno utiče na rad sistema za napajanje, na proces mešanja sa sabijenim zagrejanim vazduhom i na kvalitet sagorevanja formirane smeše.

Viskozitet utiče na finoću i homogenost raspršivanja goriva u komori za sagorevanje. Što je viskoznost goriva niža, to je manji prečnik kapi nastalih ubrizgavanjem goriva, čime se obezbeđuje bolje formiranje smeše. Sviše niska vrednost viskoznosti daje manju dubinu prodiranja mlaza ubrizganog goriva (sitne kapi goriva imaju manju kinetičku energiju). Visoka vrednost viskoznosti onemogućava raspršivanje goriva na sitne kapi, ali povećava dubinu prodiranja. Veći srednji prečnik raspršenih kapi ima za posledicu nepotpuno sagorevanje goriva i povećanu potrošnju goriva. Ova pojava je naročito izražena kod brzohodnih dizel motora.

Izbor optimalne viskoznosti goriva nije samo od uticaja na proces stvaranja smeše, već i na pravilan rad svih elemenata instalacije za dovod goriva – naročito na niskim temperaturama. Sviše mala viskoznost, takođe nepovoljno utiče na rad pumpe visokog pritiska. Naime, usled nedovoljnog podmazivanja dolazi do povećanog habanja elemenata pumpe visokog pritiska. Takođe, usled nedovoljnog zaptivavanja elemenata pumpe dolazi do gubitka goriva i njegove nepravilne raspodele. Prema tome, donja granica je određena gubicima usled propuštanja, a gornja potrebnom finoćom raspršivanja.

Viskoznost dizel goriva je važna osobina koja utiče na performanse sistema za napajanje motora gorivom. Neke napojne pumpe za gorivo mogu pretrpeti prekomerno habanje i gubitak snage usled curenja pumpe ili brizgaljke zbog niske vrednosti viskoznosti goriva. Ako je viskoznost goriva sviše visoka, to može izazvati prevelik otpor pumpe, oštećenje filtera i negativno uticati na oblik mlaza goriva.

Generalno, goriva sa nižom viskoznošću imaju loša maziva svojstva.



Sl. 8.2. Uticaj viskoznosti na oblik i disperziju mlaza

A-visoka viskoznost utiče na nedovoljnu disperziju mlaza, B-odgovarajuća viskoznost povoljna viskoznost

Mazivost

Neki od pokretnih delova pumpe za napajanje motora gorivom i brizgaljke štite se od habanja samim gorivom. Da bi se izbeglo prekomerno habanje, gorivo mora da ima minimalan stepen mazivosti. Mazivost je karakteristika koja omogućuje da se smanji trenje između površina tokom njihovog međusobnog relativnog pomeranja. Mehanizam podmazivanja je kombinacija hidrodinamičkog podmazivanja i podmazivanja na graničnoj površini. Kod hidrodinamičkog podmazivanja sloj tečnosti sprečava kontakt između spregnutih površina. Kod pumpi za napajanje motora gorivom i brizgaljki, tečnost, koja vrši podmazivanje, je gorivo i njegova ključna karakteristika je viskoznost.

Goriva sa visokom viskoznošću obezbeđuju bolje hidrodinamičko podmazivanje. Dizel gorivo čija je viskoznost u opsegu EN 590 (2,00-4,50 mm²/s) ima odgovarajuće hidrodinamičke mazive karakteristike. Podmazivanje na graničnoj površini postaje značajno kada je u pitanju veliko opterećenje i/ili mala brzina, pa najveći deo goriva, koje obezbeđuje hidrodinamičko podmazivanje, iscuri iz prostora spregnutih površina, čime je samo malom površinom, gorivo, u kontaktu sa habajućim površinama.

Maziva sredstva za podmazivanje graničnih površina su hemikalije koje štite čvrste površine od habanja, formiranjem zaštitnog filma.

Dizel goriva lošijeg kvaliteta koja su se u prošlosti proizvodila imaju bolju sposobnost podmazivanja na graničnoj površini. To nije posledica ugljovodonika koji čine osnovnu strukturu goriva, nego nečistoća koje su sadržale kiseonik i azot, kao i određena aromatska jedinjenja. Evidentnu ulogu aromatskih jedinjenja (koja se nalaze u tragovima), potvrđuje i promena mazivih osobina sa dodatkom male količine aditiva (npr. 10 ppm). Materije koje u tragovima poboljšavaju mazive osobine goriva su prirodni dodaci nafte koji se prilikom destilacije preraspoređuju u naftnim frakcijama. Ove materije se mogu ukloniti naknadnom obradom, hidrotritingom, procesom koji služi za uklanjanje sumpornih, azotnih, kiseoničnih jedinjenja i nekih metala, čime se specifikacija goriva usklađuje sa standardom. Pored uklanjanja kontaminanata, hidrotritingom (procesom hidroobrade, uz velik višak vodonika), i velik deo aromatskih ugljovodonika se transformiše u odgovarajuće zasićene ugljovodonike.

Smanjenjem sadržaja određenih kontaminanata npr. sumpora ili aromata, dolazi i do nepoželjnog nusefekta-pogoršanja mazivih osobina. Korišćenjem ovakvog goriva, sa lošim mazivim osobinama, dolazi do povećanog habanja pumpe za gorivo i brizgaljke, a u ekstremnim situacijama i do havarijskog kvara na opremi. Problem je otklonjen dodavanjem aditiva za mazivost. Aditivirano gorivo koje se otprema na tržiste (iz rafinerija u distributivnu mrežu), ima usklađene mazive osobine sa važećim standardom, jer se aditivi za mazivost dodaju na lokaciji proizvođača.

Postoje različite metode za određivanje mazivosti goriva. Najviše korištena metoda je metoda kod koje se koristi uređaj visoke frekvencije, sa glavnim kretanjem napred-nazad (EN 12156-1:2012, the high frequency reciprocating rig (HFRR)). Ovom metodom u okviru standarda EN 590, minimalna vrednost za mazivost euro dizela je 460 µm.

Ukupne nečistoće

Dizel gorivo može prouzrokovati abrazivno habanje i na klipnim prstenovima, ukoliko je gorivo kontaminirano neorganskim abrazivnim česticama. Brizgaljke i pumpe za gorivo su delimično otporne na habanje, jer visok pritisak goriva ostvaruje dobru hidrodinamičku mazivost). Maksimalan sadržaj pepela⁴ u gorivu propisan je standardom EN 590 i iznosi 100 ppm. U standardu EN 590 postoji još jedna specifikacija koja je još oštija od specifikacije za pepeo, a to je specifikacija za ukupnu kontaminaciju, u koju su uključene sve čestice nečistoća („particulate matter“ -PM) i koja iznosi maksimalno 24 ppm-a.

Iako većina filtera za gorivo koju preporučuju proizvođači motora ima prečnik pora od 10 µm, istraživanja Southwest Research Institute ukazuju da je kritična veličina čestica koja izaziva značajno abrazivno habanje u rotirajućim delovima pumpe visokog pritiska za gorivo i u brizgaljkama 6-7 mikrona. Kod novih konstrukcija dizel motora koji imaju manju emisiju i zasnovani su na „common rail“ sistemu ubrizgavanja i višem pritisku ubrizgavanja, manje tolerancije između pokretnih i nepokretnih delova uslovjavaju da su motori još osetljiviji na čvrste čestice i nečistoće u gorivu. Zbog toga su neki proizvođači specificirali filtere sa prečnikom pora manjim od 2 µm.

Oksidaciona stabilnost

Nestabilno dizel gorivo može da formira rastvorljive gumaste materije i nerastvorljive organske čestice. Oba tipa ovih materija mogu da doprinesu stvaranju depozita u brizgaljkama, i ometanju rada začepljenjem filtera za gorivo. Gumaste materije i čestice mogu se formirati postepeno tokom dugog vremena skladištenja, ili brzo tokom recirkulacije goriva u sistemu za napajanje motora gorivom, zbog njegovog grejanja.

Stabilnost skladištenja se intenzivno i detaljno proučava, jer postoji značajan interes državnih i vojnih institucija za praćenje i predviđanje kvaliteta rezervi goriva. Većina korisnika ima mali interes vezan za stabilnost goriva tokom dužeg vremena skladištenja na ambijentalnoj temperaturi, jer se, obično, gorivo troši, najviše, nekoliko nedelja nakon njegove proizvodnje.

Termička stabilnost, sa druge strane, predstavlja neophodan uslov koji gorivo treba da zadovolji da bi efikasno funkcionalo, kao fluid koji odvodi temperaturu iz sistema (hladi ga).

Termička stabilnost može da bude još važnija u budućnosti jer proizvođači motora projektuju sve inovativnije konstrukcije brizgaljki koji funkcionišu na sve većem pritisku, a u cilju obezbeđivanja boljeg sagorevanja goriva (smanjenja potrošnje), i smanjenja emisije štetnih materija. Ove promene dovode do toga da gorivo mora funkcionisati na višoj temperaturi i/ili pri dužem injektorskom vremenu.

⁴ Ukupan sadržaj neorganskih čestica, kao i metalo-organska jedinjenja rastvorljiva u dizelu, čine deklarisan sadržaj pepela, iako samo neorganske čestice prouzrokuju habanje.

Niskosumporni dizel je stabilniji od dizela sa visokim sadržajem sumpora, jer se hidrotritingom pored uklanjanja sumpora uklanaju i prekursori stvaranja nerastvorljivih organskih materija. Pored pozitivnog efekta na gorivo, hidrotriting procesi imaju i negativno osobinu, jer se tokom prerade dizela na ovim procesima razgrađuju korisni prirodni antioksidansi. Zbog toga rafinerije moraju, u dizel dodavati stabilizere, aditive koji služe kao prevencija stvaranju peroksida.

Sadržaj pepela

Dizel gorivo sadrži deo neorganskih (nezapaljivih) jedinjenja (metaala) koja su prirodno prisutna u gorivu ili su uvedena u gorivo tokom prerade i/ili aditiviranjem. Tokom sagorevanja, ova neorganska jedinjenja pretvaraju se u čvrste oksidne čestice, sulfate ili viša kompleksna jedinjenja koja nazivamo jedinstvenim nazivom pepeo. Pepeo u gorivu i mazivu može da izazove koksovanje vrhova brizgaljke, kontaminaciju DPF filtera i sl.

Sadržaj vode

Voda u gorivu se javlja kao slobodna, hidroskopna ili u vidu emulzije. Najčešće dospeva u gorivo tokom manipulacije i skladištenja i, u manjoj meri, usled kondenzacije vlage iz vazduha ili usled hidroskopnosti goriva. Slobodna voda je u gorivu dispergovana u vidu sitnih kapljica i vremenom se taloži, jer je teža od goriva. Brzina taloženja je manja ako je veća finoća disperzije i veća gustina goriva. Prisustvo vode u gorivu može izazvati čitav niz operativnih problema kao što su:

- Poremećaj u brzini sagorevanja (pojava dizelskih udara),
- Koroziju rezervora i cevovoda,
- Vodena para usled kavitacije izaziva oštećenje brizgaljki,
- Dovodi do poremećaja u raspršivanju goriva,
- Izaziva formiranje mulja,
- Razređuje uljni film u cilindru,
- Dovodi do oštećenja turbo-kompresora,
- Izaziva koroziju izduvnih ventila...

Prisustvo vode u dizel gorivu tokom zime stvara probleme u startovanju i radu motora (stvoreni kristali leda mogu da začepe filter i da spreče protok goriva).

Korozivnost

Ograničenja korozije bakarne trake (pod specifičnim uslovima testiranja) se koristi da se preduprede mogući problemi sa bakarnim, mesinganim i bronzanim komponentama sistema za napajanje gorivom.

Organske kiseline u dizel gorivu, takođe mogu da izazovu korozivno habanje u sistemu goriva. Dok je kod dizela sa visokim sadržajem sumpora ovo značajan mehanizam koji izaziva korozivno habanje, kod nisko sumpornog dizela ova pojava je daleko manje značajna. To je posledica uklanjanja sumpora i razgradnje organskih kiselina u procesu hidroobrade koji je neophodan korak u finalizaciji euro-dizel goriva.

Destilacione karakteristike goriva

Destilacija ili kriva isparavanja definiše procenat goriva koji ispari pri zagrevanju do određene temperature. Izgled ove krive dominantno zavisi od sastava goriva. Karakteristike isparavanja su vrlo važne za određenu primenu goriva, tako da se standardima za goriva definišu karakteristične temperature sa krive isparavanja. Najčešće se definišu temperature na kojima ispari 10, 50 i 90% goriva, jer je svaka od njih značajna za određenu fazu obrazovanja smeše. Tako je, na primer, temperatura na kojoj ispari 10% goriva značajna za hladan start motora. Što je ona niža, startovanje motora je lakše. Takođe, povećanje ove temperature utiče na povećanu emisiju izduvnih gasova, kao posledica skraćenja vremena sagorevanja. Sa druge strane, ako je ova temperatura suviše niska (ispod 200 °C), gorivo sadrži višak lakih frakcija. U tom slučaju se povećava pritisak po stepenu ugla kolenastog vratila motora i narušava se proces sagorevanja. Temperatura do koje ispari 50% goriva značajna je za period zagrevanja motora, tj. dovođenja u radni režim. Korisno je da ova temperatura bude što niža, jer se na taj način omogućava brže zagrevanje motora, a samim tim bolja ekonomičnost i manje habanje delova motora. Temperatura do koje ispari 90% goriva ukazuje na prisustvo težih frakcija. Visoka temperatura kraja destilacije (iznad 380 °C) ima za posledicu lošije ubrizgavanje goriva, krupnije kapi, sporo isparavanje, nepotpuno sagorevanje, intenzivna pojавa čestica čađi, formiranje koksa na vrhovima brizgaljki i nakupljanje gareži na delovima klipno-cilindarske grupe itd.

Filtrabilnost

Operativnost na niskim temperaturama često predstavlja problem kod korišćenja srednjih destilata, jer oni sadrže ugljovodonike sa ravnim i razgranatim lancima (parafinski vosak) koji očvršćavaju na ambijentalnoj zimskoj temperaturi u hladnjim geografskim zonama.

Problem sa formiranjem ovih parafinskih voštanih formacija, može se još više pogoršati u slučaju blendiranja dizela fosilnog porekla sa biodizelom. Vosak može da zapuši filter za gorivo ili da dovede do toga da čitavo gorivo gelira, čime se onemogućuje protok goriva kroz sistem za napajanje motora gorivom. Konstrukcijama motora se dislocira ovaj problem sa lokacije pumpe za gorivo i filtera, jer se ovi delovi motora najviše greju. To u praksi znači da se pumpa veća količina goriva prema brizgaljkama nego što je potrebno za rad motora, pa se recirkulacijom, zagrejan višak goriva vraća u rezervoar. Iako je primarna funkcija ovog recirkulacionog toka hlađenje brizgaljke, na taj način se, takođe, greje i čitava količina goriva u rezervoaru.

Niskotemperaturne osobine, osobine niskotemperaturnog protoka (Cold flow properties), kvantifikuju se tačkom zamućenja (CP), tačkom stinjavanja (PP) i tačkom začepljenja hladnog filtera (CFPP).

Metodama za određivanje CP, PP i CFPP se kvantifikuju limiti za korišćenje goriva u hladnim vremenskim uslovima. Ove metode su definisane ASTM i EN metodama.

1. CP je najviša temperatura na kojoj se kristali voska prvo pojavljuju u uzorku goriva i ima najvišu temperaturu od tri niskotemperaturne osobine.

2. PP je najniža od tri niskotemperaturna svojstva i pokazuje temperaturu na kojoj gorivo gelira, ili tačka stinjanja je najniža temperatura, na kojoj je uzorak u tečnom stanju.
3. CFFP test simulira hladan start motora i definiše najnižu temperaturu na kojoj gorivo može da prolazi kroz filter goriva sa definisanim veličinom pora. To je i najniža temperatura na kojoj dato gorivo neće praviti problem u određenim sistemima za napajanje i distribuciju goriva kod motora.

CFFP je definisan standardom EN590 (EN116) na osnovu klimatskih zona (od +5°C do -20°C). Srbija spada u F klimatsku zonu, u kojoj je od početka decembra do kraja februara, definisano da dizel gorivo mora imati CFFP ispod -20°C.

Zbog problema sa eksploracijom dizel motora u zimskim uslovima, ponekad, vozači u hladnim regionima, ne gase vozila, i kada ih ne koriste. Ova praksa je u pojedinim delovima sveta zabranjena, iako je u nekim slučajevima cena potrošenog goriva niža od vinterizacije motora (njegovog prilagodavanja za ekstremno niske temperature). Kod vinterizacije je neophodno ugraditi opremu za grejanje rezervoara za gorivo, izolovati linije u sistemu za gorivo, i omogućiti da se greje filter za gorivo.

U rafinerijama postoji čitav niz različitih pristupa rešavanju problema sa operativnošću goriva u niskotemperaturnim uslovima:

- Proizvodnja dizel goriva od sirovina koje sadrže manje parafinskih materija.
- Proizvodnja dizela sa nižom temperaturom kraja destilacije (Time se isključuju parafinske komponente sa visokom tačkom ključanja koje imaju višu tačku topljenja.)
- Razblaženje dizela sa gorivom koje ima niži sadržaj parafina (D-1 dizel gorivo, ili kerozin).
- Tretiranje sa aditivima za poboljšanje niskotemperaturne operativnosti.

Nakon toga što je gorivo u distributivnom sistemu, razblaženje sa D-1 dizelom/kerozinom je najbolja opcija i najpraktičniji put da se poboljšaju niskotemperaturne karakteristike.

Aditivi koji se dodaju služe za poboljšanje niskotemperaturne filtrabilnosti i smanjivanje tačke tečenja. Kada se koriste aditivi, njihovo korišćenje ima čitav niz prednosti: korišćenje takvog dizel goriva nije lokalno ograničeno, i takvo gorivo može da se koristi u svim klimatskim zonama, njihovo korišćenje ne zahteva znatna finansijska sredstva, oni ne smanjuju gustinu goriva, kao ni toplotnu vrednost goriva i njegovu potrošnju.

8.1.2. Poboljšanje karakteristika goriva aditivima

Efekti dejstva različitih aditiva mogu se posmatrati u različitim vremenskim okvirima. Neki od aditiva imaju brz, trenutni efekt (npr. cetan impruveri), dok se kod drugih, efekat njihovog dejstva može primetiti tek nakon dužeg vremena eksploracije (aditivi za čišćenje-detergenti).

Gornja granica doziranja aditiva je generalno ispod 0,1%, tako da se fizičke

karakteristike goriva kao što su gustina, viskoznost i isparljivost ne menjaju njihovim dodavanjem.

Aditivi koji se mogu dodavati u dizel gorivo dele se na osnovu mesta dodavanja, na tri grupe:

- u rafinerijama,
- u distributivnom sistemu goriva i
- na aditive koji se dodaju nakon kontrole proizvođača (dodaju ih krajnji korisnici ili preprodavci goriva i nazivaju se “*aftermarket additives*”).

Refinerijsko aditiviranje. Rafinerije moraju garantovati da njihov proizvod zadovoljava specifikacije i da svojim karakteristikama odgovara nameni. Ovaj zahtev može se postići izborom sirovine, odgovarajućom rafinerijskom preradom, namešavanjem ili korišćenjem aditiva. Konačan izbor načina na koji će se to postići su ekonomski faktori.

Neke rafinerije se oslanjaju na dodavanje aditiva, dok druge mogu da ostvare visok kvalitet proizvoda bez dodavanja aditiva. Pošto rafinerije ne publikuju podatke, egzaktni podaci o korišćenju aditiva ostaju nepoznati.

Proizvođači goriva češće koriste pakete aditiva sa višestrukim dejstvom, nego aditive koji poboljšavaju samo jednu osobinu. U zavisnosti od specifičnosti potreba i zbog lokalnih zakonskih regulativa, u različitim delovima sveta, akcenat se stavlja na određenu grupu aditiva, i na osnovu toga se koncipira i njihovo primarno dejstvo.

U Americi, najjednostavniji paketi aditiva obično sadrže aditive za snižavanje tačke stinjavanja i aditive za poboljšanje stabilnosti goriva. Korišćenje cetan impruvera je uobičajeno u Kaliforniji, a u cilju smanjenja emisije u skladu sa CARB (*California Air Resources Board*) dizel regulativom. Tačka zamućenja se češće reguliše promenom procesnih parametara, nego dodavanjem aditiva. U Evropi, za razliku od Amerike, niskotemperaturna operativnost postiže se dodavanjem CFPP aditiva. U Evropi i Aziji se koriste i antipenušavci, u cilju zaštite krajnjeg korisnika od prskanja tokom punjenja rezervoara.

Penušanje je manji problem u Južnoj Americi zbog nižeg destilacionog opsega dizel goriva, različito konstruisanih rezervoara i sistema za raspršivanje goriva. Aditivi za poboljšanje mazivosti se koriste u svim delovima sveta, jer su neophodni kod korišćenja niskosumpornog dizela.

Aditiviranje u distributivnoj mreži. Operateri na cevovodnoj mreži ponekad doziraju aditive za smanjenje otpora kod pumpanja da bi povećali kapacitet pumpanja i/ili inhibitore korozije. Karakteristike goriva se mogu poboljšati i na distributivnim terminalima ili na pumpnim stanicama (npr. dobijanje dizela „Premijum“ kvaliteta od regularnog, dodavanjem aditiva). Paket aditiva može da sadrži detergent/disperzant, aditiv za stabilizaciju, cetan improver, aditiv za poboljšanje niskotemperaturenih osobina i biocid. Ovo nije generalna receptura, jer paket aditiva po svom sadržaju i odnosima komponenata treba da je prilagođen karakteristikama goriva.

Aditivi koje dodaju krajnji korisnici (Aftermarket Additives.) Neki korisnici

koriste aditive da bi poboljšali pojedine karakteristike goriva i zadovoljili svoje individualne zahteve (npr. poboljšanje niskotemperaturnih osobina, kod promene klimatskih uslova). Postoji širok spektar aditiva različitih proizvođača koji su namenjeni krajnjim korisnicima. Neki od tih aditiva imaju proizvođačku garanciju delovanja. Na primer, aditivi za odmrzavanje, treba da imaju u deklaraciji garanciju u kojoj se navodi minimalna spoljna temperatura pri kojoj rešavaju probleme i/ili na kojoj temperaturi aditiv ne može delovati.

U većini slučajeva, paketi aditiva sadrže komponente sa detergentskim dejstvom, poboljšivače mazivosti i cetan impruvere. Svi ovi aditivi već bi trebali da su dodati u rafinerijama ili od strane distributera.

NAPOMENA: Korisnik treba da je oprezan kod korišćenja aditiva. **Neki od aditiva se agresivno reklamiraju, a poboljšanja goriva koja u tim reklamama garantuju, često su suviše dobra da bi bila istinita.** Neophodno je biti vrlo oprezan sa dodavanjem aditiva u „sopstvenoj režiji“, jer ukoliko se koristi gorivo renomiranih distributera, svi potrebni aditivi su već dodati. Dodavanje netestiranih aditiva u prethodno aditivirana goriva može dovesti do nekompatibilnosti između njih i/ili između njih i komponenti goriva, čime se narušava pređašni kvalitet.

Ukoliko korisnik smatra da mu je neki od aditiva zaista potreban, potrebno je da bude pažljiv i da se strogo drži preporuke proizvođača aditiva i proizvođača motora. Neadekvatnim korišćenjem može da se izazove neželjen efekat u motoru, i da se zbog toga izgubi garancija proizvođača (npr. pojedini proizvođači motora ne preporučuju korišćenje odmrzivača na bazi alkohola).

NAPOMENA: Dodavanje benzina u dizel gorivo sa ciljem sprečavanja izdvajanja parafina nije dozvoljeno. Može oštetiti delove motora.

8.1.2.1. Tipovi aditiva i njihova dejstva

Cetane Improver

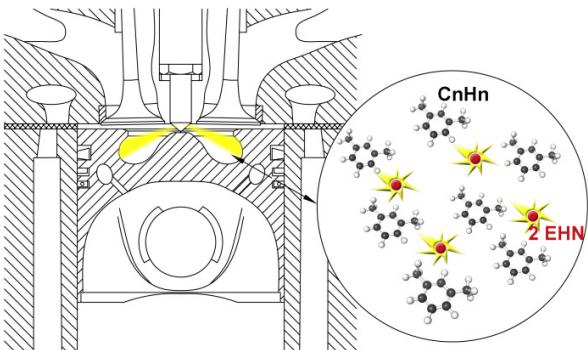
Važna karakteristika dizelskog goriva je cetanski broj. On predstavlja indikator vremenskog kašnjenja između ubrizgavanja i spontanog paljenja goriva (veći cetanski broj - kraće kašnjenje paljenja). Cetanski broj je merilo lakoće s kojom će se raspršeno dizelsko gorivo zapaliti i sagoreti. Drugim rečima, on određuje kvalitet paljenja dizelskog goriva.

Cetanski broj goriva zavisi od raznih parametara (vrsta sirove nafte, sezone, situacija na tržištu ...). Sirova nafta, u procesu prerade, prvo prolazi kroz atmosfersku destilaciju, a dizel koji se dobija ima dobar cetanski broj. Međutim, atmosferskom destilacijom se proizvodi pored „belih“ derivata (u koji spada i dizel) i 20% do 80% atmosferskog ostatka. Kako bi se optimizovala rafinerijska proizvodnja, naftne kompanije često recikliraju teške frakcije katalitičkim krekingom, u cilju povećanja „belih“ proizvoda (gasa i goriva). Dizelska frakcija dobijena ovim postupkom ima niži cetanski broj. U rafinerijama se dizel gorivo dobija namešavanjem proizvoda dobijenog sa kreking procesa i dizelske frakcije dobijene sa atmosferske destilacije

sirove nafte.

Vrednost cetanskog broja utiče na: startnost pri hladnom vremenu, potrošnju goriva, emisiju izduvnih gasova i buku prilikom sagorevanja:

- Kako do samozapaljenja dolazi lakše, visoki cetanski broj goriva će garantovati lakši start motora, potpunije sagorevanje i smanjenje potrošnje dizela. Ovo ima za posledicu smanjenje sadržaja štetnih materija u izduvnim gasovima, čime se smanjuje zagađenje okoline.
- Veći cetanski broj takođe je povezan sa nižim stopama porasta pritiska u cilindru motora tokom sagorevanja. To dovodi do smanjenja jačine udara na klip i kolenasto vratilo, što rezultira poboljšanjem performansi i smanjenjem mogućnost trošenja pokretnih delova u motoru. Pored ovoga smanjen je i karakteristični dizelski „udar“ prilikom sagorevanja



Sl. 8.3. Dejstvo Cetan improvera

Za poboljšanje kvaliteta povećanjem cetanskog broja dizel goriva koriste se određeni aditivi, „*cetan impruveri*“. Hemikalije koje utiču na povećanje cetanskog broja i koje se mogu koristiti za aditiviranje mogu biti nitrati, nitroalkani, nitrokarbonati i peroksidi. Danas se najčešće kao cetan impruver koristi 2 etilheksil nitrat, 2-EHN ($C_8H_{17}NO_3$), koji počinje da se raspada na $130^{\circ}C$.

Poboljšanje cetanskog broja dodavanjem aditiva zasniva se na osobini cetan impruvera da se zbog svoje hemijske prirode raspadaju na nižoj temperaturi od dizel goriva. Pošto je reakcija raspadanja aditiva egzotermna, ona inicira odigravanje reakcija u gorivu, što ima za rezultat da sagorevanje goriva počinje na nižoj temperaturi.

Dodavanjem 2-EHN kao aditiva postiže se čitav niz poboljšanja:

- Poboljšanje kvaliteta dizela u skladu sa zahtevanim specifikacijama, uz povećanje dozvoljene količine dizelske frakcije dobijene kreking procesima,
- Poboljšanje kvaliteta dizel goriva i dobijanje proizvoda u „premium“ kvalitetu,
- Osigurava se fleksibilnost procesa, omogućujući korištenje naftenske sirove nafte sa niskim cetanskim brojem, kada to diktiraju geografski i ekonomski uslovi.

Od svih aditiva za povećanje cetanskog broja 2-EHN je, takođe i, najisplativije rešenje, jer daje rafinerijama najviše fleksibilnosti da postignu željeni nivo kvaliteta, uz istovremeno povećanje proizvodnje dizel goriva.

Porast cetanskog broja u gorivu (CN) zavisi od izvornog cetanskog broja osnovne sirovine. Sirovine koje imaju izvorno niži cetanski broj, manje su osetljive na dodavanje aditiva za povećanje cetanskog broja. Drugim rečima, što je gorivu potrebnije dodavanje aditiva (CN), ono je manje osetljivo na njega.

Dodavanjem aditiva i smanjenjem vremena za paljenje, aditivi za poboljšavanje cetanskog broja imaju uticaj na emisije produkata sagorevanja i duži vek motora:

- Manja potrošnja goriva,
- Bolji „hladni start“ (gorivo se lakše pali),
- Manje kucanje (*knock*) i buka iz motora: kako se gorivo brzo pali, takođe i duže gori, što omogućava da pritisak u komori raste postepeno-„glatko“,
- Smanjenje habanja: bolje sagorevanje dovodi do stvaranja minimalne količine depozita i habanja motora
- Omogućavaju veću fleksibilnost rafinerija u cilju poboljšanja kvaliteta dizel goriva, čime se maksimiziraju rafinerijski prinosi.

Aditivi za poboljšanje mazivosti

Pojam mazivosti se često pogrešno vezuje za viskoznost goriva i debljinu sloja goriva koje gorivo pravi na habajućim površinama. Međutim, mazive karakteristike određenog goriva nisu direktno vezane sa debljinom sloja koje to gorivo pravi, nego sa vrstama i karakteristikama komponenata koje zaustavljaju trošenje nalegajućih površina. Zbog toga se mazive osobine mogu definisati kao merilo, po kome sredstvo za podmazivanje može da smanji trenje.

Ranije se mazivost dizel goriva nije pojavljivala kao problem (dizel gorivo je zbog svojih osobina pružalo adekvatnu zaštitu motoru). Nositelj mazivih karakteristika dizel goriva su neki od težih ugljovodonika koji sadrže sumpor i polarna jedinjenja i koji su po svojoj prirodi dizel gorivu davali maziva svojstva. Međutim, to se promenilo zbog propisa u pojedinim državama (npr. EU i SAD-a), koji su predviđeli uklanjanje sumpora iz goriva. Danas, dizel goriva imaju niža maziva svojstva i obično im je potrebno dodavati aditiv, koji će ta maziva svojstva poboljšati, a kako bi se sprečilo prekomerno trošenje delova motora.

Naime, tokom hidrotriting procesa aromatski i olefinski ugljovodonici se zasićavaju, a sumporna jedinjenja se konvertuju u vodonik sulfid. Jedinjenja koja sadrže kiseonik i azot takođe gube svoju polarnost. Iako su ove promene dobre s aspekta smanjenja štetne emisije, smanjenje sadržaja sumpornih jedinjenja (ispod 500 mg/kg, naročito ispod 50 i 10 mg/kg) u gorivu, dovodi do pogoršanja njegovih mazivih osobina. Utvrđeno je da se tokom procesa hidrodesulfurizacije snižavaju mazive rezerve za 80–200 µm (vrednosti utvrđene HFRR metodom). Ovo je najviše korištena metoda za utvrđivanje mazivosti dizela. Metoda ispitivanja je definisana standardom EN 12156-1:2012. Ova metoda je uvedena u standard EN 590, 2005. godine, pri čemu je limitiran dijametar oštećenja habanjem od max. 400–460 µm.

S druge strane, modelna sumporna jedinjenja ne vraćaju mazive osobine hidrotretiranom dizel gorivu. Zbog toga se može zaključiti da uklanjanje sumpornih

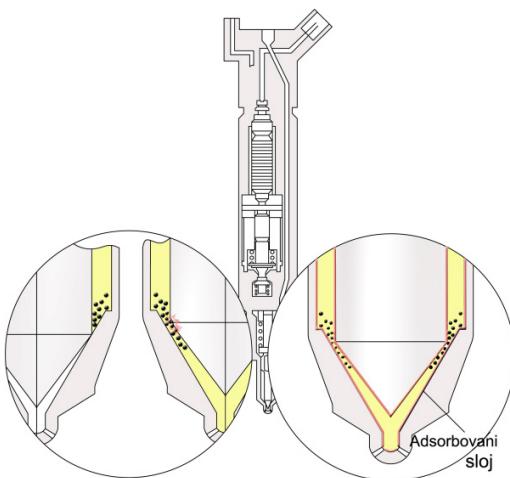
jedinjenja nije jedini razlog gubitka mazivosti niskosumpornog dizel goriva. Naime, neka goriva imaju visok sadržaj sumpornih jedinjenja, i bez obzira na to lošu mazivost. U rafinerijama se dizel gorivo dobija blendiranjem čitavog niza tokova i komponenti koje imaju različit nivo mazivosti.

Aktivnost poboljšivača mazivosti i modifikatora trenja, kao i većine drugih aditiva za gorivo kao što su detergenti, disperzanti, deemulgatori/dehazeri zavisi od površinskih fenomena. Sve površinske materije imaju polarne i nepolarne grupe, i na osnovu toga koja je grupa dominantna, one su bolje rastvorljivije u ulju ili vodi. Svi aditivi za poboljšanje mazivosti sastoje se od malih polarnih grupa koje se lepe na metalnu površinu i dugih ugljovodoničnih nepolarnih grupa. Kada se aditivi za poboljšanje mazivosti adsorbuju na metalnu površinu, oni deluju i kao aditiv protiv habanja delova pumpe za gorivo i brizgaljki.

Poboljšivači mazivosti i modifikatori trenja (frikcije) rade na principu formiranja filma na metalnoj površini. Dok poboljšivači mazivosti služe da zaštite delove sistema za napajanje motora gorivom od abrazivnog habanja pomoću mehanizma adsorpcije na metalnoj površini, modifikatori trenja smanjuju trenje između delova koji se relativno kreću (smanjuju habanje usled trenja klizanja). Poboljšivači mazivosti su generalno površinski aktivni materije i koncentrišu se na graničnoj površini, formirajući tanak film.

Poboljšivači mazivosti (aditivi za poboljšavanje mazivosti ili poboljšivači jačine filma) su masti, estri masnih kiselina, amidi, biljna ulja i estri. Danas se najčešće koriste tri grupe hemikalija: monokiseline, amidi i estri. Zajednička karakteristika svih ovih jedinjenja je što sadrže polarnu grupu kojom mogu da se vežu na metalnu površinu, i formiraju tanak film (čime redukuju frikciju).

Odgovarajući sadržaj aditiva za mazivost je od 25 do 500 mg/kg. Potrebno je da ti aditivi budu polarna dugo-lančana jedinjenja, kako bi mogla formirati adekvatan zaštitni sloj na metalnoj površini. Biodizel se smatra za dobro mazivo sredstvo, jer je on mešavina estara. Dodatkom 5% biodizela u dizel sa lošim mazivim karakteristikama, mazivost se značajno poboljšava. HFRR metodom⁵ je dobijena



Sl. 8.4. Dejstvo aditiva za poboljšanje mazivosti

⁵ HFRR metoda primenjuje se za ocenjivanje mazajućih svojstava goriva pomoću uređaja visoke frekvencije sa glavnim kretanjem napred-nazad.

mazivost od 200 µm.

U slučaju čisto hidrodinamičkog podmazivanja, viskoznost zauzima značajnu ulogu u uspostavljanju neophodne mazivosti. Da bi se dobila deklarisana vrednost mazivosti, potrebno je utvrditi karakteristike goriva i na osnovu toga se može odrediti potrebna količina aditiva.

Takođe, dugo vremena je poznato da dizel gorivo, prilagođeno za zimske uslove koje ima manju viskoznost i sadrži manju koncentraciju voskastih materija od letnje gradacije dizela, ima manji kapacitet nosivosti i kao posledicu toga manju mazivost.

Modifikatori frikcije

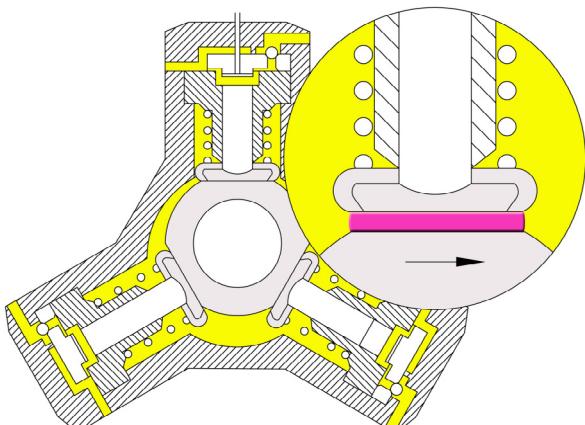
Kod motora se oko 18% energije goriva gubi kroz internu frikciju delova motora (ležajeva, ležišta ventila, klipova, prstenova, pumpe za vodu i ulje itd). Samo 25% toplotne energije se pretvorи u koristan rad. Preko 50% ukupnog gubitka energije na pojedinim delovima motora, kao što su ventilski sklop i klipni prstenovi, je posledica frikcije. Aditivi za poboljšanje mazivosti, kao što su modifikatori frikcije, mogu da smanje trenje na trećinu i time dodatno povećaju iskorištenje energije za 3%. Zbog toga je ispitivanje i istraživanje novih modifikatora frikcije od strateškog značaja.

Dodavanjem modifikatora trenja gorivu male mazivosti obezbeđuje se smanjenje njegove potrošnje, kao i zaštita pumpe visokog pritiska i brizgaljke od habanja.

U praksi se predlažu različita jedinjenja kao aditivi za smanjenje frikcije.

Da bi se komercijalno koristio, modifikator habanja mora da bude kompatibilan sa ostalim aditivima. To često postaje veliki problem za komercijalnu primenu. Testovima kojima se utvrđuje štetno dejstvo obuhvaćena su ispitivanja:

- kompatibilnosti sa gorivom i ostalim aditivima koji su prisutni, u određenom temperaturnom opsegu,
- da njegovom primenom nije došlo do rasta depozita na ventilima i u komori za sagorevanje (npr. jedinjenje kao što je n-butilamin oleat, kada se koristi u kombinaciji sa detergentom, dovodi do povećanja količine depozita na ventilima.),
- da nema lepljenja ventila na niskoj temperaturi i
- da zbog njegove primene nije došlo do korozije u sistemu goriva, cilindrima i na kućištu kolenastog vratila.



Sl. 8.5. Modifikator habanja

Svi aditivi frikcije funkcionišu adsorpcijom na metalnu površinu. Adsorbovani sloj može lako da se „sastruže“, međusobnim kretanjem neravnih površina. Ubrzo nakon prestanka naprezanja adsorbovan sloj se vraća na svoju početnu poziciju.

Modifikator habanja često se u gorivo dodaje u kombinaciji sa detergent dispergant aditivom, u određenom odnosu (prilagođeno karakteristikama goriva). Odgovarajućom koncentracijom ovog paketa aditiva u gorivu postiže se smanjenje potrošnje goriva usled kombinovanog delovanja smanjenja frikcije i stvaranja depozita (obезбеђује потпуније sagorevanje goriva). U izboru pogodnih komponenti za kombinovan paket aditiva (detergent-modifikator habanja), važno je obezbediti balans karakteristika oba aditiva. Modifikator habanja ne sme imati suprotan efekat, dejstvu detergenta. U suprotnom, paket aditiva ima negativne efekte na performanse motora.

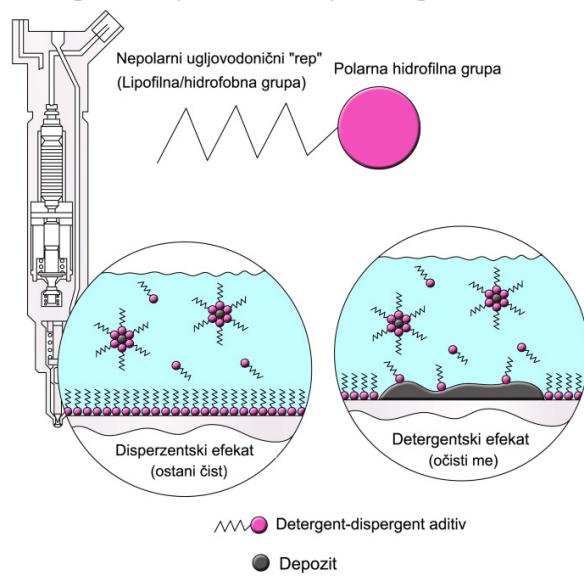
Aditivi za kontrolu depozita (Deposit Control Additives, Detergent Dispersant)

Deterdžent-disperzant aditivi se mešaju u gorivima kako bi se sprečilo formiranje različitih depozita i za čišćenje sistema za napajanje motora gorivom i komore za sagorevanje. Njihov značaj se ogleda u činjenici da je njihov udeo 40-50% svih aditiva.

Mehanizam delovanja kontrole depozita

Svi detergentski i aditivi za dispergovanje (DD) imaju polarne hidrofilne i nepolarne hidrofobne grupe u svojoj strukturi. Ovi aditivi, pored svojih disperzantskih i deterdžentskih dejstva, formiraju zaštitni film na metalnim površinama, i dejstvuju u pravcu rastvorljivosti i neutralizacije kiselina. Nepolarna grupa rastvara dodatke u gorivu, a polarna grupa privlači čestice depozita koje takođe imaju neki polaritet. Ovim mehanizmom deluju svi aditivi za kontrolu depozita. Polarna grupa se vezuje za čestice depozita i uklanja ih od metalne površine preko deterdženta akcije. Pored obezbeđivanja dobre rastvorljivosti aditiva u gorivu, noseće ulje pomaže u otklanjanju deponovanih čestica od metalnih površina.

U normalnim uslovima, aditiv se nalazi u kontrolisanoj molekulskoj formi, u obliku tankog filma na metalnim delovima motora. Ovaj film je prva barijera od formiranja depozita, i može, takođe, da lagano ukloni svaki depozit akcijom detergentskog čišćenja.



Sl. 8.6. Tipična kontrola depozita detergensko/disperzionali molekul

Deterdženti (Detergent Additives)

Čista brizgaljka za gorivo je veoma bitna za efikasan rad dizel motora. Vrh brizgaljke je u direktnom kontaktu sa prostorom za sagorevanje. Depozit na vrhu brizgaljke može značajno poremetiti performanse motora. Gorivo (kao i motorno ulje) mogu da stvore depozit u zoni otvora brizgaljke za gorivo koji je izložen visokoj temperaturi u cilindrima.

Količina formiranog depozita zavisi od sastava goriva, dizajna motora, sastava ulja i operativnih parametara. Danas se velika količina depozita u brizgaljki dizel motora uglavnom stvara zbog prisustva nestabilne biodizelske mešavine (standard EN590/2009. omogućava namešavanje do 7% biodizela standardnog kvaliteta EN14214) ili zbog metala u gorivu.

Kao što je spomenuto, koksni depozit na brizgaljkama formira se na vrhu i unutar otvora brizgaljke. Depozit koji se formira unutar brizgaljke (tela brizgaljke, igli brizgaljke, unutar otvora mlaznice), može se formirati i na ventilskoj grupi, kao i na klipovima. Depozit se pored toga može stvarati i u cevima recirkulacionog izduvnog gasnog sistema (EGR). Depozit na brizgaljki usporava njenu reakciju, usled slepljivanja pomerljivih delova. Rezultat toga je nepravilan rad brizgaljke, modifikacija vremena i količine ubrizganog goriva, usled čega dolazi do nepravilnog rada motora, koji se manifestuje smanjenjem snage, povećanjem potrošnje goriva, povećanom emisijom izduvnih gasova, povećanom bukom i vibracijom motora.

Razlikuju se dve osnovne grupe depozita:

- voštani ili depozit u obliku sapuna (najviše zastupljen depozit kod motora u US) i
- ugljenični depozit (depozit u obliku laka, kod EU motora).

Postavljene su brojne teorije o uzroku formiranju depozita. U cilju sprečavanja stvaranja depozita razvoj je fokusiran na tehničkim parametrima motora (visoka temperatura i pritisak u „common rail“ sistemu ubrizgavanja, mali zazori u brizgaljkama, višestepeno ubrizgavanje u jednom ciklusu), kvalitet goriva (hidrokrekovano i/ili sa smanjenim sadržajem aromata i/ili smanjenje sadržaja polarnih grupa i/ili neorganskih jona, Na, Ca i/ili biodizela), kao i korišćenje drugih aditiva za gorivo (inhibitora korozije, aditiva za mazivost i/ili aditivi za kontrolu depozita, „cold flow improveri“, regulatori deponovanja voska i sl.).

Čađ je najštetniji kontaminant kod modernih dizel motora. Kod dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem, vreme evaporizacije i mešanja vazduha i goriva je relativno kratko. Zbog toga sagorevanje smeše bogate gorivom može da bude nekompletno, što ima za posledicu stvaranje čađi. Čađ se stvara tokom procesa sagorevanja i može se pojaviti u ulju tokom „struganja“ uljnih prstenova o unutrašnju oblogu cilindra, čime se ulje kontaminirano sa čađi uvodi u uljni sistem. Kod modernih dizel motora koji zadovoljavaju najnovije regulative vezane za emisiju izduvnih gasova, nivo čađi u ulju sme najviše da bude 5%, pre njegove zamene. Ukoliko se u motoru, opremljenim EGR

ventilom⁶, koristi ulje sa dugim periodom zamene nivo čađi u ulju može biti vrlo visok.

Problemi pojave čađi, kao posledica nepotpunog sagorevanja mogu da se izbegnu ukoliko gorivo sadrži više kiseonika (na taj način se izbegava manjak kiseonika potreban za potpuno sagorevanje goriva). Kao dodatni izvor kiseonika može se koristiti: metanol, dimethyl-etar, i etanol. Tako na primer, stvaranje čađi može se u potpunosti eliminisati ukoliko gorivo sadrži više od 30% dimetil etra, u kome je 34% kiseonika. Ova mešavina je idealna za korišćenje u dizel motorima u cilju eliminisanja stvaranja čađi. Problem sa korišćenjem ovog goriva je gubitak energije (niža kalorijska vrednost u odnosu na konvencionalna goriva).

DD aditivi u gorivu obezbeđuju:

- čist sistem za dovod goriva,
- obezbeđuju uniformno ubrizgavanje goriva (nema depozita koji bi inhibirao slobodan protok goriva),
- efikasno sagorevanje goriva,
- rast pritiska sa niskim gradijentom, nizak nivo buke,
- poboljšanje performansi,
- optimalne vozne karakteristike,
- nižu potrošnju goriva i troškovi održavanja (5–10%, raste interval između servisa) i
- niži sadržaj štetnih materija u izduvnim gasovima.

Sami DD aditivi ne poboljšavaju karakteristike emisije kod dizel motora, ali smanjuju rizik da se emisija poveća zbog stvaranja depozita. Na taj način ovi aditivi indirektno utiču na smanjenje emisije.

Tipično se, u upotrebi kod dizel goriva, DD aditivi koriste u koncentraciji od 100 do 500 mg/kg, kao jedna komponenta u multifunkcionalnom paketu aditiva, sa ostalim komponentama kao što su antioksidansi, metal deaktivatori, inhibitori korozije, antipenušavci i cetan impruveri.

Najnoviji paketi aditiva pogodni za sprečavanje nastajanja i unutrašnjeg i spoljašnjeg depozita na brizgaljkama, mogu se koristiti i za starije, kao i za novije dizel motore. Novi aditivi za kontrolu depozita sposobni su da eliminišu depozit (test CEC F-98-08 DW10), kao i da eliminišu smanjenje protoka brizgaljke (test CEC F-23-01 Peugeot XUD-9 t). Korišćenjem ovih paketa aditiva ne dolazi do gubitka performansi. Paketi aditiva koji sadrži antikorozioni aditiv, antipenušavac i cetan impruver, pokazali su se

⁶ EGR - Exhaust Gas Recirculation – sistem za recirkulaciju izduvnih gasova sa ciljem smanjenja emisije NO_x. Ovaj sistem primenjuje se kod skoro svih dizel motora, od putničkih vozila do kamiona i traktora, koji zadovoljavaju EURO 3 i novije standarde. Dodatna efikasnost EGR sistema ostvaruje se hlađenjem izduvnih gasova pre njihovog povratka u komoru za sagorevanje. Na taj način se dodatno smanjuje mogućnost nastanka oksida azota na povišenim temperaturama.

izuzetni kod korišćenja, kako u čistom dizelu fosilnog porekla, tako i kod korišćenja mešavine koja sadrži biodizel.

Poboljšivači protoka i depresanti parafina u gorivu

Kvalitet dizel goriva doživeo je drastične promene u poslednjoj deceniji. Drastično je smanjen sadržaj aromata, olefina i sumpora. Pored toga snižen je i kraj destilacije, čime je dizel gorivo postalo lakše. Ove promene koje su skratile dužinu parafinskog lanca i smanjivanje količine aromata, učinile su promene u parafinskoj rastvorljivosti, čineći gorivo više parafinsko po prirodi. Ove promene iziskuju odgovarajuće uskladivanje strukture poboljšivača tečenja (flow improver).

Karakteristike srednjih destilata na niskim temperaturama

Tačka zamrućenja (CP) i tačka stinjavanja (PP) su dve karakteristike usvojene kao reprezententi ponašanja srednjih destilata na niskim temperaturama. Tačka zamrućenja (ASTM D 2500) je temperatura na kojoj parafinski molekuli prisutni u gorivu počinju da kristališu, i gorivo počinje da postaje zamrućeno. Nasuprot tome, tačka stinjavanja (ASTM D 97) je najniža temperatura izražena kao umnožak od 3°C, na kojoj je gorivo, još uvek u tečnom stanju.

Standard EN 590 usvaja filtrabilnost goriva kao karakteristiku dizel goriva na niskim temperaturama (metod ispitivanja definisan je standardom EN 116). Naime, utvrđeno je da goriva koja imaju slične tačke zamrućenja i stinjavanja, mogu imati različitu niskotemperaturnu karakteristiku tečenja. Laboratorijskim testovima nije mogla da se dobije odgovarajuća korelacija koja povezuje navedene niskotemperaturne osobine.

Niskotemperaturne karakteristike destilatskih goriva zavise od koncentracije različitih n-parafinskih jedinjenja i njihove distribucije u gorivu. Ti parafini mogu u svom sastavu imati C10–C22 ugljovodonike, u zavisnosti od porekla sirovine i dopunske rafinerijske prerade. Priroda i količina n-parafina u ovoj frakciji utiče na ponašanje derivata na niskim temperaturama. Dizel gorivo može imati 12–40% parafinskih ugljovodonika (C10–C20) koji imaju ograničenu rastvorljivost u gorivu, naročito na niskim temperaturama. Vosak može blokirati sistem za gorivo i filtere dizel vozila na niskoj temperaturi, izazivajući neravnomeran rad motora, gubitak snage, i kvar na motoru.

Da bi se izbegli ti problemi, nisko temperaturne karakteristike dizel goriva treba da se prilagode klimatskim uslovima, u kojima motor funkcioniše. Ti problemi se mogu otkloniti na jedan od sledećih načina:

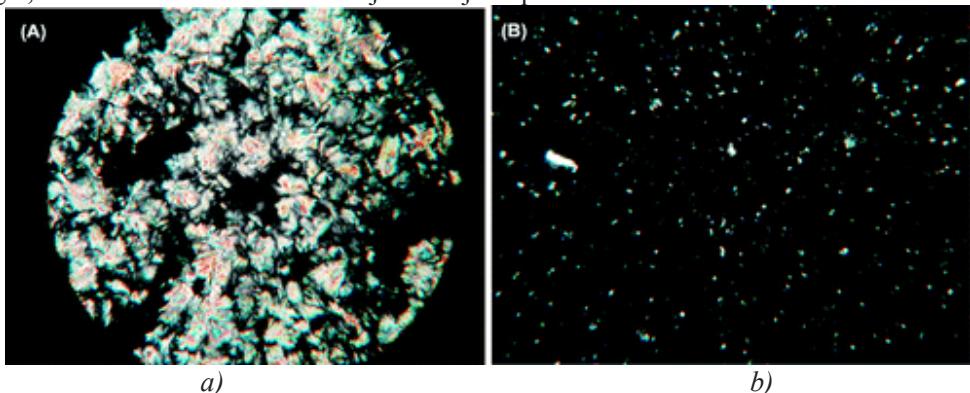


Sl. 8.7. Naslage parafina na prečistaču goriva

1. U rafineriji, destilat može da se „reže“ niže (spušta se kraj destilacije za određeni proizvod), i da se namešava sa sirovinom koja ima nizak sadržaj voska. Ovo rešenje može biti u suprotnosti sa ekonomikom proizvodnje, jer niži kraj destilacije jedan deo proizvoda prebacuje u teži, niže profitabilni proizvod. Mnogo ekonomičniji put za poboljšanje niskotemperaturnih karakteristika je da se srednji destilati podvrgnu katalitičkoj izomerizaciji, u kojoj n-parafini prelaze u izo parafine, koji imaju niže tačke mržnjenja. Ovaj proces se zove izo-devaksing.
2. Inkorporacija poboljšivača tečenja (flow improvers) u dizel gorivo. Poboljšivači tečenja su hemikalije koje pomoću čitavog niza mehanizama mogu da snize tačku zamrušenja, inhibiraju stvaranje i rast voštanih kristala, i snize temperaturu začepljenja hladnog filtera (CFPP)
3. Kombinacijom procesa 1 i 2.

Depresanti tačke stinjavanja (Pour Point Depressants)

Depresanti tačke stinjavanja osetno redukuju porast napona zamrznutih goriva i na taj način poboljšavaju njegovu pumpabilnost na niskim temperaturama. Mikroskopskim ispitivanjem u polarizovanoj svetlosti može se primetiti da voštani kristali počinju da se formiraju, u sistemu, nekoliko stepeni iznad temperature stinjavanja (sl. 8.8). U odsustvu depresanta tačke stinjavanja, ti kristali kontinualno rastu i formiraju koherentnu strukturu nalik na gel, čime ograničavaju protok goriva. U prisustvu depresanta stinjavanja, veličina voštanih kristala se redukuje i koherentna, nalik na gel, struktura se formira na značajno nižoj temperaturi.



*Sl. 8.8. Kristali voska
a-bez dodatka aditiva, b-sa dodatkom aditiva*

Kao depresanti stinjavanja mogu se koristiti: mnogi polimerni materijali, kao što su polimetilakrilat, etilen vinil acetat kopolimer, fumarat vinil acetat kopolimeri, alkilovani polistireni, acilovani polistireni, poliolefini, alifatski amin oksidi i oksidovani voskovici. Depresanti tačke stinjavanja su u suštini modifikatori voštanih kristala.

Aditivi za poboljšanje protoka (Flow Improver Additives Flow Improver Additives)

Osnovna razlika između depresanta tačke stinjavanja i aditiva za poboljšanje protoka leži u mehanizmu njihovog dejstva. Depresanti tačke stinjavanja menjaju prirodu „kristala“ voska koji se talože u gorivu i na taj način smanjuju njihovu tendenciju da se povezuju i stvaraju gelove.

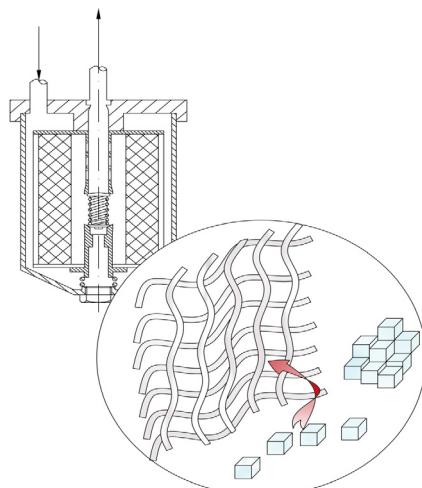
Ovaj fenomen snižava temperaturu tečljivosti goriva. Depresant tačke stinjavanja će, očigledno, uticati na karakteristike protoka, u nekoj meri, ali to nije u potpunosti zadovoljavajuće.

Poboljšivači protoka, nasuprot tome, ometaju rast „kristala“ voska, smanjuju veličinu „kristala“, menjaju morfologiju „kristala“ voska i daju povoljnije oblike „kristalima“ voska, tako da se protok goriva ne pogoršava. I depresanti tačke stinjavanja, kao ni poboljšivači protoka, generalno ne menjaju ili ne utiču na tačku zamućenja goriva, iako su ispitivanja ukazala da neki aditivi, posebno etilen-vinil acetat kopolimer i nekoliko drugih, spuštaju neznatno tačku zamućenja dizel goriva.

U skladu sa standardima IP 309/EN 116/DIN 51,428, određuje se efikasnost poboljšivača protoka, indirektno merenjem temperature začepljenja hladnog filtera (CFPP).

Parafinski disperzanti (Paraffin Dispersants)

Iako se tačka stinjavanja, pumpabilnost, i filtrabilnost dizel goriva mogu poboljšati korišćenjem pogodnih aditiva protoka, kod korišćenja poboljšivača protoka, formirani vosak ima tendenciju da se taloži pri dnu tokom skladištenja na niskim temperaturama. To je zato što parafini imaju veću gustinu nego druge tečne komponente dizel goriva.



Sl. 8.9. Dejstvo aditiva (polarizovani „kristali“ parafina se međusobno odbijaju, sprečavajući nastanak krupnijih parafinskih konglomerata)



Sl. 8.10. Dejstvo disperzenta parafina (teglica levo gorivo bez dodatka aditiva, teglica desno sa dodatkom aditiva)

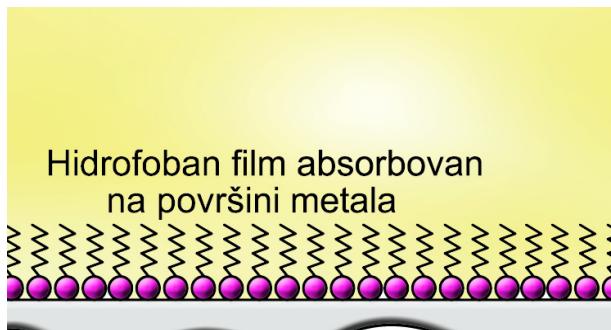
Ovaj fenomen je u funkciji temperature i vremena. Da bi se rešio ovaj problem, obavezno je korišćenje druge vrste aditiva, nazvanih disperzanati voska (*wax dispersants*) ili aditivi protiv taloženja voska (*antisettling additives*). Za procenu njihovih karakteristika, uveden je parametar indeks disperzije voska (*wax dispersion index, WDI*). Ovaj parametar je definisan kao odnos zapremine istaloženog voska u odnosu na ukupnu zapreminu goriva pomnožen sa 100.

$$WDI = 100 \times \frac{\text{Prividna zapremina istaloženog ili dispergovanog voska (A)}}{\text{Prividna zapremina goriva (B)}} \quad \dots(8.4.)$$

Kada su A i B isti, WDI je 100, što znači kompletну disperziju voska. Ovo je najpoželjniji slučaj koji se želi postići. Međutim, kod korišćenja aditiva za disperziju voska, mora se osigurati da njihovo korišćenje ne šteti dejstvu drugih aditiva i da ne remeti osobine goriva. I poboljšivači protoka, kao i disperganti voska, svojom interakcijom sa „kristalima“ voska utiču na to da se „kristali“ voska izdvajaju iz rastvora na nižim temperaturama. Jedina razlika je u veličinama kristala koju kontrolišu ova dva aditiva. Disperzant voska ograničava veličinu kristala na mnogo manju veličinu tako da oni ostaju dispergovani u dizelskoj fazi, u koloidnoj formi (manje od 1µm).

Inhibitori korozije (Corrosion Inhibitors)

Kontaminacija vodom komercijalnih naftnih proizvoda ne može se izbeći. Tragovi vlage imaju poreklo iz atmosfere. Ova vlaga sa vazduhom (kiseonik) može da „napadne“ gvožđe i druge metale u rezervoaru, cevovodima, cisternama i rezervoarima za gorivo automobila, što dovodi do ozbiljnih problema korozije. Pored toga, čestice korozije mogu da zapuše filter za gorivo i otvore brizgaljke i negativno da utiču na performanse motora. Obim korozije zavisi od temperature, vlažnosti, izloženosti atmosferskim uslovima, kao i vremenom njihovog trajanja. Korozija je rezultat reakcije kiselih jedinjenja na metale. Organske kiseline se formiraju oksidacijom goriva i maziva. Sumpor u gorivu sagorevanjem stvara sumporna jedinjenja (sumporne anhidride i sumporne kiseline). Oksidi azota se takođe formiraju na povišenim temperaturama. Ovi faktori dovode do korozije metalnih površina.



Sl. 8.11. Metalna površina zaštićena inhibitorom korozije

Antikoroziona jedinjenja (Anticorrosion Compounds)

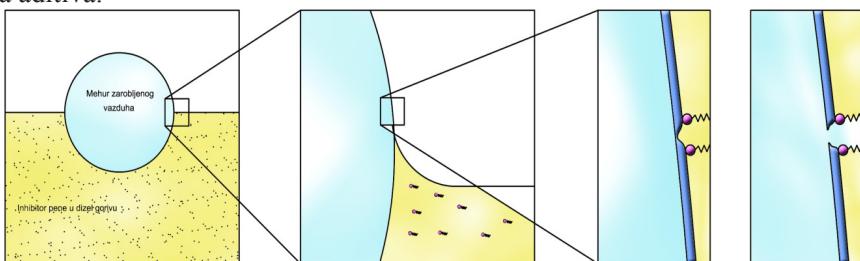
Jedinjenja koja se najuspešnije koriste kao aditivi protiv korozije su karboksilne, sulfonske ili fosforne kiseline velike molekulske mase, soli ovih kiselina i proizvodi

neutralizacije ovih kiselina sa organskim bazama kao što su amini. Kada se rastvore u ugljovodonicima, ovi materijali imaju osobinu da formiraju adsorbovani film na metalu koji je u kontaktu sa tečnošću. Ovaj film je hidrofobni i istiskuje vodu sa metalne površine. Polarni kraj molekula inhibitora ostaje vezan za metalnu površinu, dok se drugi kraj molekula rastvori u gorivu. Ako je prisutna dovoljna količina inhibitora, kompaktni barijerni sloj ovih molekula na metalu sprečava prodiranje vode. Korozija je u tom slučaju sprečena neprobojnim monomolekularnim filmom.

Antipenušavci (Antifoam Additives)

Dizel gorivo može da peni za vreme pumpanja (da bi se napunio rezervoar za gorivo). U putničkim automobilima, relativno mali rezervoar i mali prečnik cevi za punjenje može izazvati da se pena preliva. U kamionima i poljoprivrednim mašinama koje imaju rezervoare velikih zapremina ili više rezervoara za gorivo, vreme punjenja može biti izuzetno dugo. Antifoam aditivi se primenjuju da spreče penjenje goriva. Ovi materijali smanjuju gasne mehuriće njihovom malom površinskom apsorpcijom, gde stabilna tečna faza postaje zasebna površinska membrana. Antifoam aditivi su polisiloksani, poput poli (metil-siloskana) i silicijuma-polietar kopolimeri, i oni se koriste zajedno sa rastvaračem.

Važne površinski aktivne materije u paketu aditiva za dizel goriva su stabilizatori pene. Shodno tome, ovi paketi sadrže aditive za sprečavanje penušanja, koji pomažu formiranje odvojenih kapi. Prema tome mora, biti uspostavljena ravnoteža (kompatibilnost) između jedinjenja, koja služe kao antipenušavci i drugih jedinjenja iz paketa aditiva.



Sl. 8.12. Dejstvo aditiva za sprečavanje penušanja

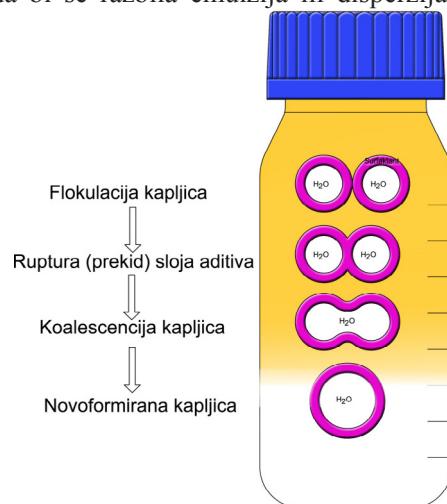
Aditivi protiv zaledivanja (Anti-icing Additives)

Izlučena slobodna voda iz dizel goriva (ili iz loživih ulja) ili voda kojom je iz atmosfere ili okoline kontaminirano gorivo, zamrzava se na niskim temperaturama. Formirani kristali leda mogu da zaguše cevi u sistemu goriva i filter i da na taj način inhibiraju dotok goriva. Za prevenciju, u gorivo su se dodavali alkoholi male molekulske težine ili glikol, dok se danas dodaje samo glikol-eter. Tačka mržnjenja smeše voda-aditiv je mnogo niža od tačke smrzavanja vode.

Izbistrivači i deemulgatori (Dehazer and Demulsifiers)

Goriva su često kontaminirana vode tokom skladištenja ili prilikom transporta. Disperzija vode u gorivu daje magloviti/zamućen izgled goriva. Dispergovana ili rastvorena voda može prouzrokovati koroziju na opremi za skladištenje goriva ili u motoru. Pojava zamućenja goriva može se eliminisati korišćenjem površinski aktivnog jedinjenja, da bi se razbila emulzija ili disperzija. Deemulzifikacija je suprotna emulzifikaciji.

Sile koje su odgovorne za stabilizaciju emulzija treba nadjačati, da bi se na taj način dovelo do deemulzifikacije. Koagulacija je formiranje većih agregata kroz proces kohezije čestica, što dovodi do razdvajanja faza i razbijanja emulzije. Spajanje kapljica i formiranje većih kapi se naziva koalescencija, koja određuje stabilnost ili nestabilnost emulzija. Inicijalizacija procesa demulzifikacije započinje Brovnovom difuzijom i diferencijalnim taloženjem (zbog razlike gustina), potom flokulacija, koalescencije i fazne separacije. Manja veličina raspršenih kapljica omogućuje veću stabilnost emulzije. Što je veća razlika u gustini unutrašnje i spoljašnje faze, to su veće šanse za brže razdvajanje faza. Ako je veća viskoznost eksterne faze, proces razdvajanja faza biće sporiji.



Sl. 8.13. Proces deemulzifikacije

8.2. MAZIVO

Pod pojmom maziva podrazumevaju se maziva ulja i mazive masti. Maziva se proizvode mešanjem mineralnih ili sintetičkih baznih ulja i aditiva različitih struktura, osobina i funkcija.

Mineralna ili konvencionalna bazna ulja proizvode se prerađom nafte. Sintetička ili nekonvencionalna bazna ulja proizvode se hemijskom sintezom od različitih komponenata, različitim tehnološkim postupcima. U poređenju sa mineralnim baznim uljima prednosti sintetičkih baznih ulja su: visoka oksidaciona i termička stabilnost, niska isparljivost i dobre viskozno-temperaturske osobine. Međutim, do skoro su se, zbog visoke cene, koristila samo za proizvodnju specijalnih maziva, za oblasti primene gde mineralna nisu davala odgovarajuće rezultate. U novije vreme, sve se više koriste za proizvodnju novih generacija motornih ulja pa im je i cena sve niža. Nedostaci su im nekompatibilnost sa konvencionalnim zaptivnim materijalima i slaba rastvorljivost konvencionalnih aditiva.

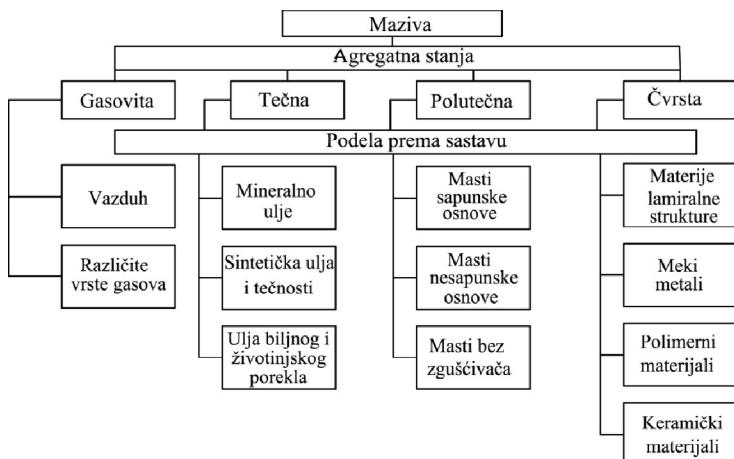
Kao i sintetička bazna ulja, i aditivi se proizvode hemijskom sintezom od različitih sirovina, različitim tehnologijama. Proizvodnja savremenih maziva ne može se danas ni zamisliti bez tih hemijski aktivnih materija. Motornim uljima se npr. dodaje i oko 20% aditiva. Zbog toga se oni danas više i ne smatraju dodacima, već obaveznim elementima svih vrsta maziva - ulja i masti.

Maziva se mogu podeliti na više načina i to:

- prema funkciji;
- agregatnom stanju;
- poreklu i nameni.
- sastavu;

Prema funkciji maziva se mogu podeliti u dve grupe:

- konstruktivna maziva koja se definišu u procesu projektovanja mašine i smatraju se elementom konstrukcije mašine i
- tehnička maziva koja se primenjuju pri obradi metala deformacijama



Sl. 8.14. Podela maziva prema agregatnom stanju i sastavu

macijom i rezanjem u cilju podmazivanja i hlađenja alata i materijala koji se obrađuje.

Podela maziva prema agregatnom stanju data je na slici 8.14. Maziva mogu biti gasovita, tečna, polutečna i čvrsta. Na istoj slici data je podela maziva prema sastavu.

Izbor maziva zavisi od više faktora kao što su:

- opterećenje;
- brzina;
- temperatura;
- složenost mašine;
- specifični zahtevi i dr. i
- zahtevana pouzdanost i radni vek.

Po pravilu, ako je opterećenje veće koriste se viskoznija ulja, a pri većim brzinama ulja manjeg viskoziteta.

Bazna ulja

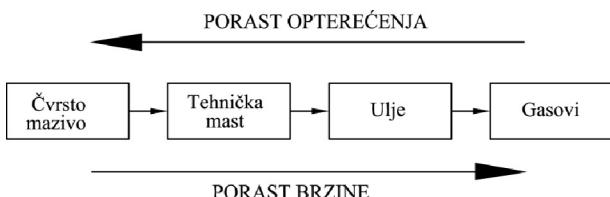
Bazna ulja, mineralna ili sintetička, osnovna su sirovina za proizvodnju svih vrsta i kvaliteta maziva i ona determinišu oblast primene, kvalitet i cenu maziva. Ostale komponente maziva (aditivi, ugušćivači i dr.) ne mogu supstituisati kvalitet i svojstva baznih ulja ali mogu, i to je cilj njihove primene, da intenziviraju određena svojstva ili da im daju neka svojstva vezana za način primene i to u meri koja se definiše zahtevom potrošača. Shvatanje da se samo promenom aditiva mogu rešiti određeni zahtevi za kvalitetom pogrešno je, i u većini slučajeva nemoguće ili krajnje neekonomično rešenje.

Proizvođači motora i vozila vrše pritisak na proizvođače maziva, tražeći da oni zadovolje sve oštijim zahtevima u pogledu kvaliteta, uključujući tu i zahteve u pogledu zaštite okoline. Ti zahtevi su uglavnom:

- povećanje perioda zamene;
- univerzalnost gradacije viskoziteta;
- smanjenje emisije ugljovodonika u okolinu i
- smanjenje potrošnje energije

Odabirom samo aditiva ili samo baznog ulja nije moguće odgovoriti na sve zahteve, već se bazno ulje i aditivi moraju posmatrati kao delovi jednog sistema u kome moraju doći do izražaja sinergička, a ne antagonistička svojstva delova. Kako su bazna ulja mešavina ugljovodonika čiji kvalitet zavisi od hemijske strukture sirovine i tehnologije dobijanja, u procesu dizajniranja maziva odabira se aditiv za zadatu funkciju i kvalitet prema raspoloživom kvalitetu baznog ulja.

Mineralna bazna ulja su dobijena iz nafte i predstavljaju mešavinu ugljovodonika različite hemijske strukture, kao i drugih organskih jedinjenja derivata ugljovodonika koji sadrže: sumpor, kiseonik, azot, i dr., velikog opsega molskih masa, odnosno jedinjenja koji daju viskozne mešavine. Organska jedinjenja iz nafte se mogu grupisati



Sl. 8.15. Uticaj opterećenja i brzine na izbor maziva

u četiri grupe jedinjenja istih ili sličnih fizičkih i hemijskih svojstava:

- parafinski ugljovodonici (alkani);
- naftenski ugljovodonici (cikloni);
- aromatični ugljovodonici (aromati) i
- olefini (alkeni).

Ove grupe jedinjenja se razlikuju međusobno po hemijskoj strukturi i po fizičkim i hemijskim svojstvima koje poseduju a naročito po svojstvima koja su poželjna ili nisu poželjna kod mineralnih ulja.

S obzirom na različita svojstva koja ispoljavaju pojedine grupe jedinjenja iz sastava nafte, proizilazi zadatak tehnologije proizvodnje mineralnih baznih ulja danas i u budućem vremenu, tj. treba izvršiti razdvajanje grupe jedinjenja sa dobrim svojstvima od nepoželjnih jedinjenja ili pak izvršiti konverziju nepoželjnih hemijskih struktura u poželjne.

Da bi se mešavina ugljovodonika iz nafte mogla koristiti kao bazno ulje, treba da zadovolji sledeće zahteve:

- da je dovoljno viskozna,
- da ima visoku temperaturu ključanja,
- da ima nisku temperaturu stinjavanja,
- da ima visoku hemijsku stabilnost,
- da ima malu promenu viskoziteta sa promenom temperature i
- da ima dobru rastvorljivost aditiva.

Tehnologijom proizvodnje iz nafte je potrebno izdvojiti onaj deo ugljovodonika koji zadovoljava tražene zahteve. U prethodnom periodu bazični kriterijumi za ocenu kvaliteta baznih ulja su bili:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• indeks viskoziteta,• temperaturna stinjavanja,• temperaturna paljenja, | <ul style="list-style-type: none">• neutralizacioni broj,• sadržaj sumpora i• boja. |
|--|---|

Porastom zahteva za kvalitetom motornih ulja formirali su se i dodatni kriterijumi koji definišu primenska svojstva baznih ulja, kao što su:

- oksidaciona-hemijska stabilnost,
- napon pare-isparljivost,
- niskotemperaturna svojstva,
- rastvorljivost aditiva u baznom ulju i dr.

Zavisnost kvaliteta baznog mineralnog ulja od hemijske strukture ispituje se: analitičkim metodama, simulativnim metodama i primenskim ispitivanjima baznog ulja i maziva. Zavisnost fizičkih karakteristika utvrđuje se analitičkim metodama i ona je jednoznačno određena dok zavisnost primenskih svojstava nije jednoznačno i jasno određena i utvrđuje se velikim brojem ispitivanja u kojima se utvrđuje i uticaj faktora sredine (uslovi eksploatacije).

Bazna ulja se mogu dobiti različitim postupcima koji se prema svojim karakteristikama dele na klasične (separacione) i konverzione postupke. Klasični postupci po svojoj prirodi ne utiču na promene strukture molekula mazivih frakcija, a glavne operacije separacije u ovom slučaju predstavljaju destilacija, ekstrakcija, solventna deparafinacija i kao krajnji korak stabilizacija baznih ulja katalitičkim hidrotretmanom. Ostatak vakuum destilacije posle deasfaltizacije sa propanom odlazi na dearomatizaciju solventnom ekstrakcijom.

8.2.1. Motorna ulja

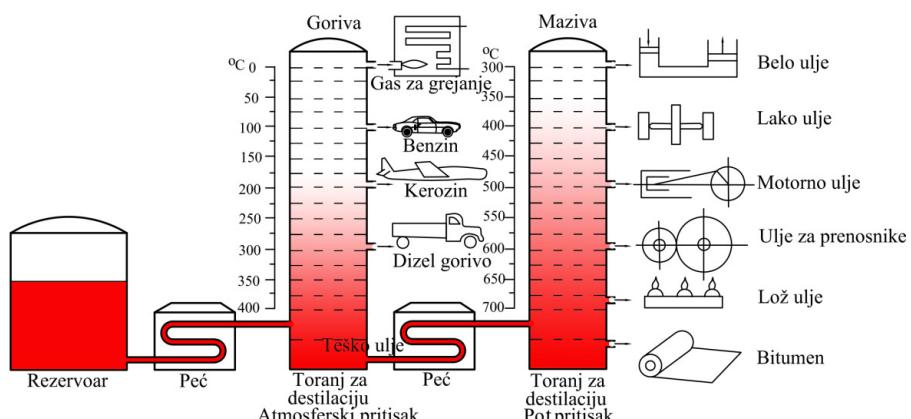
8.2.1.1. Osobine i sastav ulja

Motor je u vozilu izložen velikim opterećenjima, a na njegovu trajnost utiče mnogo faktora. Pri tome maziva igraju odlučujuću ulogu. Savremeno motorno ulje mora posedovati sledeće:

- sposobnost podmazivanja pokretnih delova u kontaktu koji su izloženi visokim temperaturama i visokim promenljivim pritiscima,
- sposobnost zaptivanja toplih (izduvnih) gasova pod pritiskom,
- sposobnost odvođenja topote s klipova, turbokompresora, ležaja itd.
- sposobnost održavanja čistoće motora razgrađivanjem produkata sagorevanja i njihovom održavanju u raspršenom stanju,
- sposobnost neutralizovanja kiselina koje nastaju u procesu rada motora, te zaštita delova motora od korozije i
- sposobnost održavanja svoga kvaliteta podmazivanja bez obzira na zagađenje produktima sagorevanja - gorivom, sve do trenutka zamene.

Aditivi

Motorna ulja nastaju iz sirove nafte procesom frakcione destilacije kroz nekoliko stepena prerade u rafinerijskim postrojenjima. Kao rezultat prerade dobija se tzv. bazno ulje koje uprkos svim provedenim tehnološkim postupcima nije u mogućnosti da potpuno zadovolji zahteve težih uslova rada motora.



Sl. 8.16. Primarna prerada nafte frakcionom destilacijom

Da bi se svojstva ulja poboljšala, baznom ulju se dodaju sintetske hemijske materije - **aditivi**.

Zavisno od toga kakvo motorno ulje i kojoj nameni treba da služi odabiraju se vrste i količina aditiva. Aditivi su hemijske materije topljive u ulju, a svrha im je da mazivnim uljima daju određena svojstva. Aditivi se dele na grupe na osnovu delovanja i primene. Danas se upotrebljavaju sledeći aditivi:

- aditivi za poboljšanje viskoziteta (*impruveri*),
- aditivi za snižavanje stiništa (*depresori*),
- aditivi za sprečavanje oksidacije (*antioksidanti*),
- aditivi za sprečavanje korozije (*inhibitori*),
- aditivi za održavanje čistoće motora (*deterdženti-dispergenti*),
- aditivi za prionljivost i mazivost i
- aditivi protiv penušanja.⁷

Udeo pojedinih aditiva, kao i sveukupna količina aditiva varira zavisno od vrste mineralnog motornog ulja u količinama od nekoliko promila do preko 20%. U rabljenom motornom ulju istrošeni su samo aditivi. Takvo ulje ne treba bacati ili u još gorem slučaju sagorevati u pećima. Ono se može sakupljati i davati rafinerijama na preradu. Prerada podrazumeva odstranjivanje nečistoća čime se dobija bazno ulje. Dodavanjem aditiva u ovo bazno ulje dobija se motorno ulje koje je po svojim karakteristikama identično „novom“ motornom ulju.

Fizičko-hemijske karakteristike ulja

Viskoznost

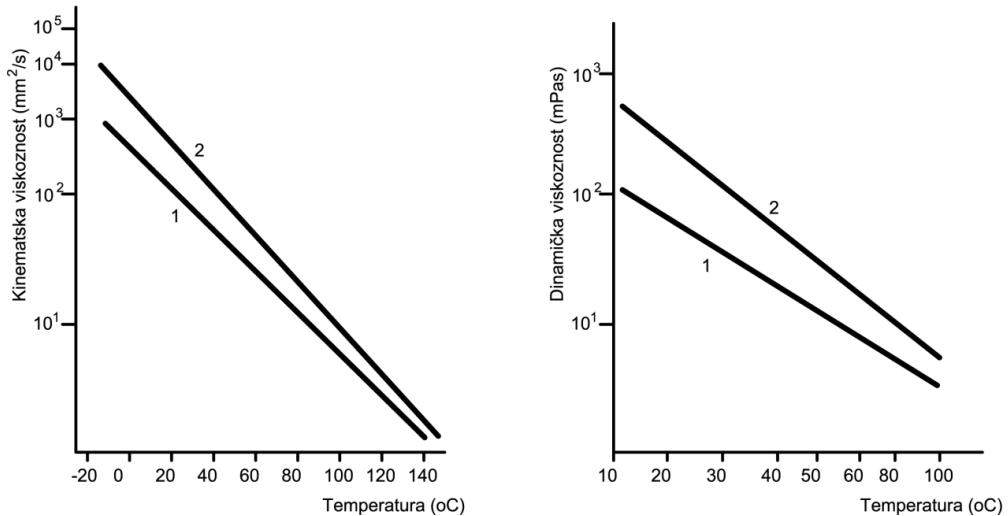
Viskoznost je jedna od najvažnijih veličina u tehnici podmazivanja. Viskoznost je merilo tečljivost i predstavlja unutrašnji otpor kretanju slojeva tečnosti. Viskoznost je promenljiva veličina. S promenom temperature i pritiska menja se viskoznost. Što je temperatura viša, viskoznost je manja, tj. tečnost je niže specifične težine. Zato je potrebno da se uz podatak za viskozitet naznači i temperatura na kojoj je ona izmerena.

Viskoznost se može izraziti kao:

- dinamička absolutna viskoznost,
- kinematička viskoznost i
- relativna viskoznost

Merenjem kinematičke viskoznosti na različitim temperaturama na kapilarnom viskozimetru dobija se, unoseći veličine u dijagram V-T (viskoznost-temperatura), određena kriva koja pokazuje kako s porastom temperature viskozitet određenog ulja opada i obrnuto.

⁷ Transmisiona ulja sadrže aditive za pojačanje uljnog filma (EP aditive)



Sl.8.17. Zavisnost viskoziteta od temperature

Dinamički (apsolutni) viskozitet ranije se izražavao u P (poise) ili centipoise (1/100 P = cP), dok je danas uobičajeno da se koristi SI jedinica Pa s (paskal sekunda).

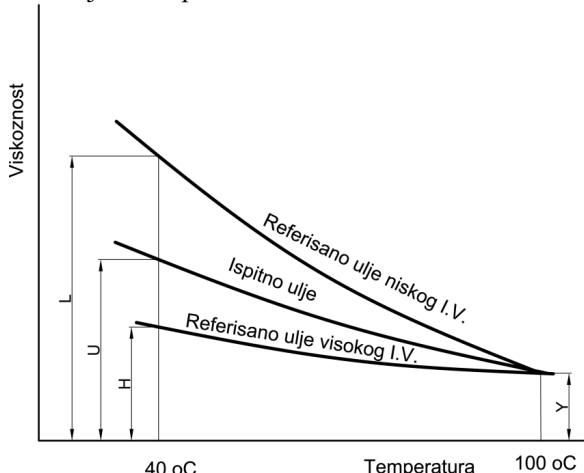
Kinematički viskozitet često se izražava u starim jedinicama 1 St (Stokes) ili centistokes (1/100 St = cSt), odnosno prema SI normama jedinica je m²/s, 1 cSt = 10⁻⁶ m²/s

Relativni viskozitet se izražava u °E=°Engler.

Indeks viskoziteta

Indeks viskoziteta (V. I. - *Viscosity index*) je relativan broj koji pokazuje kako se viskozitet ulja menja sa porastom ili sniženjem temperature.

Definiciju broja dali su amerikanci Din i Dejvis ispitujući ponašanje ulja dobijenih iz velikog broja različitih sirovina. Pri tome su konstatovali da najmanje promene viskoziteta pokazuje ulje dobijeno od nafte iz Pensilvanije (parafinska nafta). Tom ulju dali su oznaku V.I. = 100, dok je najveće promene viskoziteta s temperaturom pokazivalo ulje iz Meksičkog zaliva (naftenska nafta). Za njega su dogovorno odredili da



Sl.8.18. Izračunavanje indeksa viskoznosti

mu je V.I. = 0. Sva ostala ulja su se nalazila unutar ovih krajnosti. Danas je moderna tehnologija uspela da proizvede ulje i sa većim indeksom od 100, kao i sa negativnim indeksom.

Gustina

Gustina je odnos mase i zapremine maziva a izražava se u g/cm^3 ili kg/m^3 . Kod mineralnih ulja gustina se kreće od $820\text{-}960 \text{ kg}/\text{m}^3$ a kod nekih sintetskih maziva i preko $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Stinište

Stinište je temperatura na kojoj ulje hlađenjem prestaje biti tekuće. To je veoma važan podatak za upotrebljivost ulja kod podmazivanja na niskim temperaturama, a izražava se u $^{\circ}\text{C}$.

TBN

TBN (total base number - totalni bazni broj) je broj koji govori o alkaličnosti ulja. Naime, da bi se uklonilo štetno delovanje produkata sagorevanja goriva i nastalih kiselina, potrebno je da motorno ulje vrši njihovu neutralizaciju.

Veličina vrednosti TBN kod svežih ulja određuje se s obzirom na primenu motornog ulja, odnosno direktno je vezan za motor (dizel, oto) kao i gorivo (sadržaj sumpora i halogenih materija). Praktično on predstavlja količinu KOH u mg, potrebnu za neutralizaciju 1 g ulja. Tako na primer, kod brodskih motora gde se koristi gorivo sa velikim procentom sumpora, TBN se kreće u granicama do 100.

Tokom upotrebe motornog ulja njegov TBN pada, pa se nameće pitanje o granici iskorišćenja alkalnog potencijala. Vrednost TBN 1 smatra se donjom granicom, što znači da ispod ove vrednosti ulje treba menjati. Danas je kao kriterijum zamene motornog ulja usvojen pad vrednosti TBN tokom upotrebe na 50% od početnog iznosa.

Plamište

Plamište je temperatura na kojoj se ulje pri stalnom zagrevanju i približavanju otvorenog plamena u posebnoj posudi, prvi put zapali. Kod svežih motornih ulja kreće se oko $200\text{-}250 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a kod rabljenih ulja zbog razređenja gorivom može se i znatnije spustiti.

Oksidaciona i termička stabilnost

Oksidaciona i termička stabilnost definiše se kao otpornost ulja prema degradacionom dejstvu prisutnog kiseonika i visokih temperatura.

SHEAR stabilnost ulja

Multigradna ulja imaju kao dodatak polimere za povećanje indeksa viskoziteta, koji se zovu impruveri viskoziteta. Tokom eksploracije motornog ulja dolazi do pada viskoziteta usled lomljenja molekula impruvera viskoziteta.

Laboratorijsko ispitivanje promene viskoziteta multigradnih ulja vrši se po metodi DIN 51382 (test za SHEAR stabilnost mazivnih ulja koja sadrže polimere). Postupak

se sastoji u proticanju motornog ulja kroz posebnu aparaturu u određenom vremenskom periodu. Pri prolazu kroz rasprskivač aparature dolazi do lomljenja molekula impruvera viskoziteta. Što je postotak pada viskoziteta manji, to je SHEAR stabilnost ulja veća, odnosno motorno ulje je bolje.

Sadržaj pepela

Radi se o pepelu nastalom sagorevanjem ulja. Sadržaj pepela je merilo za sadržaj aditiva u čijoj se strukturi nalaze atomi metala.

Koksni ostatak

Viši sadržaj koksa ili koksног остатка, ukazuje na neodgovarajuću rafinaciju baznih ulja, zatim na njihovu termičku nestabilnost, a kod korišćenih ulja ukazuje na stepen degradiranosti (starosti) ulja u nekoj fazi upotrebe.

Hidrolitička stabilnost

Hidrolitička stabilnost predstavlja podatak koji govori o otpornosti aditiva, koji se nalaze u ulju, da stupaju u reakciju sa eventualno prisutnom vodom.

Namena motornog ulja

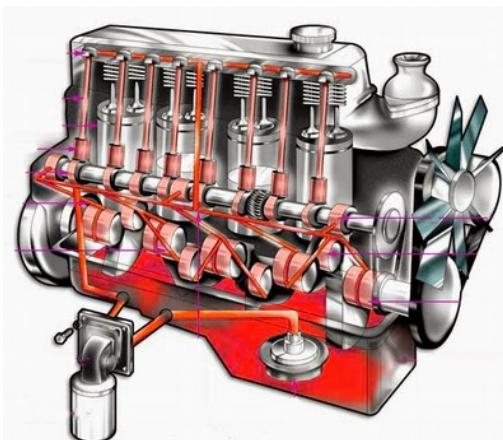
Podmazivanje motora

Podmazivanje se sprovodi u cilju smanjenja trenja, odnosno trošenja metalnih površina koje se pokreću. Vitalni delovi motora: klip-cilindar, ležajevi kolenastog i bregastog vratila podmazuju se dovođenjem ulja pod pritiskom. Minimalni neophodni pritisak kreće se od 0,5 do 1,5 bara, kada je motor zagrejan i u praznom hodu, dok se srednji pritisci kreću uglavnom oko 3 bara⁸.

Podmazivanje je vezano i za hemijska svojstva motornog ulja, budući da svojom prionljivošću stvara stalno prisutni uljni film na mazivnim površinama. Naročito su ta svojstva ulja izražena pod uslovima graničnog podmazivanja gde dolazi do dodira površina i određenog trošenja (habanja). Da bi se pojačao uljni film radi sprečavanja njegovog kidanja usled preopterećenja, ulju se dodaju specijalni aditivi. Primer jednog takvog aditiva je Zn-ditiofosfat koji ujedno i inhibitor oksidacije.

Čišćenje motora

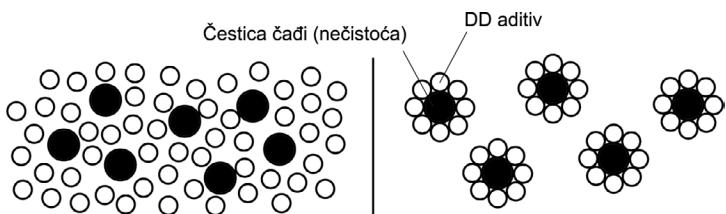
Sagorevanjem goriva u cilindru motora nastaju produkti sagorevanja koji iako



Sl.8.19. Sistem podmazivanja motora

⁸ Pritisak se ne povećava preko 5 bara

najvećim delom izlaze iz motora kroz izduvnu granu, ipak jednim delom prolaze, pod pritiskom, između zida cilindra i klipa prema karteru motora i završavaju u motornom ulju. Nepovoljni uslovi rada motora, odnosno nepotpuno sagorevanje goriva uzrokuje stvaranje čestica čadi koje dospevaju u ulje. Te čestice čadi, u ulju su nerastvorive, sklone su međusobnom spajanju u veća zrnca koja bi taloženjem na određenim delovima motora (kanali kolenastog vratila, žljebovi na klipu itd.) mogla izazvati nedovoljan protok ulja, a time povećano habanje sklopova motora, pa i njihovo zaribavanje.



Sl. 8.20. Dejstvo deterdžentno-dispergentnih aditiva

Molekuli deterdžentno-dispergentnih aditiva imaju polarna svojstva koja se manifestuju tako da svaka čestica čadi u ulju bude okružena sa više molekula aditiva. Ovako obavijena čestica čadi ne može se povezati sa drugim česticama u zrnca, pa stoga ne dolazi do taloženja istih. Time je otklonjena opasnost od propratnih negativnih pojava.

Zbog prisustva fino raspršenih čestica čadi koje čak ni filter ne može odvojiti, ***ulje vrlo brzo potamni, što znači da ono dobro obavlja svoj zadatak održavanja unutrašnje čistoće motora.***

Zaptivanje motora

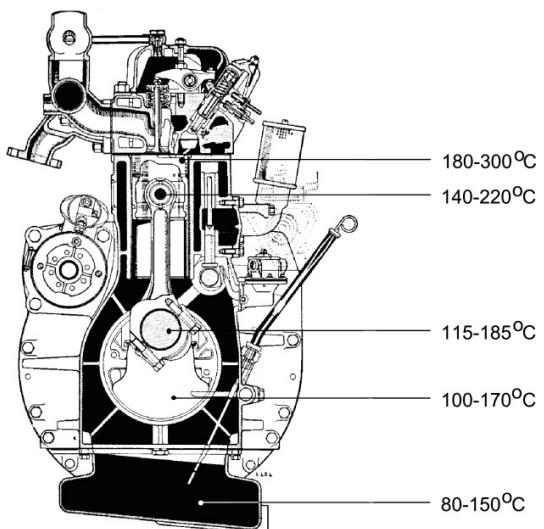
Osim što motorno ulje podmazuje sklop klip-cilindar, ono takođe zaptiva u cilju sprečavanja prodora produkata sagorevanja u karter motora, te ujedno održava i kompresiju.

Motorno ulje će funkciju zaptivanja obaviti besprekorno ukoliko su viskozitet ulja, količina uljnog punjenja i tolerancije sklopa klip-cilindar pravilno podešene i odabrane.

Hlađenje motora

Deo toplote koja se stvara sagorevanjem goriva koristi se za rad motora, dok se ostatak odvodi hlađenjem i izduvnom granom.

Motorno ulje za vreme svoje cirkulacije odvodi deo toplote preko kartera motora na



Sl. 8.21. Temperatura pojedinih delova motora

okolinu. Ono čak direktno hladi najtoplje sklopove motora, jer je u tešnjem dodiru sa njima nego rashladna tečnost.

Današnji motori su termički vrlo opterećeni pa su i temperature u unutrašnjosti motora daleko više.

Zaštita od korozije

Sagorevanjem goriva stvara se voda. To je neminovna pojava. Nastala voda zbog visokih temperatura ispari te odlazi kroz izduvnu granu u okolinu, ali u hladnim danima, zbog podhladenog motora, pojavljuje se hladni kondenzat u motornom ulju.

Osim toga, gorivo koliko god rafinirano, ipak sadrži sumporna jedinjenja koja sagorevanjem prelaze u SO₂ i SO₃, a zatim stvaraju s vodom sumpornu i sumporastu kiselinu koja korozivno deluje na bitne delove motora. Nastalu sumpornu kiselinu motorno ulje mora neutralisati, a taj zadatak obavljaju s povećanim alkalnim svojstvima. Merilo sposobnosti ulja da se bori protiv kiselina izraženo je TBN-om.

Klasifikacija motornih ulja

SAE klasifikacija motornih ulja prema viskozitetu

Viskozitet motornog ulja ima odlučujuću ulogu kod podmazivanja motora i usko je povezan sa čvrstoćom uljnog filma.

Tab. 8.2. Klasifikacija motornih ulja po reološkim osobinama

Viskozni broj po SAE	Max. viskoznost na niskim temperaturama		Viskoznost na visokim temperaturama	
	mPa's	Temperature °C	mm ² /s na 100°C	mm ² /s na 150°C
0W	6200	-35	3,8-	
5W	6600	-30	3,8-	-
10W	7000	-25	4,1-	-
15W	7000	-20	5,6-	-
20W	9500	-15	5,6-	-
25W	13000	-10	9,3-	-
20	-	-	5,6-9,3	2,6
30	-	-	9,3-12,5	2,9
40	-	-	12,5-16,3	2,9
50	-	-	16,3-21,9	3,7
60	-	-	21,9-26,1	3,7

Konstrukcione karakteristike, uslovi rada motora i opterećenja bitni su faktori koji određuju koji viskozitet ulja treba primeniti. Radi jednostavnosti i pravilne odluke o izboru viskoziteta ulja namenjenog automobilskim motorima, udruženje SAE (*Society of Automotive Engineers*) razvrstalo je ulja u odnosu na viskozitet. Prvih šest gradacija imaju pored broja gradacije i oznaku W i odnose se na tzv. *zimska ulja*, dok preostalih pet gradacija predstavljaju letnja ulja.

Motorno ulje s oznakom npr. SAE 10W označava da se radi o ulju za zimsku upotrebu. Takva zimska ulja osiguravaju olakšani start motora na niskim

temperaturama, dok kod viših radnih temperatura i temperatura okoline ona ne zadovoljavaju u potpunosti. Obrnut je slučaj sa letnjim uljima koja su previskozna kod pokretanja motora na niskim temperaturama, ali zato zadovoljavaju sve uslove podmazivanja kod viših radnih temperatura i temperatura okoline.

Motorna ulja koja zadovoljavaju samo zimske ili samo letnje uslove zovu se singlegrade - jednogradna (monogradna) ulja. Pored ovih razvila su se i tzv. multigrade ili višesezonska ulja. Ona se označavaju npr. SAE 20W-40, SAE 15W-50 itd.

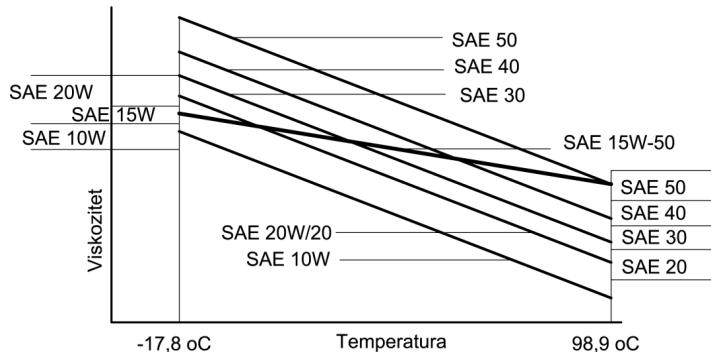
Multigradno ulje

Promenom temperature menja se viskozitet ulja, i to tako da sa porastom temperature viskozitet pada i obrnuto.

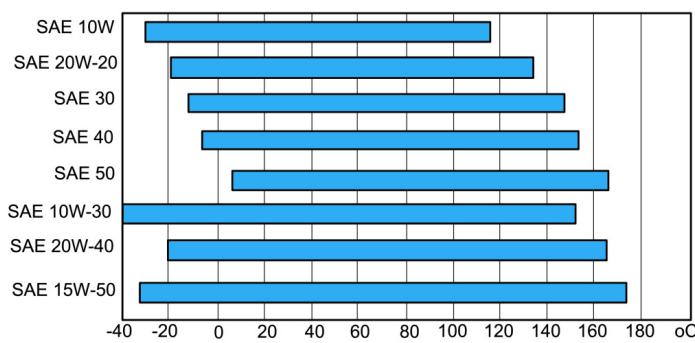
Temperatura ulja u motoru kreće se od temperature okoline,

koja u zimskom periodu može biti vrlo niska (-15°C i niža) do radne temperature ulja u koritu motora, koja se kreće od 80-150°C zavisno od tipa motora. Da bi se olakšalo pokretanje motora pri niskim temperaturama, nužno je upotrebiti ulje vrlo niskog viskoziteta. Zagrevanjem motora zagreva se i ulje, zbog čega mu opada viskozitet. Takvo nedovoljno viskozno ulje nije u stanju da ostvari dovoljno čvrsti uljni film koji bi osigurao pravilno podmazivanje. Znači, za siguran rad motora na previsokim radnim temperaturama odgovara ulje više viskozitetne gradacije, međutim, takvo ulje otežava stratovanje motora. Upotreboom multigradnog ulja otklanjaju se ovi problemi.

Iz dijagrama je vidljivo, da multigradno ulje SAE 15W-50 pri niskim temperaturama ima karakteristike zimskog ulja SAE 15W, a na radnoj temperaturi se ponaša kao jednogradno ulje gradacije SAE 50. To ulje samostalno prilagođava viskozitet u zavisnosti od trenutne temperature motora. Budući da se ponaša kao ulje s više gradacija, otuda i naziv multigradno.



Sl. 8.22. Gradacija viskoziteta multigradnog ulja



Sl. 8.23. Granice upotrebe ulja različitog viskoziteta

Multigradna ulja imaju visoki indeks viskoziteta (od 110-160) što znači da njihov viskozitet u manjoj meri zavisi od promene temperature nego kod jednogradnih ulja, a to se postiže dodavanjem impruvera viskoziteta.

Za sigurno podmazivanje neophodno je znati koja su to temperaturna područja pouzdanog podmazivanja za različite SAE viskozitetne gradacije od 5000 cST do 5 cST. Naime, smatra se da još viskozitet od maksimum 5000 cSt osigurava siguran start motora, dok viskozitet od 5cSt osigurava sigurne uslove podmazivanja na višim radnim temperaturama.

API klasifikacija motornih ulja

Klasifikacija motornog ulja prema viskozitetu ne definiše dovoljno primenu ulja, jer ne uzima u obzir sledeće uticajne faktore:

- konstrukcione karakteristike motora (količinu uljnog punjenja, broj obrtaja motora, vrstu zaptivača itd.),
- uslove rada motora (letnja odnosna zimska upotreba, opterećenje itd.),
- vrstu goriva.

Zbog toga je SAE klasifikacija dopunjena sa tzv. servisnom klasifikacijom koju je postavio Američki institut za naftu (API), a koja je zasnovana na zahtevima spomenutih faktora.

API-servisna klasifikacija deli motorna ulja u dve osnovne grupe i to:

- ulja namenjena pretežno oto (benziskim) motorima i
- ulja namenjena pretežno dizel motorima

Svaka od grupa ima podgrupe koje označavaju težinu eksploatacije. To su oznake:

SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI, SJ, SL, SM, SN (S - Service) - za oto motore

CA, CB, CC, CD, CDII, CE, CF, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4

(C - Commercial) - za dizel motore

Svaka navedena oznaka izražava određeni kvalitet (nivo) motornog ulja i kao takva mora zadovoljiti određene specifikacije, odnosno motorne testove različitih težina. Kod primene motornih ulja pravilo je *da ulje koje zadovoljava teže uslove eksploatacije odgovara i motoru koji radi pod lakšim uslovima*.

API klasifikacija za benzinske motore (*Stojilković M., 2011.*):

API SA	Čisto mineralno ulje bez aditiva za vrlo blage uslove rada. Modeli motora do 1930. godine.
API SB	Ulje za stare benzinske motore koji rade pod minimalnim opterećenjem. Sadrži male količine aditiva protiv habanja, korozije ležajeva i oksidacije. Modeli 1930-1964. godine.
API SC	Ulja koja sadrže aditive protiv habanja, korozije, oksidacije i stvaranja taloga na niskim i visokim radnim temperaturama. Modeli 1964-1968. godine.
API SD	Ulja koja sadrže aditive prema API SC, sa poboljšanim karakteristikama

	za strožije uslove eksploracije. Modeli motora 1968-1970. godine. Obezbeđuju višu oksidacionu stabilnost, sprečavaju stvaranje taloga na niskim i visokim temperaturama i obezbeđuju bolju zaštitu od korozije nego API SD. Modeli 1972-1980. godine.
API SE	Ulja koja pružaju povećanu zaštitu od korozije, habanja i od stvaranja crnih taloga i koja su stabilnija na visokim temperaturama u odnosu na API SE. Modeli 1980-1989. godine.
API SF	Ulja koja pružaju veću zaštitu protiv korozije i habanja, otpornija su na oksidaciju i stvaranje taloga na visokim temperaturama od API SF. Modeli motora 1989-1994. godine.
API SG	Ulja koja u odnosu na API SG imaju još bolju zaštitu od stvaranja taloga, oksidacije, habanja i korozije i manju sklonost stvaranja pene. Modeli motora 1994-1996. godine.
API SH	Ulja koja imaju bolju zaštitu od korozije, habanja, pojave taloga, oksidacije na visokim temperaturama i koja štede gorivo. Modeli motora 1996-2001. godine.
API SJ	Ulja visokog kvalitetnog nivoa. Pruzaju dobru zaštitu od habanja ventila, bolju zaštitu od visokotemperaturnih taloga i manju potrošnju ulja. Modeli motora 2001-2004. godine.
API SL	Definiše ulja najvišeg kvalitetnog nivoa koja obezbeđuju visoku oksidacionu stabilnost, poboljšanu zaštitu od pojave taloga i bolje niskotemperaturne karakteristike. Modeli motora posle 2004. godine.
API SM	Uveden je u oktobru 2010. Pruzaju bolju zaštitu od visokotemperaturnih taloga, strožije kontrole mulja, kao i bolju kompatibilnost sa zaptivkama. Obezbeđuje veću ekonomičnost u potrošnji goriva, bolju zaštitu turbo punjača i manju emisiju štetnih gasova
Varijante API SA, API SB, API SC I API SD više nisu aktuelne.	
API klasifikacija ulja za dizel motore (<i>Stojilković M., 2011</i>)	
API CA	Ulje za dizel motore sa prirodnim usisavanjem koji rade u blagim uslovima. Modeli 1940-1950. godine.
API CB	Ulje za dizel motore sa prirodnim usisavanjem koji rade u umerenim uslovima i koriste gorivo sa višim sadržajem sumpora. Modeli 1950-1960. godine.
API CC	Ulje za dizel motore sa prirodnim usisavanjem koji rade u težim uslovima. Zadovoljava zahteve za zaštitom od stvaranja taloga i korozije. Modeli 1960-1970. godine.
API CD	Za dizel motore sa prirodnim usisavanjem ili lakin turbo punjenjem koji rade u teškim uslovima i koriste sve vrste dizel goriva. Modeli 1970-1983. godine (poznata kao S-3 ulja).
API CDII	Ulja za dvotaktne dizel motore. Osiguravaju zaštitu od habanja i stvaranja taloga. Primjenjuje se kod stacionarnih motora. Odgovara kvalitetu API CD. Uvedena su 1987. godine.

API CE	Ulja za dizel motore sa i bez turbo punjenja proizvedene 1983-1990. godine. Poznata kao SFIPD ulja. Obezbeđuju manju potrošnju ulja, sprečavaju ugušćivanje, smanjuju stvaranje naslaga na klipu
API CF-4	Ulja za turbo motore teških teretnih vozila. Za produžene intervale upotrebe i duge vožnje autoputevima. Pružaju veću zaštitu od stvaranja taloga. Modeli 1990-1994. godine.
API CF	Ulja za dizel motore sa indirektnim ubrizgavanjem sa ili bez turbopunjena. Koriste gorivo sa sadržajem sumpora višim od 0,5%. Modeli motora 1994. godine.
API CF-2	Za dvotaktne dizel motore. Primenjuje se najčešće kod stacionarnih motora. Poboljšana API CDII varijanta. Obezbeđuju veću zaštitu od habanja i stvaranja taloga. Modeli 1994. godine.
API CG-4	Ulja za dizel motore koja obezbeđuju efikasnu kontrolu visokotemperaturnih taloga na klipovima, habanje, koroziju i veću oksidacionu stabilnost. Zahtevaju gorivo do 0,05 % sumpora. Modeli motora 1994-1998. godine.
API CH-4	Obezbeđuju optimalnu zaštitu od korozije, kontrolu čadi u motoru i smanjenje emisije izduvnih gasova. Zahtevaju gorivo do 0,5% sumpora. Modeli motora 1998-2002. godine.
API CI-4	Ulja za nove modele dizel motora koji poseduju sistem EGR. Zahtevaju gorivo ispod 0,05% sumpora, i smanjenje emisije izduvnih gasova. Modeli motora 2002-2006. godine.
API CJ-4	Ulje za dizel motore koji rade u teškim uslovima rada i visokih radnih temperatura. Ova ulja sadrže aditive ograničenog sadržaja sulfatnog pepela, fosfora i sumpora (low SAPS). Modeli motora proizvedeni posle 2006. godine.

Varijante API CA, API CB i API CC, više nisu aktuelne.

CCMC klasifikacije

Evropska ekonomска zajednica uvela je ove klasifikacije 1983. za benzinske i 1984. za dizel motore zbog nekih specifičnosti evropskih motora. Ulje za podmazivanje benzinskih motora obeležena su slovom G, za dizel motore teretnih vozila slovom D, a za dizel motore putničkih automobila slovima PD. Brojevi koji dolaze posle ovih slova (1, 2, 3, 4, 5) predstavljaju kvalitetni nivo. Kvalitativni nivo ulja raste sa porastom broja od 1 do 5.

CCMC klasifikacija ulja za podmazivanje benzinskih motora:

- G 1 za motore proizvedene posle 1972. godine,
- G 2 za motore proizvedene posle 1980. godine,
- G 3 ulja niže viskoznosti, za lakši start motora proizvedenih posle 1980. godine,
- G 4 ulja za motore proizvedene posle 1990. godine,
- G 5 ulja niže viskoznosti, za lakši start motora proizvedenih posle 1990. godine.

CCMC klasifikacija ulja za podmazivanje dizel motora

- D 1 za motore bez turbo punjenja; odgovaraju servisu API CC,

- D 2 za motore sa i bez turbo punjenja; odgovaraju servisu API CD,
D 3 za motore sa i bez turbo punjenja, sa visokim performansama (SHPD),
D 4 nova generacija - poboljšanje performanse D 2,
D 5 nova generacija - poboljšanje performanse D 3,
PD 1 za motore putničkih vozila proizvedenih do 1990. godine,
PD 2 za motore putničkih vozila proizvedenih posle 1990. godine,

Od 1992. godine CCMC klasifikacija zamenjena je sa ACEA.

ACEA Sekvence

Prve ACEA (Udruženje evropskih konstruktora automobila) sekvene postale su važeće 1. januara 1992. ACEA specifikacijama definisane su tri kategorije (A, B, E) sa po tri varijante motornih ulja:

A1, A2, A3 - za ulja namenjena četvorotaktnim benzinskim motorima;

B1, B2, B3 - za ulja namenjena četvorotaktnim dizel motorima putničkih vozila;

E1, E2, E3 - za ulja namenjena dizel motorima teretnih vozila, poljoprivrednih, građevinskih i rudarskih mašina.

Kvalitetni nivoi i intervali upotrebe ulja rastu sa porastom brojeva od 1 do 3.

U odnosu na prethodne ACEA 2004 specifikacije uvele su sledeće promene:

- Ulja za benzinske i dizel motore putničkih automobila i lakih dostavnih vozila objedinjene su u jednu ACEA A/B kategoriju bez promene zahteva kvaliteta.
- Uvedena je nova kategorija ACEA C koja se odnosi na motorna ulja za putničke automobile sa sistemima za obradu izduvnih gasova. Primenuju se za benzinske i dizel motore putničkih automobila i lakih dostavnih vozila vozila sa filterom čestica izduvnih gasova (DPF - Diesel Particulate Filters) i trostrukim katalizatorom (TWC - Three Way Catalysts).
- Treća ACEA E kategorija se odnosi na ulja za dizel motore teških teretnih vozila. ACEA E3 i E5 kategorije povučene su iz upotrebe, a uvedene su nove kategorije ACEA E6 i E7. U kategorijama ACEA E2 i E4 nema promena u pogledu zahteva rezultata motornih testova.

Specifikacije

U svetu postoji priličan broj specifikacija po kojima se ocenjuje i definiše kvalitet motornog ulja. Najpoznatije su specifikacije američke vojske tzv. MIL, zatim specifikacije francuske i engleske vojske (DEF), te zahtevi pojedinih proizvođača motora: FORD, GM (General motors), CATERPILLAR, DB (Daimler Benz), JD (John Deere) i dr.

Američka vojska izdala je 1941. godine prve specifikacije ORD 2-104, koje su 1950. godine menjaju u MIL specifikacije za motorna ulja MIL-0-2104. Specifikacije ulja za benzinske i dizel motore nose oznake: MIL-L-46152, MIL-L- 46152 A, MIL-L-46152 B i MIL-L-46152 C. Specifikacija ulja za dizel motore MIL-L-2104, MIL-L-2104 A, MIL-L-2104 B, MIL-L-2104 C i MIL-L-2104 D. Varijante MIL-L-2104, A i B više nisu aktuelne.

Dvonamenska motorna ulja

U toku poslednje decenije sve više se proizvode ulja dvostrukе namene, jedno ulje za podmazivanje benzinskih i dizel motora. Prilikom izbora takvih ulja treba voditi računa koja oznaka na etiketi stoji na prvom mestu, odmah iza oznake API ili CCMC. Ona određuje prvo bitnu namenu za primenu, a druga mogućnost da se isto ulje može koristiti i za drugi tip motora. Druga oznaka najčešće ukazuje na niži nivo kvaliteta od prve (na primer API SL/CF, API SF/CC, ACEA A3/B3-04...).

Međutim, u novije vreme, zahvaljujući dosadašnjim iskustvima stečenim upotrebom ulja dvostrukе namene, teži se proizvodnji ulja jedne namene. Taj trend je u skladu sa trendom razvoja novih generacija motora SUS.

Kontaminacija ulja

Problemi podmazivanja motora SUS uglavnom nastaju zbog neizbežnog izlaganja ulja i delova motora visokim temperaturama, vazduhu i produktima sagorevanja goriva. Osim toga, u motor dospeva nesagorelo gorivo, prašina, voda. Te materije izazivaju promene u motornom ulju.

Kontrola nivoa ulja je operacija svakodnevnog tehničkog održavanja. Nivo ulja izmeren šipkom za merenje nivoa ulja mora biti takav da dostigne sredinu rastojanja između oznake "minimum" i "maksimum" na mernoj šipci. Suviše nizak nivo ulja može prouzrokovati teška oštećenja motora.

Suviše visok nivo ulja ima za posledicu brizganje ili penjenje ulja, a ukoliko motorno ulje sadrži suviše vazduha, mogu se pojaviti oštećenja ležajeva.

Ukoliko motor radi sa



Sl. 8.24. Etiketa motornog ulja



Sl. 8.25. Koksovanje klipnih prstenova nastalo kao posledica primene lošeg motornog ulja

premalo ili bez ulja, mehanički gubici se izuzetno povećavaju i dolazi do oštećenja kliznih ležajeva radilice. Loš kvalitet ulja izaziva koksovanje prstenova i žljebova klipnih prestenova. Zaglavljeni prstenovi više nemaju funkciju zaptivanja.

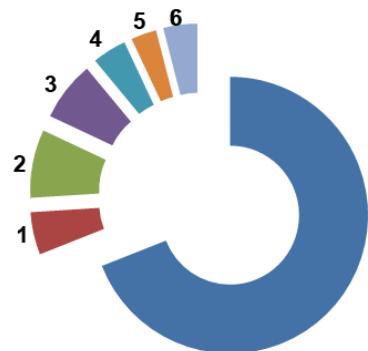
Ulje takođe ima funkciju rashladnog medijuma naročito kod klipa. Ako motor radi na previšoj temperaturi, usled velikog zagrevanja dolazi do pada viskoznosti ulja, te ovako ulje slabije podmazuje. Ako se motor pregreje, ulju će toliko opasti viskoznost i ono će izgubiti sposobnost podmazivanja⁹, da će doći do topljenja ležajeva i zaribavanja cilindra.

Poklopac oduška na karteru motora se mora stalno kontrolisati, jer ukoliko je neispravan omogućava prodor prašine u karter i prašina se meša sa uljem. Zaprljano ulje izaziva pojačano habanje motora. U slučaju da je odušak potpuno zapušen, dolazi do opstrukcije u ventilaciji (odvođenju) karter gasova (koji sadrže kiseline), što dovodi do kondenzacije i kontaminacije motornog ulja. Usled toga se povećava sadržaj kiseline u ulju i dolazi do intenziviranja korozionih procesa delova motora. Pojačani pritisak u karteru može probiti zaptivke na krajevima kolenastog vratila, pa će ulje na tim mestima curiti iz kartera, a ulje koje dospe u kućište spojnice zamastiće njene obloge.

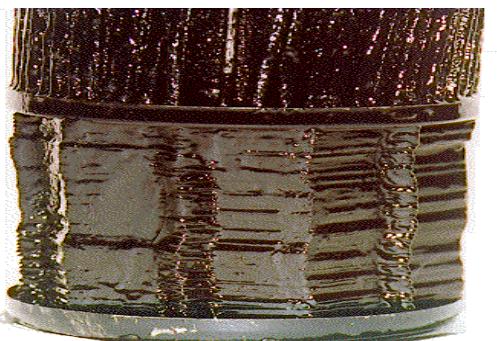
Filter za ulje treba održavati u ispravnom stanju. Zaprljan i zapušen filter ne izvršava funkciju za koju je namenjen, pa se stoga mora menjati prema preporukama proizvođača, a u predviđenim nivoima tehničkog održavanja.

U zoni između klipnih prstenova, primarni produkti sagorevanja su izloženi daljim hemijskim reakcijama i kao glavni proizvodi javljaju se oksikiseline i sumporna kiselina. Oksikiseline polimerizuju stvarajući naslage lakova i smola.

Pored toga, ove kiseline degradirane u većoj meri, uz vezivanje čadi, stvaraju koksne naslage. Deo sumporne kiseline reaguje sa gvozdenim materijalima klipno-



Sl. 8.26. Nečistoće u korišćenom motom ulju
1-gorivo, 2-produkti oksidacije, 3-čad, 4-metalna strugotina, 5-prašina i pesak, 6-voda



Sl. 8.27. Zamuljivanje filtera za ulje
Zamuljivanje filtera za ulje

⁹ Zbog pada viskoziteta

cilindarskog sklopa stvarajući sulfate gvožđa i uzrokujući koroziono habanje. Oko 90% ovako nastalih produkata odlazi u karter, dok se ostatak zadržava na raznim površinama, a naročito u žlebovima klipa i poljima između klipnih prstenova. U karteru se nastavlja dalja oksidacija i transformacija oksida azota u više oksidacione forme, aktivnije kao oksidanti. Porastom oksidacije dolazi do daljeg povećanja nerastvorenih materija u ulju. Od smola, vode i čadi formira se izvesna količina rastresitog taloga - mulja.

Na klipu mogu postojati naslage ugljenika, crnog ili amber laka, a u kućištima kolenastog vratila naslage u vidu muljevitog materijala. Smole su proizvodi oksidacije ugljovodonika. Najviše nastaju zbog visoke temperature oksidacije i prisustva sumpora iz goriva.

Za taloge je tipično da sadrže i produkte raspadanja aditiva koji su nastali eksploatacijom motornog ulja.

Da bi se motor zaštitio od naslaga na visokim temperaturama, sprečilo povećanje viskoziteta ulja, a time i začepljenje filtera i kanala, da bi se sprečilo koroziono habanje i oksidacija ulja, motornom ulju se dodaju već pomenuti aditivi.

Osnovni mehanizam čišćenja motora sastoji se u tome da se nečistoća i talozi speru sa delova motora u prvoj fazi, a da se u daljem toku drže dispergovani u ulju kako bi došli do filtera i na taj način bili odstranjeni. Poslednjih godina razvija se i prihvata upotreba visokodisperzantnog tipa aditiva koji može da izdvoji ne samo primarne čestice čadi i da ih trajno zadrži, nego čak i agregate veličine jedan ili dva mikrometara. Te čestice su još uvek dovoljno male da prođu kroz obične filtre koji zadržavaju potencijalno abrazivne čestice veće od mikrometara. Ove čestice ne formiraju mulj ali u koncentraciji većoj od 20%, bez obzira na prisustvo „aditiva čuvara“, zgušnjavaju ulje pa mogu da spreče njegov protok kroz sito pumpe, što dovodi do nedovoljnog snabdevanja ležišta uljem i njihovog intenzivnog trošenja.

Penaste emulzije – „Majonezi“

Prilikom rada motora pod uslovima čestog kretanja i stajanja, uz nedovoljne radne temperature (temperatura rashladne tečnosti ispod 40°C) dolazi do nepotpunog sagorevanja goriva, stvaraju se razne kiseline, čad, voda i oksidi. Dobar deo tih nečistoća zajedno sa nesagorelim gorivom dolazi u karter motora i zagađuje ulje. Osim ovih, u ulju se nalaze i čestice habanja motora, metalnih oksida koji uz delovanje temperature katalitički pospešuju oksidacione i polimerizacione reakcije. Dakle, stvaraju se produkti nerastvorivi u ulju koji se u nepovoljnim uslovima mogu manifestovati kao penaste suspenzije. To su tzv. „majonezi“ koji mogu biti od polutekućih pa sve do gustih, od žute, mrkonarandžaste do sive boje. Hemijske analize pokazuju da „majonezi“ sadrže i do 80% vode. Oni se talože na hladnim delovima motora kao što su: poklopac glave, podizači ventila, uljnom filteru, odušku kartera motora itd. Razlog njihovom nastajanju u prvom redu su pogonski uslovi rada motora uslovljeni klimatskim prilikama. Hladni dani i vlažna atmosfera, pa je stoga prođeno vreme postizanja radne temperature motora, pogoduju stvaranju „majoneza“ - to je

uglavnom pojava u zimskom periodu. Veliki uticaj na nastajanje „majoneza“ ima i mehanička ispravnost motora, kao i konstruktivno rešenje motora (smeštaj motora, termostatski sistem hlađenja odnosno zagrevanja motora, ventilacija kartera motora). „Majonezi“, iako mogu nastati vrlo brzo, posle nešto dužeg rada nestaju u dobro zagrejanom motoru i kao takvi ne stvaraju oštećenja.

Naknadni dodaci motornom ulju

S obzirom da motorno ulje ima dovoljan procenat odabranih aditiva s kojima je postignuta stabilnost ulja, naknadnim dodavanjem bilo kakvih dodataka može se ona narušiti, pa čak se može izazvati smanjenje odnosno suprotno delovanje svojstava aditiva. Radi toga se ne preporučuje dodavanje bilo kakvih naknadnih dodataka (modifikatora, tečnosti) u motorno ulje.

Potrošnja motornog ulja

Potrošnja motornog ulja zavisna je od:

- konstruktivnih karakteristika motora,
- mehaničkog stanja motora,
- uslova eksploracije i
- svojstava ulja.

Na visinu gubitka ulja u motoru, u 95% slučajeva, uticaj ima tehničko stanje motora, dok je samo 5% uticaj baznog ulja od kojeg je motorno ulje sačinjeno.

Sagorelo ulje predstavlja najveći deo potrošene količine ulja. Naime, podmazujući sklop klip-cilindar ulje dolazi u dodir s izduvnim gasovima, te i ono sagoreva. Osim toga, izvesna količina dospeva kroz vodice ventila u komoru za sagorevanje gde sagoreva. U manjim količinama ulje se gubi usled propuštanja na mestima zaptivanja ili „lapi“ kroz ventilaciju kartera motora.

Uzrok potrošnje leži i u samom ulju. Zimska ulja, zbog korišćenja lakih baznih ulja na povišenim temperaturama lakše struje i odlaze u komoru za sagorevanje, odnosno intenzivnije „lape“ kroz sistem ventilacije kartera motora.

Povećana potrošnja ulja javlja se za vreme razrade novog motora, kod dotrajalog motora gde su zazorci povećani i kod težih uslova eksploracije motora.

Iz opisanog sledi zaključak da **dizel motor mora trošiti ulje**. Ukoliko merenjem preko kontrolne šipke ulje u karteru motora ne pokazuje pad, odnosno neznatnu potrošnju ulja, to je pokazatelj da u motorno ulje dospeva nesagorelo gorivo.



Sl. 8.28. „Majonez“ na unutrašnjoj strani poklopca cilindarske glave - nastao usled mešanja ulja i vode

Kako je povećavan kvalitet baznog ulja, tako se i menjala dopuštena gornja granica utroška ulja: krajem 60-tih godina prošlog veka ona je iznosila, za dizel motore komercijalnih vozila i poljoprivrednih mašina, 4% od ukupne utrošene količine goriva između dve zamene ulja u motoru.

Danas, kod savremenih dizel motora koji su ugrađeni u poljoprivredne mašine, ona se kreće od 0,4-1,8% od ukupne količine utrošenog goriva¹⁰. Ovo je rezultat stalnog razvoja i proizvodnje pogonskog goriva i maziva višeg kvaliteta, kao i razvoja samih motora.

Zamena motornog ulja

Za vreme eksploatacije motora dolazi do niza promena i prljanja ulja. Nečistoće u motoru, a time i u ulju, potiču uglavnom iz dva izvora: unutrašni i spoljni. Najveće nečistoće dolaze od produkata nepotpunog sagorevanja goriva, od cirkulacije karter gasa, a u manjoj meri od oksidacije ulja. Ostale nečistoće su metalne strugotine, voda, prašina i pesak.

Zbog ovih neizbežnih kontaminata ulja neophodno je znati do kada motorno ulje može ostati u motoru.

Na pitanje koji je pravilan interval izmene ulja nije jednostavno odgovoriti, jer za različite motore promena kvaliteta ulja u motoru može biti ubrzana ili usporena, što je uslovljeno raznim faktorima. Naime, pri određivanju intervala izmene ulja osim kvaliteta ulja (SAE, API) moraju se u razmatranje uzeti i sledeći faktori:

- konstrukcija motora (današnji motori u odnosu na one starije imaju daleko veće specifične snage zbog većeg stepena kompresije, većeg broja obrtaja, a to znači i veće radne temperature),
- potrošnja ulja (od potrošnje ulja zavisi kolika je učestalost dolivanja svežeg ulja u periodu između dve uzastopne izmene),
- zaprljanost ulja (zavisi pre svega od tehničke ispravnosti motora, tj. njegovog održavanja, kao i od uslova eksploatacije),
- uspešnost filtriranja ulja (što je filtriranje bolje¹¹, to je i interval izmene duži),
- radni uslovi (od navedenih faktora radni uslovi imaju najveći uticaj na stanje ulja, pa se po njima rukovodi kod određivanja intervala zamene ulja u motoru, i to: perioda uhodavanja¹², normalnih radnih uslova ili teških radnih uslova).

Metode za određivanje stanja ulja

Za ocenu stanja ulja u motoru mogu se koristiti laboratorijske ili eksploatacione metode, zavisno od toga kakve su mogućnosti primene, kao i to koliko se precizni rezultati i kakvog karaktera žele dobiti.

¹⁰ Uobičajena potrošnja ulja se kreće u granicama 0,2-1,5 g/kWh- Izvor MSI

¹¹ Veći broj filtera za ulje, odnosno redovna zamena uložaka

¹² Za vreme uhodavanja novog motora delovi koji se nalaze u sklopu moraju se prilagoditi, pa dolazi do povećane metalne abrazije i nešto viših temperatura. U takvim uslovima interval zamene ulja je smanjen.

Laboratorijske metode

Laboratorijske metode daju precizne i pouzdane ocene stanja. Međutim, njihova primena je ograničena skupom opremom i sredstvima za analizu, relativno velikom količinom ulja potrebnom za ispitivani uzorak kao i dugim vremenom potrebnim za ispitivanje. Time su ove metode ograničene na manji broj ispitivanih jedinica, a moraju se angažovati i znatna materijalna sredstva.

Gubitak baznog potencijala je normalna pojava u toku korišćenja motornog ulja. Granične vrednosti su:

- upozoravajuća vrednost predstavlja pad vrednosti do 50% od početne vrednosti i
- kritična vrednost predstavlja pad vrednosti od 75% od početne vrednosti.

Viskoznost ulja u toku eksploatacije motornog ulja dešava se da dođe do povećanja kinematske viskoznosti ulja, a najčešći razlozi su:

- prisustvo povećane količine čadi u motornom ulju,
- oksidacija i polimerizacija pojedinih ugljovodoničnih struktura prisutnih u ulju.

Takođe, u toku eksploatacije motornog ulja, može da se pojavi pad vrednosti viskoznosti, a mogući razlozi su:

- razređenje motornog ulja gorivom zbog nepodešenosti sistema za ubrizgavanje ili zbog povećanih zazora u području klipnih prstenova,
- destrukcija upotrebljenog impruvera viskoznosti usled delovanja mehaničkih sila.

Kritične vrednosti viskoznosti se smatraju sve vrednosti viskoznosti koje pređu prag tolerancije koji se kreće od -10% do +20% u odnosu na početnu viskoznost.

Voda u motornom ulju može biti rezultat unutrašnjeg curenja (oštećena zaptivka glave motora, napuknuća glave motora) ili kondenzovanja usled povećane vlage u atmosferi. Iako voda obično isparava iz motora na normalnim radnim temperaturama, a ako motor radi na preniskim radnim temperaturama čija je vrednost preniska za isparenje vode, deo vode ostaje u ulju.

Nesagorelo gorivo dovodi do razređenja motornog ulja u karteru motora. Razređeno motorno ulje dovodi do smanjenja jačine mazivog filma i povećava rizik od povećanog habanja. Kada količina goriva u ulju dostigne vrednost od 2,5 – 5,0% potrebno je intervenisati.

Analiza sadržaja metala i hemijskih elemenata aditiva upotrebljava se za određivanje veličine habanja metalnih delova motora, kao i na prisustvo hemijskih elemenata aditiva (P, Ca i Zn).

Sadržaj metala ukazuje na veličinu habanja metalnih delova motora, te ova analiza predstavlja najbolji pokazatelj ocene tehničkog stanja motora. Takođe, količina metala u ulju ukazuje na nivo antihabajuće zaštite koju pruža korišćeno motorno ulje.

Sadržaj i količina hemijskih elemenata koji ulaze u sastav aditiva od direktnog je

uticaja na dužinu eksploracionog veka motornog ulja. Na količinu hemijskih elemenata veliki uticaj ima tehničko stanje motora.

Sadržaj silicijuma ukazuje na neispravnost prečistača vazduha. U slučaju kada je došlo do oštećenja, korišćenja nedovoljno kvalitetnog vazdušnog prečistača, pogrešnog ugrađivanja istog, dolazi do prodora fine prašine koja deluje kao fina brusna pasta koja dovodi do abrazivnog habanja.

Eksploracione metode

Osnovna ideja primene brzih eksploracionih metoda sastoji se u tome da se na jednostavan način dođe do podataka o stanju ulja u motorima poljoprivrednih mašina. To znači da uzorak treba da je što manji (manja količina ulja koja se uzima za ispitivanje), vreme trajanja ispitivanja da je što kraće, da je postupak jednostavan i jeftin i da su dobijeni podaci dovoljno pouzdani.

Uzimanje i čuvanje uzorka

Standard SRPS B. H8. 011 propisuje postupke uzimanja uzorka nafte, tečnih i čvrstih naftnih i sličnih proizvoda pod raznim uslovima skladištenja, manipulacije i transporta. U smislu pomenutog standarda predviđen je i način uzimanja uzorka motornog ulja iz kartera motora za ispitivanje, mada ovaj vid nije direktno standardom predviđen.

Lica koja mogu uzimati uzorak motornog ulja moraju prethodno biti stručno obučena za to. Veličine posude u koju se uzima uzorak zavisi od količine potrebnog uzorka, a ovaj opet od vrste ispitivanja.

Ako je potrebno izvršiti i komparativno ispitivanje TBN-a ili sadržaja kontaminata, onda količina uzorka mora odgovarati potrebama datih standarda (obično oko 1 lit). Pakovanje se tada vrši u staklene posude odgovarajuće veličine.

Posuda u koju se uzima uzorak ulja mora biti čista i potpuno suva, sa mogućnošću hermetičkog zatvaranja.

Za uzimanje uzorka najjednostavnije je koristiti vakuum pumpu za uzorkovanje.

Za svaki novi uzorak, postavlja se nova cev. Time se obezbeđuje brzina u postupku i izbegava pranje na terenu. Uzimanje uzorka vrši se kroz otvor šipke merača nivoa ulja u motoru.

Svaka posuda mora imati etiketu sa oznakom uzorka. Oznaka mora sadržati vrstu ulja, pogonsku jedinicu, datum i ime onog koji je uzimao uzorak. Istovremeno upisati



Sl.8.29. Primer uređaja za uzimanje uzorka ulja

stanje moto-časova ili litara utrošenog goriva.

Za odlaganje, čuvanje i transport posuda najbolje je koristiti odgovarajuće kartonske posude u kojima posude stoje vertikalno i poklopljene poklopcom.

Vizuelni pregled boje, bistrine, mirisa i mazivosti

Boja ulja: određuje se vizuelnom metodom. Ne postoji standardna metoda za određivanje boje. Korišćeno ulje je, kod normalne degradacije, crne boje, zbog detergentnih svojstava motornog ulja da „peru“ prostor za sagorevanje u cilindru i glavi motora. Samo kod prisustva vode u većoj količini, ulje poprima sivkastu boju, nalik na boju bele kafe.

Miris ulja: i ovde ne postoje standardne metode za utvrđivanje mirisa motornog ulja. Miris na gorivo može da upozorava na neispravnost sistema motora za dovod i napajanje gorivom ili loše sagorevanje goriva u motoru. Tri krajnja slučaja koja se mogu tu pojaviti su:

- doziranje količine ubrizganog goriva je ispravno ali je usled loše podešenosti motora, loše sagorevanje u motoru,
- motor je ispravno podešen ali se ubrizgava prevelika količina goriva i
- Motor je neispravno podešen (moment predubrizgavanja, niska kompresija i sl.) a i prevelika je količina ubrizganog goriva (nepodešena pumpa visokog pritiska) ili je neispravno ubrizgavanje (oblik i kvalitet mlaza brizgaljke) pa je sagorevanje goriva nepotpuno.

Kao posledica pojave goriva u ulju, dolazi do pada njegovog viskoziteta i povećanog intenziteta habanja. Da bi se sprecili veći kvarovi motora, treba odmah pristupiti dijagnostici elemenata sistema za napajanje motora gorivom (brizgaljke-injektori, dobavne pumpe, pumpe za ubrizgavanje goriva.....).

Takođe, ukoliko motorno ulje ima „težak“ miris, može se zaključiti da je došlo do termooksidacione degradacije kao posledica pregrevanja motora.

Vrlo čest je slučaj da se prilikom montaže nije vodilo dovoljno računa o spojnim mestima dovodne cevi od prečistača za vazduh do motora. Ako su u pitanju gumena creva, dešava se da se prilikom montaže ili u radu oštete, pa se stvara pukotina kroz koju prilikom rada motora ulazi prašina u motor. Dovoljno je da pukotina bude dužine oko 1 cm, da je jedva primetna a da izazove, ozbiljne havarije u motoru za svega sto ili nešto više motočasova rada. U lakšim slučajevima zamenom ulja i uljnog prečistača u dva do tri naredna puta može se stabilizovati situacija.

Kod suviše zaprljanog prečistača ulja otvara se sigurnosni ventil koji propušta



Sl. 8.30. Siguran način čuvanja i transporta uzorka ulja

neprečišćeno ulje da cirkuliše kroz motor. Ideja je u tome da je bolje da se motor podmazuje makar i prljavim uljem nego nikako. Najveća je nezgoda u tome što nema pokazatelja začpljenosti prečistača za ulje niti signala da nečistoća prodire u motor.

Prisustvo vode

Prisustvo vode u motornom ulju različito se tretira u literaturi. Prema standardima za neupotrebljavana ulja pa i prema SRPS-u u njima nema tragova vode.

Ispitivanja su pokazala da se u eksploataciji mogu tolerisati količine od 0,2-0,5%. Ako bi se sadržaj vode povećao iznad 1% ulje se mora zameniti novim.

U slučaju da se analizom ustanovi povećanje sadržaja vode, veoma je važno pronaći uzroke takvih pojava. Prisustvo vode može biti u malim količinama iz redovnog procesa sagorevanja i to je normalno, ali povećanoj količini verovatno je uzrok pregorevanje zaptivke glave motora, pojava pukotine u bloku ili glavi motora.

Jednostavan način utvrđivanja prisustva vode u uljima naftnog porekla može se izvesti putem tzv.

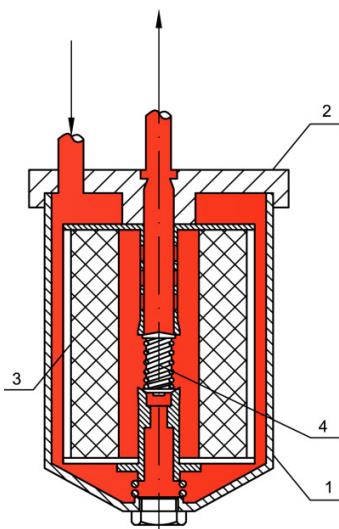
Krekli testa. Nekoliko kapi ulja nanese se na aluminijumsku foliju i zagревa slabim plamenom. To može biti plamen šibice. Ako u ulju postoji slobodne vode manje od 0,1%, čuće se pucketanje i prskanje. Ukoliko je sadržaj vode veći od 0,1% doći će do penušanja u posudi. Pri svemu ovome treba pratiti intenzitet navedenih pojava i prema tome graditi iskustva za dalje procene.

Test uljne mrlje

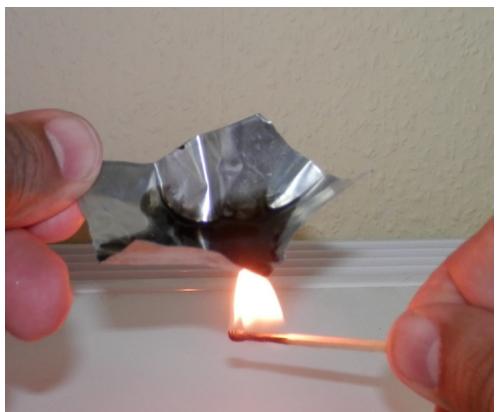
Test uljne mrlje („*Blotter spot test*“) ima široku primenu za određivanje deterdžensko-disperzantnih osobina, oksidacionih kao i nekih drugih osobina ulja (prisustvo vode, antifriza, promene viskoziteta itd.)

S druge strane, analiza uljne mrlje može da pruži informacije o motoru bez rasklapanja ili neke druge komplikovanije dijagnostike.

Najčešći i najjednostavniji način primene uljne mrlje je vizuelno ocenjivanje. Postupak se sastoji u nanošenju kapi upotrebljavanog motornog ulja na papir određene



Sl. 8.31. Filter za ulje
1-kućište filtera, 2-poklopac
kućišta filtera, 3-uložak
filtera, 4-jednosmerni ventil
za uključenje paralelnog
voda



Sl. 8.32. Krekl test za određivanje
prisustva vode u uljima naftnog porekla

poroznosti. Najčešće se koristi „*Whatman*“ br. 1 ili neki drugi, kao npr. „*Durieux*“ 112 koji je sličan *Whatman-u* ili filter papir FN-1 i FN-2.

Ukoliko se žele poređiti rezultati treba uvek koristiti isti papir. Filter papir treba da je izrađen kao etalon, smešten između dva bušena kartonska papira tako da se na njemu mogu upisati svi potrebni podaci.

Kapanje ulja je najbolje vršiti staklenom šipkom prečnika 6 mm da bi se dobile mrlje približno istih dimenzija. Prilikom nanošenja, sa štapića treba da odpadne najpre 2-3 kapi pa se onda sledeća nanosi na papir za analizu. Ulje se može uzimati direktno iz motora (pomoću šipke merača nivoa ulja), na sobnoj temperaturi od 20°C i na 200°C. Analiza na 200°C je analiza u oblasti pogonske temperature motora.

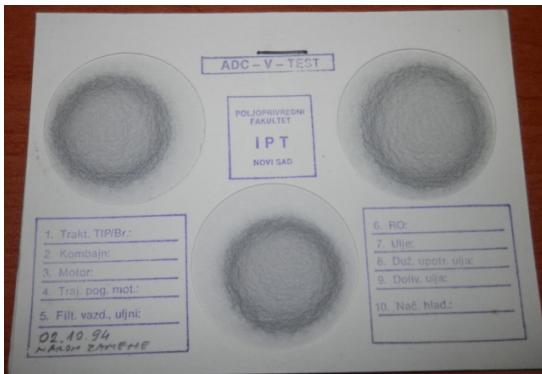
Ocena karakteristika ulja na osnovu mrlje može se vršiti najranije nakon tri sata od nanošenja ulja na papir ali se najbolji rezultati dobijaju analizom nakon 24 časa. Uljna mrlja korišćenih ulja ima oblik kao na slici (sl. 8.34.).

Zona depozita ili centralna zona karakteriše stepen zaprljanosti korišćenog ulja. U ovoj zoni koncentrišu se najveće karbonatne čestice.

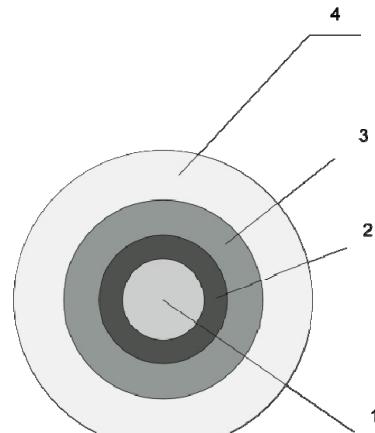
Crni prsten pokazuje razmeštaj velikih čestica od unutrašnjosti prema spoljašnjosti mrlje. Može biti manje ili više zatamnjen i razdvaja centralnu zonu od zone difuzije.

Difuziona zona je više ili manje tamna. Ona karakteriše disperzionalni kapacitet ulja. U zavisnosti od vrste korišćenog papira jedino ono ulje koje sadrži karbonske čestice u suspenziji (čestice veličine 0,3-0,5 mikrona) će obrazovati difuzionu zonu koja se povremeno pojavljuje u obliku uzastopnih osenčenih krugova. Smanjenje ili nestanak ove zone, za korišćenje ulja, znači i zgušnjavanje suspenzije a to uzrokuje dalje veću opasnost od začepljenja.

Delimično providna zona natopljena je uljem koje je slobodno od svih karbonskih supstanci. Ova zona ponekad ima žukastu boju koja može biti u vezi sa stepenom oksidacije ulja ili u vezi sa prisustvom oksidovanih frakcija goriva.



Sl. 8.33. Karton uljne mrlje



Sl. 8.34. Struktura uljne mrlje
1-zona depozita; 2-crni prsten; 3-difuziona zona; 4-providna zona

Ocenjivanje deterdžentnosti upotrebljavanih ulja pomoću testa uljne mrlje temelji se na činjenici da je struktura čadi upotrebljenog ulja ogledalo deterdžentno-disperznih osobina ulja i motora. U uljima višeg deterdžentno-disperzognog nivoa, stvaraju se sitnije čestice čadi nego u uljima nižeg deterdžentnog nivoa.

Deterdžentno-disperzne osobine nekog ulja smanjuju se tokom rada motora jer se troše odgovarajući aditivi. Posledica ovoga je stvaranje sve većih čestica čadi. Na ovo naročito utiču nepovoljni radni uslovi motora, kao što je loše sagorevanje goriva, prodror vode i antifriza, razređenje ulja gorivom itd.

Posle nanošenja kapi ulja na filter, na njemu se separiraju čestice čadi prema njihovoj veličini. Intenzitet separiranja ukazuje na kondiciju derdžentno-disperzionih osobina ulja, s jedne strane kao i na kvalitet rada i odvijanje procesa sagorevanja u motoru. Nastanak mrlje korišćenog ulja na filter papiru odvija se u više faza.

U prvoj fazi kap ulja se razlije po površini papira stvarajući tako jezgro buduće mrlje. Ako ulje sadrži krupnije čestice one će se zadržati u jezgru.

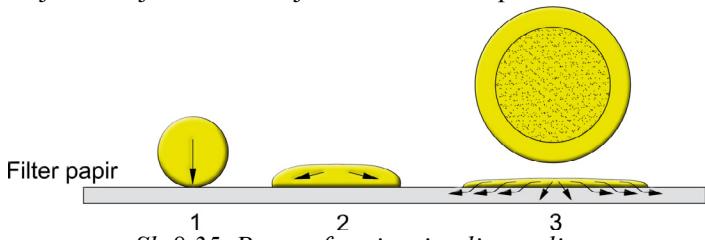
U sledećoj fazi ulje prodire u pore papira i širi se među njegovim slojevima noseći sa sobom čestice čadi čije dimenzije su dovoljno male da mogu putovati među porama papira. Na tom putu od centra prema periferiji slojevi ulja postaju sve tanji. Kada se debljina uljnog filma smanji tako da odgovara veličini nekih čestica čadi, te čestice će se fiksirati.

Put prema periferiji nastavljaju sitnije čestice čadi, sve dok im to debljina uljnog filma dozvoljava, a tada se i one fiksiraju na papiru. Rezultat ovog procesa su koncentrični krugovi čadi koji se često vide na mrlji. Nakon što su i najsitnije čestice čadi fiksirane, dolaze na red eventualno prisutni oksidacioni produkti ulja molekularnih dimezija. Žuta boja ovih čestica označava sledeći krug na mrlji.

Na putu prema periferiji najdalje stižu molekuli ulja koji formiraju prozirnu aureolu mrlje. Stepen do koga je neko ulje zagađeno ugljenikom ili čadi, varira i u benzinskim i u dizel motorima, ali veća razlika se uočava gde postoje teži uslovi rada. Ulja sa bezpeplnim aditivima održavaju svoje disperzione karakteristike bolje nego ulja sa metaloorganskim aditivima.

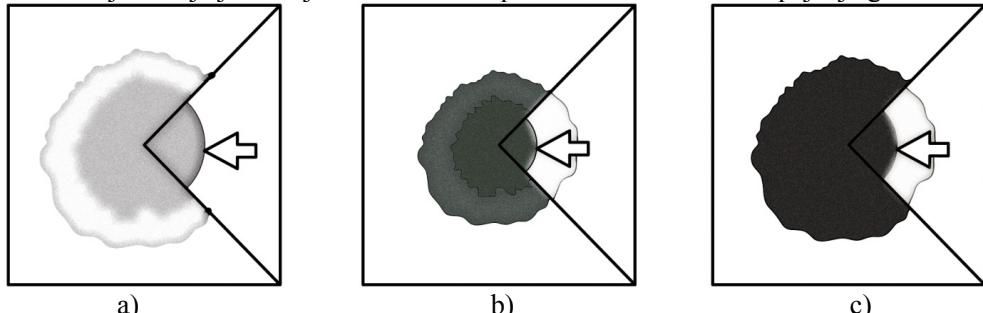
Potpuno kontaminirano (izrađeno) motorno ulje

Kod takvog ulja na uljnoj mrlji ne postoji ni jedan jasno izreferenciran element strukture uljne mrlje. Crni prsten ne postoji, centralna zona je zatamnjena a difuzna zona se ne nazire. Poređenjem sa pravilno formiranom uljnom mrljom može se videti



Sl. 8.35. Proces formiranja uljne mrlje
1-Kap ulja dolazi u kontakt sa filter papirom, 2-formiranje jezgra uljne mrlje, 3-difuzija ulja kroz filter papir

razlika uticaja ispravnosti rada motora na stanje motornog ulja. Verovatni uzrok ovakve uljne mrlje je dotrajali motor sa neispravnim sistemom za napajanje gorivom.

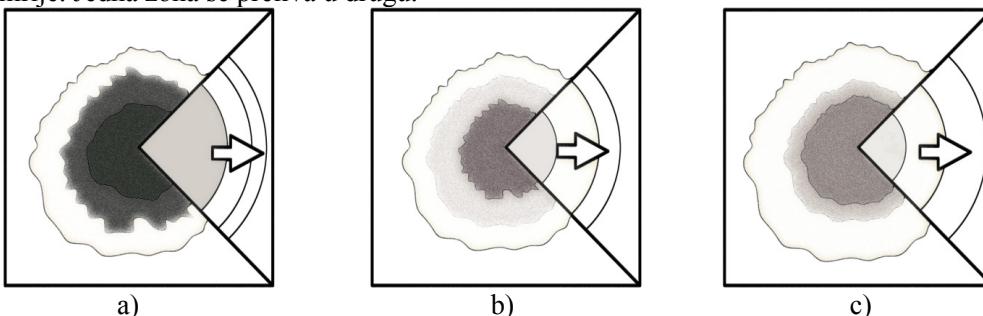


Sl. 8.36. Prisustvo sedimenata, čadi i prašine u ulju

a-sivi centar ukazuje na normalnu koncentraciju sedimenata u ulju, b-tamnosivi centar ukazuje na prisustvo povećane koncentracije sedimenata u ulju (pratiti stanje), c-crni centar ukazuje na visok sadržaj sedimenata u ulju (ulje zameniti, motor servisirati)

Prisustvo goriva u motornom ulju

Usled prisustva goriva u motornom ulju dolazi do njegovog razređenja. Razređeno ulje se razliva po etalon papiru ali ne uspeva da formira karakteristične zone uljne mrlje. Jedna zona se preliva u drugu.

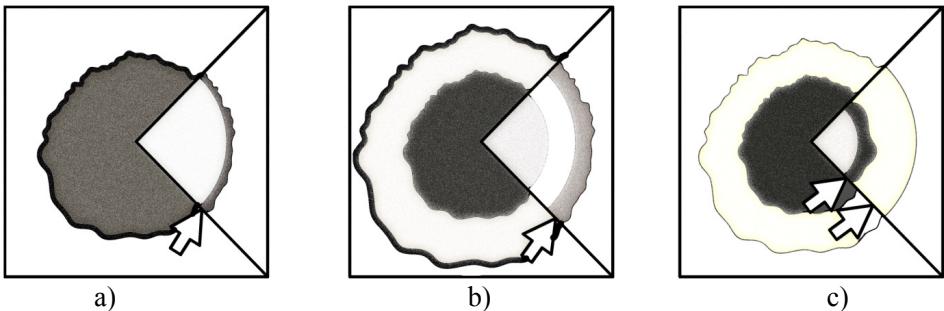


Sl. 8.37. Prisustvo goriva u ulju

a-mali spoljni prsten ukazuje da nema prisustva goriva u ulju, b- uočljiv spoljni prsten ukazuje na prisustvo goriva u ulju, c-jasno uočljiv i širok spoljni prsten ukazuje na prisustvo velike količine goriva u ulju

Prisustvo vode u motornom ulju

Kada crnog prstena skoro nema, a difuzna zona je nepravilno izdiferencirana, ovo ukazuje na prisustvo vode u motornom ulju ali u manjim količinama. Difuzna zona ima nepravilno formirane rubove.

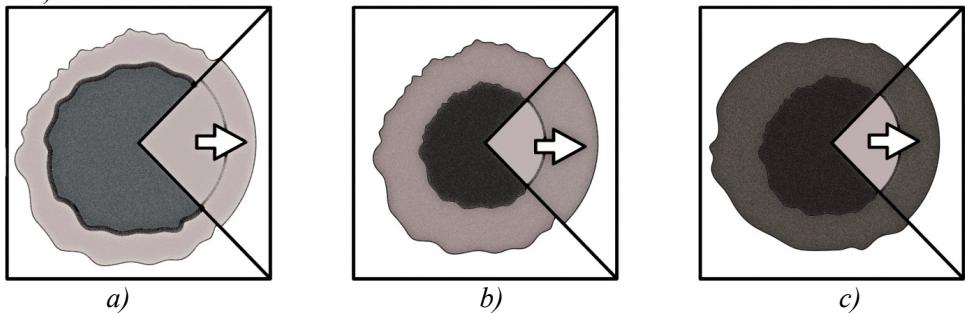


Sl. 8.38. Prisustvo vode u ulju

a-granični sloj srednjeg prstena formira male umerene neravnine (vrhove) nema vode u ulju, b-granični sloj srednjeg prstena formira neravnine (vrhove-nepravilni rubovi) što ukazuje na prisustvo vode u ulju, c- granični sloj srednjeg prstena formira neravnine (vrhove-nepravilni rubovi) formira se korona oko mrlje žute boje što ukazuje na prisustvo glicerola u ulju

Oksidirano ulje i prisustvo čadi (zgušnjavanje) u motornom ulju

Ovakav izgled mrlje se dobija kada je došlo do zgušnjavanja ulja usled velikog prisustva čadi. Uljna mrlja je mala, „zgusnuta“ i bez ikakvih karakterističnih zona. Sve je popunjeno sa čadi. Uzrok leži u nepravilnom sagorevanju goriva u motoru (puno dima).



Sl. 8.39. Prisustvo čadi u ulju

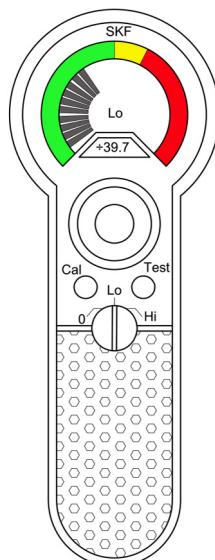
a-srednji prsten svetlosive boje ukazuje da ulje nije oksidiralo, b-srednji prsten sive boje ukazuje na početak oksidacije ulja, c-crni ili tamnosivi srednji prsten ukazuje da je ulje oksidiralo

Određivanje stepena degradacije ulja primenom Lubri senzora

Lubri senzor namenjen je za brzo određivanje stepena degradacije motornog ulja. U upotrebi je od 1978. godine. Lubri senzor radi na principu komparacije dielektrične konstante nekorišćenog i korišćenog motornog ulja. Na sl. 8.40. prikazani su položaji kazaljke merača devijacije. U slučaju normalne degradacije (sl. 8.40.a) motornog ulja, kazaljka se nalazi u položaju "0", što ukazuje na moguće prisustvo produkata oksidacije, taloga, prljavštine, čadi ili kiselina. Na sl. 8.40.b prikazan je slučaj

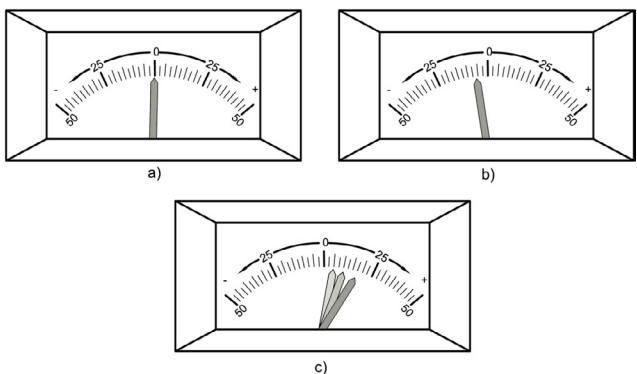
abnormalne degradacije, gde je otklon kazaljke u smeru „-“. Ovakva degradacija ulja ukazuje na prisustvo goriva u ulju. Na sl. 8.40.c prikazana je abnormalna kontaminacija, otklon kazalje je u smeru „+“, što ukazuje na veću koncentraciju vode, antifriza ili čestica metala.

Pomoću ručice sa devijacionom skalom (sl. 8.41) određuje se veličina devijacije, odnosno, stepen kontaminacije motornog ulja. Ukoliko je vrednost na skali veća, veća je i koncentracija kontaminanata u motornom ulju (gornja granična vrednost za mineralna motorna ulja je 4, dok je za sintetička motorna ulja 8).

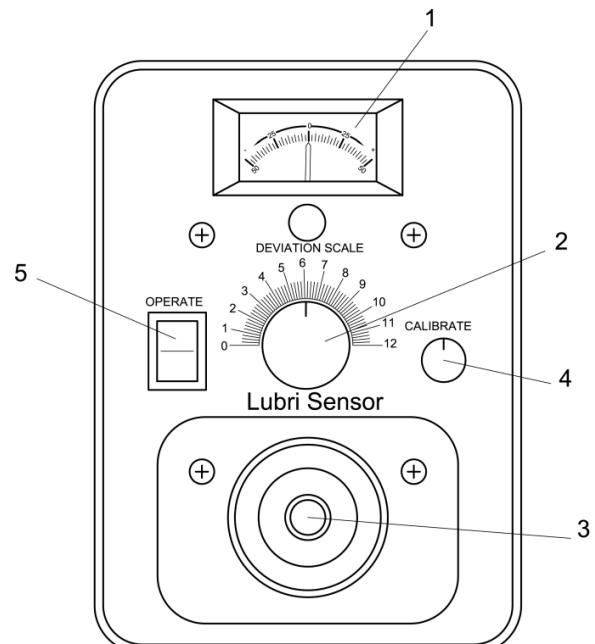


Sl.8.42. „Check oil“ instrument

U novije vreme na tržištu se pojavio instrument „Check Oil“ poznat i pod nazivom „Oil Check“ proizvođača SKF, namenjen takođe brzom ispitivanju degradacije motornog ulja merenjem promene dijalektičke



Sl. 8.40.Lubri senzor
a-normalna kontaminacija, b-c-abnormalna kontaminacija



Sl. 8.41. Lubri senzor
1-devijacijski merač, 2-devijacijska skala, 3-uljni senzor, 4-ručica za kalibraciju, 5-prekidač

konstante. Ova metoda je brza, tačna, ali ne daje potpunu informaciju o nivou degradacije motornog ulja, odnosno, o fizičko-hemijskim karakteristikama, kao i o primesama metala habanja, kao i koncentraciji hemijskih elemenata koji ulaze u sastav aditiva.

Organizacija kontrole ulja u eksplotaciji

Evidencija kontrole

Radi mogućnosti efikasnijeg praćenja situacije na svim ispitivanim jedinicama, predlaže se vođenje odgovarajuće evidencije preko tabele date u okviru ovog teksta. Jedna tabela (kartica) bi mogla da zadovolji nekoliko zamena ulja. Kada se doliva ulje u rubriku „Primedbe ili preporuke“ upisati količinu dolivenog ulja a nivo izmeriti pre i posle dolivanja. Prilikom donošenja odluke o zameni ulja u rubrici „Primedbe ili preporuke“ pisalo bi „zamena“ kao i vrsta zamjenjenog ulja. Ispod svih rubrika bila bi podvučena horizontalna crvena linija, a ispod nje bi se sumirala količina utrošenog goriva, dolivenog ulja i radni sati između dve zamene. Zatim bi se podvukla još jedna horizontalan crta a redni broj bi ponovo kretao od početka.

Na poledini tabele trebalo bi pod rednim brojevima pisati sve primedbe i intervencije na motoru bitne za dalje praćenje.

Sl. 8.43. Primer obrasca za evidentiranje stanja motornog ulja

Na gore opisani način imao bi se, tokom cele godine i tokom celog veka eksploracije motora uvid u stanje datog motora. Nakon nekoliko intenzivnih praćenja stanja ulja, za datu jedinicu, moglo bi se u narednim slučajevima na osnovu zatečenog stanja i na osnovu ranijih iskustava, a prema količini utrošenog goriva, planirati vreme zamene.

Ovakav pristup umnogome bi pojednostavio situaciju u odnosu na dosadašnje kriterijume zamene motornog ulja, uz činjenicu da bi se zamena vršila baš onda kada je to potrebno.

Napomena

Podatke unositi pedantno, tačno i savesno. Oni su preduslov i garancija svih budućih akcija.

8.2.2. Ulja za podmazivanje menjača i diferencijala

Menjači i diferencijali poljoprivrednih pogonskih mašina su po pravilu sastavljeni od sklopova različitih zupčanika. U zavisnosti od vrste spregnutih zupčanika i opterećenja, ovi sklopovi rade u uslovima hidrodinamičkog, elastohidrodinamičkog i mešovitog podmazivanja koje kod hipoidnih zupčanika pri udarnim opterećenjima i udarnim pritiscima prelazi u granično. U takvima uslovima uljni film se mestimično prekida, a u tačkama neposrednog dodira spregnutih zupčanika naglo raste temperatura. Ovakvi uslovi rada zupčanika zahtevaju pažljiv izbor ulja radi sprečavanja neželjenih posledica koje mogu nastati usled lošeg podmazivanja a u vidu povećanog habanja na dodirnim površinama ili čak do lokalnog zavarivanja ukoliko temperatura naglo poraste. Izbor i preporuka ulja za menjače i diferencijale vrši se prema vrstama zupčanika u njihovim sklopovima. Pri tome se vrše dve klasifikacije:

- klasifikacija SAE J 306 c/85,

Ovom klasifikacijom se definišu ulja za menjače i diferencijale po viskoznosti prema SAE viskoznoj gradaciji i to za monogradne varijante: SAE 70W, 75W, 80W, 85W, 80, 85, 90, 140 i 250; i multigradne varijante: SAE 80W-90, SAE75W-90 i SAE 85W-140. Multigradne varijante su uvedene u novije vreme a karakterišu ih viši indeksi viskoznosti i niže tačke tečenja u poređenju sa monogradnim varijantama. Ovo je imalo za posledicu lakše pokretanje i optimalno podmazivanje na niskim temperaturama uz manji utrošak energije.

Ovde treba napomenuti da više vrednosti SAE viskozne gradacije ulja namenjenog za podmazivanje menjača i diferencijala ne znači obavezno da se radi i o ulju koje ima višu vrednost viskoznosti. Veće vrednosti su stavljene samo da bi se izvršilo razlikovanje ulja namenjenog podmazivanju motora od ulja namenjenih za rad u menjaču i diferencijalu. Tako npr. ulje SAE 140 odgovara po viskoznosti motornom ulju SAE 60W¹³.

- klasifikacija SAE J 308/89,

Ova klasifikacija definiše šest kategorija ulja za prenosne sisteme motornih vozila različitih radnih osobina, sa oznakama API GL-1,2,3,4,5 i 6. Prve tri kategorije (API GL-1, 2 i 3) ne spadaju u grupu hipoidnih ulja i obično se preporučuju za podmazivanje menjača putničkih i lakih teretnih vozila u čijim sklopovima se ne

¹³ U toku korišćenja viskoznost, gustina i neutralizacioni (kiselinski) broj ulja raste. Dozvoljeni porast viskoznosti je do 10%, gustine 5-10% a neutralizacionog broja do 10%. Takođe, kao posledica oksidacije (starenja) ili isparenja lakoisparljivih komponenti raste tačka paljenja ulja (Stojilković M., 2011.)

nalaze hipoidni zupčanici, a nalaze se delovi od obojenih metala. Druge tri kategorije (API GL-4, 5 i 6) su hipoidna ulja i preporučuju se za podmazivanje prenosnih sistema u čijim sklopovima se nalaze hipoidni zupčanici, a ne nalaze se delovi od obojenih metala. Uopšte uzev, kada se radi o izboru ulja za podmazivanje menjača i diferencijala motornih vozila i pogonskih mašina treba poštovati preporuke proizvođača.

Za podmazivanje diferencijala i sličnih sklopova sa hipoidnim zupčanicima preporučuju se ulja:

- po viskoznoj gradaciji SAE 90, SAE 80W-90, SAE140 ili SAE 80W-140 zavisno od opterećenja, prenosa snage i verovatnoće za čestu pojavu graničnog podmazivanja,
- po radnim osobinama API GL-5.

Osim API specifikacije postoje i specifikacije američke armije MIL. Pri tome postoji korelacija:

- MIL-L-2105 odgovara API GL-4,
- MIL-L-2105B odgovara APIGL-5 za monogradna i
- MIL-L-2105C odgovara API GL-5 za multigradna.

8.2.3. Ulja za transmisione i hidraulične sisteme traktora

Kod mnogih savremenih traktora se transmisija, hidraulika i mokre kočnice podmazuju jednim uljem, najčešće iz jednog kućišta. To su višenamenska ulja. Ova ulja moraju istovremeno da zadovolje uslove sledećih klasifikacija:

- API GL-4ISO 6743, L-C,
- ISO 6743, L-HV,
- *John Deere* JD 20A (JD 14B),
- *Massey Ferguson* M-1135 i
- *Ford* M2C 86 A-IHC B-6.

Treba naglasiti da za podmazivanje traktorskih transmisiono-hidrauličkih sistema se ne smeju upotrebljavati ulja za menjače i diferencijale zbog visokih viskoznosti.

8.2.4. Univerzalna ulja za traktore

Traktori i ostale poljoprivredne mašine, za razliku od putničkih vozila, rade u specifičnim uslovima, najčešće u veoma zaprljanoj sredini, sa promenljivim opterećenjem, u uslovima pothlađenja ili pregrevanja i često sa dugotrajnim stajanjem. Ovakav često puta ekstremni rad motora zahteva visok kvalitet ulja koje mora obezbediti lako startovanje motora bez obzira na temperaturu okoline, dobru unutrašnju čistoću motora, dobra disperzantna svojstva za sprečavanje pojave hladnih taloga i dobru zaštitu od korozije. Poslednjih decenija traktori su doživeli veliki tehnički razvoj. Između ostalog, to se odnosi i na sklopove pogonskog motora, transmisionog sistema, hidrauličnih mokrih kočnica i hidrauličkog sistema.

Kod ovako složenih zahteva i jedne ovako komplikovane mašine, uvek je postojala želja korisnika da se broj ulja za podmazivanje navedenih traktorskih sklopova svede

na manji, odnosno, po mogućnosti, na jedno ulje koje će zadovoljavati sve sisteme. Na taj način se eliminiše mogućnost greške zamene jednog ulja drugim, a osim toga, skladištenje i manipulacija ulja se pojednostavljuje. To je dovelo do razvoja univerzalnih ulja za traktore.

Prve generacije traktorskih ulja TOU su bile za dizel motore sa prirodnim usisavanjem, transmisione i hidraulične sisteme. Ova ulja se više ne proizvode. Prva generacija UTTO ulja je nastala 1960. godine, a STOU ulja 1980. godine. U poslednje vreme pojavljuju se ERTTO (Environmentally Responsive Tractor Transmission Oil) - univerzalna ulja za traktore na bazi bioragradivih baznih ulja.

U pogledu podmazivanja traktora postoji izbor između dva rešenja i to:

- koristiti dva tipa ulja - jedno za podmazivanje motora, a drugo za transmisiju, hidrauliku i mokre kočnice tzv. UTTO - univerzalno ulje za traktore i
- koristiti samo jedno ulje za podmazivanje svih delova traktora (motor, transmisija, hidraulika i mokre kočnice), tzv. STOU - super univerzalno ulje za traktore.

8.2.5. Mazive masti

Masti su polutečna ili polučvrsta maziva koja se koriste za podmazivanje delova mehaničkih sistema gde ulja kao tečna maziva, iz tehničkih ili ekonomskih razloga ne zadovoljavaju. Zbog svoje konzistencije i adhezionih osobina, masti se bolje i duže zadržavaju na površinama elemenata tribomehaničkih sistema.

Mazive masti se proizvode od baznih ulja i ugušćivača uz dodatak aditiva. Bazna ulja mogu biti mineralnog ili sintetičkog porekla, a kao ugušćivači mogu biti sapuni litijuma, kalijuma, natrijuma kalcijuma, barijuma, aluminijuma, bentonita i silikagel.

Osnovna funkcija mazivih masti je da se smanji trenje a time i habanje, međutim nije bez značaja ni uloga zaštite od korozije kao i zaštita od prodiranja vode i abrazivnih čestica u zonu podmazivanja.

Zbog svoje konzistencije maziva ne mogu da hладе niti da iz zone podmazivanja odnose čestice nastale habanjem. Takođe su osetljive na velike temperaturne promene.

Mazive masti se primenjuju u različitim uslovima podmazivanja i to: kotrlajnih i kliznih ležaja, zupčanika, vođica klizača i zglobova. Dele se prema oblasti primene i

Tab. 8.3. NLGI klasifikacije

000	Polutečna	za zupčanične prenosnike
00	Polutečna	za zupčanične prenosnike
0	vrlo meka	za sisteme centralnog podmazivanja
1	meka	za sisteme centralnog podmazivanja
2	srednje meka	za sisteme centralnog podmazivanja i kotrlajne ležajeve
3	srednja	za kotrlajne ležajeve i opšte namene
4	tvrda	za klizne ležajeve malih brzina
5	vrlo tvrda	briketne masti
6	vrlo tvrda	briketne masti

sastavu.

Osobine mazivih masti vezane su dobrom delom za osobine katjona uguščivača, odnosno sapuna. Jedna od važnih osobina mazivih masti je tačka kapanja koja je zavisna od osobine sapuna. Tačka kapanja kalcijumove masti je 90°C, natrijumove 140°C a litijumove 190°C. Kalcijumove masti su otporne na dejstvo vode a natrijumove se lako ispiraju. Litijumove masti su u različitim verzijama našle najširu primenu i pokrivaju oko 60 % svih potreba. Prema konzistenciji (NLGI) mazive masti su razvrstane u 9 grupa.

8.2.6. Skladištenje maziva, rukovanje i zaštita životne okoline

Pravilno skladištenje maziva je od izuzetnog značaja za ostvarivanje planiranog kvaliteta podmazivanja. Maziva najvišeg kvalitetnog nivoa mogu biti degradirana i učinjena neupotrebljivim usled nepravilnog skladištenja. Nepravilno skladištenje može imati za posledicu veću štetu na opremi nego što bi izazvala upotreba maziva nižeg kvalitetnog nivoa. Pravilno skladištenje podrazumeva uslove u kojima su maziva zaštićena od vlage, kiše snega, sunca i požara.

Takvi uslovi postoje samo u zidanim skladištima, projektovanim specijalno za čuvanje i skladištenje zapaljivih materija.

Voda i vlaga u kontaktu sa mazivim uljima vrše hidrolizu nekih aditiva, sa detergentima voda gradi emulzije, sve ih čini delimično ili potpuno neaktivnim, a mazivo neupotrebljivim. Brzina i stepen degradacije zavisi od osetljivosti aditiva na dejstvo vode, od količine vode, dužine kontakta sa njom i temperature. Voda i vlaga su štetne i za ambalažu. Dugim stajanjem u vlažnoj atmosferi bačve će zardati, a sa rđom se izgube i svi natpisi. Ako se u takvim skladištima nalazi više vrsta maziva u bačvama iste boje, mogu se dogoditi greške u primeni i velike štete na delovima mehaničkih sistema koji bi se podmazivali pogrešno izabranim mazivima. Visoke temperature ubrzavaju starenje mazivih ulja te zbog toga bačve sa uljem ne smeju biti dugo izložene suncu.

Vrste skladišta

Barake

Za skladištenje ulja u bačvama često se koriste barake. Barake pružaju zaštitu od vlage, ali temperature u njima leti i zimi variraju u širokim granicama. Osim toga u njima se ne može ostvariti neko organizovano i plansko skladištenje pa može doći i do grešaka u distribuciji i primeni.

Nadstrešnica

Nadstrešnice mogu predstavljati samo privremeno skladište jer ne pružaju zaštitu od vlage, kiše snega i prašine.

Otvoreni prostori

Otvoreni prostori se ne mogu preporučiti. U slučaju da se pribegava ovakvom vidu skladištenja usled nemogućnosti da se pribegne drugom rešenju, mora se voditi računa

da se bačve sa uljem ne smeju postavljati uspravno. Na višim temperaturama ulje se širi, sabija vazduh i jedan deo, pod pritiskom isteruje pored zatvarača. Prilikom pada temperature, ulje se skuplja, stvara se potpritisak i vazduh iz atmosfere ulazi u bačvu a sa njim i vлага iz vazduha. U kišnom periodu se obično oko zatvarača zadržava voda te ista sa vazduhom može dospeti u bačvu. Pored destruktivnog dejstva koje ima voda na ulje, ona doprinosi i stvaranju korozije koja kontaminira ulje.

Ako se bačve sa uljem već moraju držati na otvorenom prostoru tada ih treba postaviti u horizontalan položaj i to tako da otvor za nalivanje bude u horizontalnoj osi.

Centralna skladišta

Centralna skladišta treba da imaju plan skladištenja u skladu sa assortimanom i potrošnjom. To podrazumeva obeležavanje površina za skladištenje ulja po vrstama i gradacijama. U ovoj vrsti skladišta vertikalni položaj bačvi je preporučljiv zbog boljeg iskorišćenja prostora kao i lakše manipulacije. U manjim skladištima mogu se koristiti i regali metalne konstrukcije u kojima se bačve slažu u horizontalnom položaju.

U svakom slučaju treba obezbediti da izuzimanje bačvi bude onim redosledom kako su dopremane u magacin.

Rukovanje mazivima

Pravilno rukovanje mazivima podrazumeva primena posebnih mera bezbednosti vezanih za zaštitu od požara i zaštitu zdravlja ljudi koji rukuju njima.

Zaštita od požara

Sva maziva ulja spadaju u zapaljive proizvode i shodno tome se moraju primenjivati propisi za zaštitu od požara pri skladištenju, distribuciji i upotrebi. Maziva ulja imaju relativno visoku tačku paljenja i zbog toga ne spadaju u lako zapaljive tečnosti ali i pored toga se ne smeju držati blizu izvora toplove i plamena.

Skladišta maziva moraju imati efikasne sisteme provetrvanja i sisteme za gašenje požara. Na vidnome mestu mora da postoji upozorenje o prisustvu zapaljivih materija i o zabrani pušenja. U slučaju požara za gašenje se mogu koristiti ugljjeni oksid, suvi prah i pena. Voda se ne sme koristiti za gašenje zapaljivih ugljovodonika. Manji požari se mogu gasiti zemljom ili peskom, ukoliko se ne raspolaže dovoljnim brojem aparata za ručno gašenje.

Zaštita zdravlja ljudi

Savremena maziva ne predstavljaju naročito opasne materije po zdravlje ljudi ukoliko se pri rukovanju koriste propisana sredstva za zaštitu. Pri tome treba imati u vidu opšte preporuke kao što su:

- izbegavanje neposrednog dodira maziva sa kožom i očima, udisanje para i uljne magle, voditi računa da se zaprljanim rukama ne unese mazivo u organe za varenje, s obzirom da su koža sluzokoža usta i nosa, disajni organi i organi za varenje veoma osetljivi na dejstvo ugljovodonika, naročito aromatičnih, i niz aditiva koji se nalaze u mazivima,

- ukoliko se kontakt maziva i kože ponavlja često i dugo, postoji mogućnost da se u nekim slučajevima pojave određena oboljenja, počev od kratkotrajnih nadražaja kože u vidu crvenila, preko alergije pa do pojave raka,
- verovatnoća da se pojavi neko od navedenih oboljenja utoliko je veća ukoliko su bazna ulja manje rafinisana, zatim ukoliko sadrže više policikličnih aromata ili aditiva na bazi olova ili pak hlora i drugih toksičnih materijala,
- naročito treba izbegavati neposredne dodire sa upotrebljenim uljima jer ona obavezno sadrže toksične i kancerogene materije koje nastaju degradacijom ulja i aditiva tokom upotrebe,
- posebno treba napomenuti da je veoma važan faktor zaštite zdravlja osim navedenih mera zaštite kože ruku, očiju, disajnih i drugih organa i održavanje lične higijene (čistoće ruku i tela) kao i čistoće radnog mesta,
- loših navika kao što su: držanje zamašćenih krpa u džepovima radnih odela, brisanje ruku zamašćenim krpama, nošenje jako zamašćenih odela, obedovanje mazivima zaprljanim rukama ili pranje ruku benzinom, kerozinom ili dizel gorivom, se treba oslobođiti.

Zaštita životne sredine

Spektar materija kojima čovek zagađuje životnu okolinu je veoma širok, a posebno zabrinjava podatak da je veliki udio u tom spektru zagađivača imaju goriva i maziva.

Toksikološkim i hemijskim ispitivanjima je utvrđeno da su upotrebljena motorna ulja i emulzije za obradu metala najopasniji kontaminanti životne sredine. Toksične materije koje su u njima sadržane ili u njih dospevaju tokom upotrebe, uništavaju mikrofloru zemljišta i čine ga dugo vremena neplodnim jer se biološki teško razgrađuju. Vodu čine neupotrebljivom za ljude i životinje. Jedan litar ulja zagadi i učini neupotrebljivim milion litara vode. Upoređenja radi, jedan metar kubni upotrebljenog ulja zagađuje reku kao grad od 40.000 stanovnika. Tako zagađena voda se ne može uobičajenim tretmanima u vodovodima očistiti i učiniti bezopasnom za ljude. Jedna petina svih zagađenih voda na zemlji je zagađena upotrebljenim uljima.

Sagorevanje upotrebljenih ulja u pećima za loženje u domaćinstvima i radionicama je posebno opasno jer postoji opasnost od direktnog trovanja ljudi kao i zagađenja šire životne sredine. Takva ulja u pećima za domaćinstvo ne sagorevaju potpuno, a proizvod nepotpunog sagorevanja ulja su toksični i kancerogeni.

Imajući u vidu sve rečeno, nameće se pitanje kako se oslobođiti upotrebljenog ulja i maziva uopšte. Preporučuju se dva načina i to prerada kao sekundarne sirovine ili pak spaljivanje u specijalno za tu svrhu napravljenim pećima. Ako je u pitanju prerada, na raspolaganju su regeneracija i rerafinacija.

Regeneracija je relativno jednostavan postupak. Od operacija se koriste taloženje vode i drugih nečistoća, dekantovanje, filtracija i centrifugiranje. Ovaj postupak je moguće primeniti samo kod onih ulja kod kojih nije došlo do većih degradacionih promena hemijske prirode a to je po pravilu slučaj kod mineralnih hidrauličnih, reduktorskih,

turbinskih ili kompresorskih ulja parafinske osnove. Mogućnost regeneracije kao i upotrebljena vrednost regenerisanog ulja se mora potvrditi odgovarajućim hemijskim analizama. Upotrebljena motorna ulja se ne mogu regenerisati.

Rerafinacija upotrebljenih ulja je znatno složeniji postupak i podrazumeva da upotrebljena motorna, transmisiona, hidraulična, reduktorska, turbinska i kompresorska ulja parafinske osnove nisu pomešana sa uljima za obradu metala i transformatorskim uljima. Prilikom rerafinacije koristi se vakuum postupak destilacije a dobija se rafinirano bazno ulje koje se može koristiti za proizvodnju novih maziva. Ukoliko su ulja zaprljana uljima za obradu metala ili polihlordifenilima, ne mogu se rafinirati, već se moraju uputiti na spaljivanje koje se vrši u specijalnim pećima u kojima je obezbeđeno potpuno sagorevanje, bez prisustva toksičnih i kancerogenih materija u dimnim gasovima.

9. PRIPREMA MAŠINA ZA ČUVANJE U VANSEZONSKOM PERIODU

9.1. UVOD

U periodu van eksploatacije, mašine se garažiraju. Garažiranje poljoprivrednih mašina se vrši u okviru zatvorenih garaža, ispod nadstrešnica ili na otvorenim platoima. Skupe mašine i one osetljive na dejstvo atmosferskih uticaja, garažiraju se u zatvorenim garažama ili pod nadstrešnicom. Garažiranje mašina na otvorenim platoima opravdano je samo u nedostatku drugog, odgovarajućeg, smeštajnog prostora. Prilikom skladištenja mašina na otvorenim platoima treba težiti da plato bude sa tvrdom (betonskom) podlogom. Ukoliko se mašina čuva na nebetoniranoj podlozi neophodno ju je odvojiti od podloge, postavljanjem na odgovarajuće podmetače. Prilikom garažiranja, mašina se mora postaviti tako da ostane dovoljno prostora za prilaz sa svih strana u cilju pregleda i kontrole.

Razlikuju se tri vrste garažiranja:

1. Međusmensko (između dve smene),
2. Kratkotrajno (u trajanju od deset dana do dva meseca),
3. Dugotrajno garažiranje (duže od dva meseca).

U zavisnosti od mesta i dužine perioda garažiranja mašine, zavisi i stepen njene konzervacije.¹ Priprema mašine za kratkotrajno garažiranje mora se sprovesti odmah po prestanku eksploatacije, dok kod mašina koje se pripremaju za dugotrajno garažiranje do deset dana po prestanku eksploatacije.

Posle završetka sezone rada, a pre konzervacije, potrebno je:

- detaljno očistiti mašinu vodom ili komprimovanim vazduhom od svih nečistoća (ukoliko se za pranje mašine koristi voda neophodno je obratiti pažnju da voda ne zaostane u udubljenjima na mašini),²
- spoljne površine mašine zamašćene derivatima nafte odmastići primenom odgovarajućih sredstava za odmašćivanje (trihloretilen, perhloretilen...)³,
- otkloniti sve uočene neispravnosti na mašini,
- sa mesta na kojima se uoči oštećenje farbe ili korozija neophodno je ukloniti produkte korozije i površinu zaštитiti novim premaznim slojem.

¹ Pod konzervacijom se podrazumeva niz fizičko-hemijskih mera za zaštitu mašina, sklopova, delova i druge opreme u cilju sprečavanja razarajućeg dejstva korozije. Osnovne postavke konzervacije su, da se normalna maziva ulja i masti za podmazivanje zamene zaštitnim sredstvima (antikorozivnim uljima i mastima) istih ili sličnih karakteristika. Nakon završenog perioda zaštite ova sredstva se ne moraju uklanjati već preuzimaju funkciju maziva (Petrović T., 1997.).

²Iz kombajna istresti sve ostatke zrna, pleve i slame. Neistrešena zrna mogu proklijati i sa slamom i plevom biti izvor korozije.

³ Za odmašćivanje ne koristiti dizel gorivo, jer ono zbog svojih agresivnih sastojaka (kao i vode) može da bude uzročnik nastanka korozije.

9.2. KONZERVACIJA POJEDINIХ DELOVA POLJOPRIVREDNIХ МАШИНА

9.2.1. Konzervacija motora

Delovi motora koji su u neposrednom dodiru sa produktima sagorevanja izloženi su pojačanom dejstvu korozije. Koroziju delova motora pospešuje učestalo hlađenje i zagrevanje produkata sagorevanja. Promena temperature omogućuje kondenzaciju produkata sagorevanja i vodene pare (usisane sa vazduhom). Ovi kondenzati rastvaraju nečistoće koje se nalaze u produktima sagorevanja stvarajući elektrolit čime nastaju uslovi za započinjanje procesa korozije. Povišen procenat sumpora u gorivu predstavlja podlogu za stvaranje sumporne ili sumporaste kiseline koje su izraziti korodoniti. Na ovaj način intenzivnim dejstvima korozije su izloženi cilindri, klipovi, klipni prstenovi, sistem za odvođenje produkata sagorevanja (izduvne cevi).



Sl. 9.1. Korozija cilindra, ventila i kolenastog vratila motora nastala kao posledica dugotrajnog garažiranja

Ulje u motoru igra vrlo važnu ulogu. Jedan od zadataka ulja je zaštita delova motora od korozije. Da bi se obezbedila efikasna zaštita delova od korozije, tokom konzervacije motora, potrebno je eksploraciono ulje zameniti odgovarajućim konzervacionim⁴ (npr. Galax KC, Rafinerija nafte Beograd, čije su fizičko-hemiske

⁴ Ulje koje se koristilo u eksploraciji treba ispustiti neposredno posle rada dok je još zagrejano. Za ispiranje kartera motora, menjača, diferencijala i drugih uljnih kupatila u transmisiji pogona, kao i za hidraulično-transmisionog pogona kod poljoprivrednih mašina, koristiti motorno ulje viskozne gradacije SAE 10. Pre sisanja konzervacijskog ulja zameniti prečistač ulja. Ovo ulje se sipa u količini koja obezbeđuje rad i podmazivanje delova, do minimuma na meraču ulja kod motora. Dužina ispiranja je 10 - 20 minuta posle čega se ispušta ulje za ispiranje i naliva ulje za konzervaciju. Ono se sipa do oznake minimum i sa njim motor radi 10-15 minuta radi podmazivanja svih delova motora (Petrović T., 1997.).

karakteristike date u tabeli 9.1.).

Tab. 9. 1. Fizičko-hemiske karakteristike ulja za konzervaciju motora Galax KC (Galax, Rafinerija nafte Beograd)

Karakteristika	Metoda ispitivanja	Tipična vrednost
Izgled	Vizuelno	Bistra viskozna tečnost
Gustina na 15°C , kg/m^3	ASTM D 1298	890
Viskoznost na 100°C , mm^2/s	ASTM D 445	11
Tačka stinjanjana, 0°C	ASTM D 97	-22
Tačka paljenja, $^{\circ}\text{C}$	ASTM D 92	230
Indeks viskoznosti	ASTM D 2270	90

Prilikom odabira ulja za konzervaciju motora, neophodno je upoznati se sa preporukama proizvođača o tome u kojoj meri se ovo ulje može koristiti kao eksploraciono. Različiti proizvodi omogućavaju:

- dobru zaštitu od korozije, pri čemu je startovanje motora dozvoljeno samo u slučajevima preke potrebe ili
- dobru zaštitu od korozije, sa mogućnošću korišćenja u toku eksploracije.

Kod pogonskih mašina naročito se mora voditi računa o sistemima za hlađenje. Konzervacija sistema za hlađenje obavlja se tako što se iz sistema ispušta rashladna tečnost. Sistem se ispira čistom vodom, a zatim se u sistem sipa rastvor za konzervaciju. Na tržištu se nude različite tečnosti namenjene konzervaciji sistema za hlađenje koja se meša sa vodom u koncentraciji 10-20%, stvarajući stabilnu emulziju⁵.

Sistem za napajanje motora gorivom štiti se od korozije primenom ulja za konzervaciju (npr. Galax, Rafinerija nafte Beograd ima proizvod komercijalnog naziva Protektol A, fizičko-hemiske karakteristike ovog sredstva date su u tabeli 9.2.). Konzervacija ovog sistema se vrši na sledeći način:



Sl. 9.2. Korozija spoljnih (hlađenih) površina cilindra

⁵ Rastvor se sipa u sistem za hlađenje i motor se pušta u rad 10-15 minuta. Posle ispuštanja ovog sredstva iz sistema za hlađenje treba hermetički zatvoriti sve otvore.

- isprazniti gorivo iz rezervoara,
- pusti u rad motor kako bi potrošio gorivo iz instalacije,
- skinuti rezervoar za gorivo i isprati ga od nečistoća,
- u skinuti rezervoar uliti dve do tri litre zaštitnog sredstva (okretanjem rezervoara obložiti njegove unutrašnje površine sredstvom za konzervaciju),
- nakon ponovne montaže rezervoara, ručnim okretanjem kolenastog vratila napuniti sistem zaštitnim sredstvom⁶,
- sve otvore na sistemu za dovod i raspodelu goriva i rezervoara za gorivo hermetički zatvoriti lepljivom trakom.



Sl. 9.3. Korozija elemenata sistema za napajanje motora gorivom

Tab. 9.2. Tehničke karakteristike ulja za konzervaciju sistema za napajanje motora gorivom Protektol A (Galax, Rafinerija nafte Beograd)

Karakteristika	Metoda ispitivanja	Tipična vrednost
Izgled	Vizuelno	Bistra do slabo zamućena tečnost
Gustina na 20°C, kg/m ³	ASTM D 1298	845
Viskoznost na 20°C, mm ² /s	ASTM D 445	6.5
Tačka stinjanjanja, 0C	ASTM D 97	-21
Tačka paljenja, °C	ASTM D 93	75
Korozija Cu trake(50°C/3h)	ASTM D 130	1a

Tokom konzervacije motora očistiti prečistač za vazduh (zajedno sa gumenim crevom koje spaja prečistač sa usisnom cevi), izdrevni lonac i prečistač komprimovanog vazduha. Nakon njihove ponovne montaže otvore na njima zlepiti lepljivom trakom.

9.2.2. Konzervacija lanaca

Kod mašina koje su opremljene pogonskim lancima (npr sejalice, mašina za baliranje sena, kombajn), lance treba skinuti sa mašine, odmastiti i konzervirati potapanjem u antikoroziono ulje⁷. Pri konzervaciji lanaca na kojima su postavljeni gumeni delovi

⁶ NAPOMENA: S obzirom na to da se preporučuje izbegavanje skidanja brizgaljki, dozvoljeno je samo ručno okretanje kolenastog vratila motora. Naime, nije dozvoljeno vršiti pokretanje elemenata pomoću elektropokretača, kako ne bi došlo do samopaljenja zaštitnog sredstva u cilindru motora.

⁷ Sa gledišta postizanja kvaliteta zaštite nanošenje zaštitnog sredstva potapanjem pokazuju

(npr. elevatorski lanci sa gumenim lopaticama), iste treba odmastiti ali ih ne potapati u antikoroziono ulje (samo ih oprati vodom i osušiti). Nakon konzervacije preporučljivo je lance uviti u zamašćeni papir i odložiti (NAPOMENA: prethodno obeležiti kojoj mašini pripadaju).

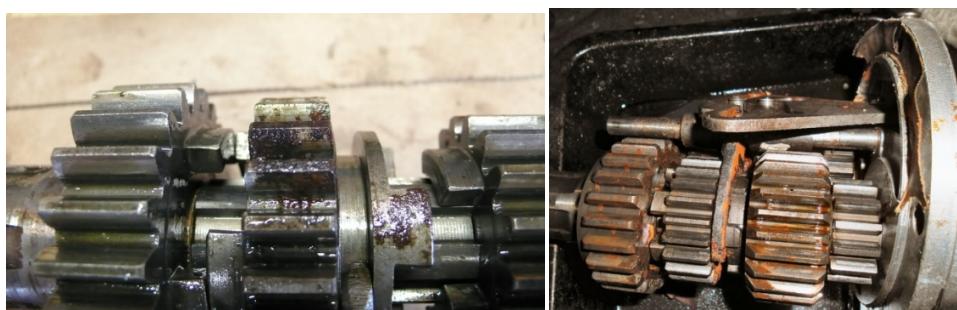
9.2.3. Konzervacija pogonskog remenja

Pogonsko remenje poljoprivrednih mašina skinuti, odmastiti razblaženim sredstvom za odmašćivanje, oprati u čistoj vodi, osušiti i smestiti u prostoriju sa umerenom temperaturom i vlažnošću vazduha. Remene prethodno obeležiti (kojoj mašini pripadaju). Ukoliko se mašina garažira u zatvorenim garažama, očišćen remen se vraća na mašinu ali se ostavlja rasterećen (olabavljen)⁸. Gore pomenute mere se ne odnose na remenje namenjeno pogonu ventilatora motora.

9.2.4. Konzervacija hidraulično-transmisionog pogona

Nakon ispiranja transmisionog ili hidraulično-transmisionog kućišta (kako je opisano u tački 9.2.1), ulje koje se istovremeno koristi za konzerviranje i eksploraciju uliti do minimalnog nivoa koji obezbeđuje njihov rad. Posle završenog isplahivanja kućišta (puštanjem mašine u kratkotrajan rad) sve otvore zatvoriti hermetički.

Klipove radnih cilindrara postaviti u maksimalno uvučen položaj, a ne ofarbane delove klipa premazati mastima.



Sl. 9.4. Korozija elemenata transmisije usled dugotrajnog stajanja

najbolje rezultate, a ujedno je i najrasprostranjeniji oblik primene. Predmeti se pojedinačno ili grupno unose u kadu u kojoj se nalazi zaštitno sredstvo. Kade koje se u ovu svrhu upotrebljavaju treba da budu odgovarajućeg oblika i dimenzija, prilagođene gabaritu predmeta. Izrađuju se od čeličnog lima sa ili bez grejanja i obavezno moraju imati poklopce koji će hermetički zatvarati otvor kako ne bi došlo do isparavanja rastvarača. Pri primeni materijala na toplo, debljina prevlake, pre svega, zavisi od temperature kupatila i vremena zadržavanja (Petrović T., 1997.).

⁸ Na ovakav način se rastereće remen i ležajevi vratila na kojima se nalaze remenice.

9.2.5. Konzervacija pneumatika

Pneumatički su u periodu van eksploatacije izloženi uticaju svetlosti, temperature i vlage. Konzervacija pneumatika se vrši na sledeći način:

- oprati i osušiti pneumatik,
- odići mašinu i osloniti je na podmetače,
- smanjiti pritisak u pneumatiku na 1/3 od nominalnog (da bi se zatvorile pore i rasekotine) i
- naneti zaštitno sredstvo (najbolje rasprskivačem).

9.2.6. Kozervacija elektroinstalacije

Konzervacija elektroinstalacije, sastoji se od:

- zaštite instrument table najlonskom folijom,
- prekrivanje alternatora,
- premazivanje klema i elektrospojeva sa sredstvom za konzervaciju.

Akumulatori se van eksploatacije čuvaju na dva načina:

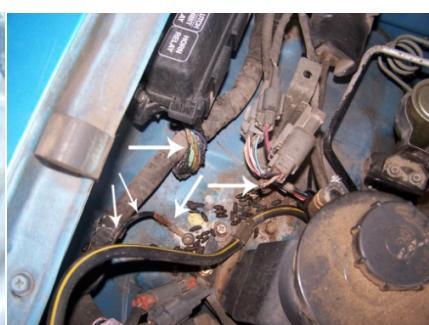
- pod naponom u prostoriji konstantne temperature uz povremeno dopunjavanje ili
- uz prethodno pražnjenje i sušenje.

Akumulator je najbolje koristiti na drugim mašinama koje su u eksploataciji.

Tokom dugotrajnog garažiranja, prisustvo električnoj instalaciji poljoprivrednih mašina, instalacije od glodara može naneti najveće štete. Najefikasniji način zaštite električne instalacije od glodara je čišćenjem teško dostupnih mesta (moraju se ukloniti svi biljni ostaci).



Sl. 9.5. Korozija unutrašnje površine hidrauličnog cilindra (posebno je izražena kod jednosmerne hidraulike)



Sl. 9.6. Elektroinstalacija oštećena delovanjem glodara

9.2.7. Konzervacija drveta

Kod mašina koje imaju drvene delove, drvo premazati konzervacijskim sredstvima na bazi firnajza.

9.2.8. Konzervacija prskalica i atomizera

Mašine za zaštitu bilja (prskalice i atomizeri) kao i rasturači mineralnog đubriva, moraju se odmah po prestanku korišćenja pripremiti za garažiranje. Rezervoar za pesticide kao i koš za mineralno đubrivo, zbog agresivnog korozinog dejstva, neophodno je isprati sa velikom količinom vode i iscediti (osušiti).

Konzervacija pumpe vrši se na sledeći način:

- izliti eksploraciono ulje iz kućišta pumpe,
- naliti specijalno konzervacijsko ulje (pustiti pumpu da radi 10 minuta, nakon čega ulje ostaje u pumpi, a najčešće se može koristi i u eksploraciji do prve izmene.).



Sl. 9.7. Drveni klizni ležajevi na slamotresu kombajna FENDT

9.2.9. Zamena masti

Zamena masti vrši se na predviđenim mestima primenom „dekalamit“ mazalicom pod pritiskom. Mast treba ubacivati sve dok iz mesta podmazivanja (npr ležaja) ne počne da izlazi nova mast. Kod podmazivanja mašina koje su opremljene točkovima potrebno je obratiti pažnju na glavčine točka. Glavčine točka su prilikom montaže napunjene mastima te je potrebno jednom godišnje izvršiti podmazivanje⁹. (NAPOMENA: Savremene poljoprivredne mašine sve češće su opremljene zatvorenim kugličnim ležajevima i iz tog razloga ne zahtevaju posebno podmazivanje.) Tokom konzervacije mašina kod kojih su ugrađena zavojna vretena (na primer za regulaciju radne dubine), potrebno ih je podmazati.

9.2.10. Spoljna konzervacija mašina

Ukoliko na spoljnim neobojenim metalnim površinama ima korozije, pre

⁹ Pre podmazivanja glavčine točka potrebno je odvrnuti poklopac, a zatim pomoću „dekalamit“ pumpe napuniti mesta mastima odgovarajućeg sastava i svojstava (NLGI 2). Sa prednje strane spoljnog ležaja utisnuti mast u šupljine između valjčića ležaja. Kada je glavčina potpuno napunjena, napuniti poklopac glavčine mastima i vratiti na njegovo mesto. Ako se iz bilo kojeg razloga mora rasklopiti glavčina, tada napuniti mastima prostor između dva ležaja, kao i poklopac. Ukoliko je potrebno za konzervaciju se može koristiti i viskoznija mast (NLGI 3) (najčešće se koristi kod žitnih kombajna).

konzerviranja, a posle pranja i odmašćivanja, korozija se mora odstraniti.

Na očišćene površine nanosi se odgovarajuće konzervacijsko sredstvo prskanjem, premazivanjem ili potapanjem. Antikorozione tečnosti namenjene spoljnoj zaštiti metalnih površina izrađuju se na bazi antikorozionih aditiva, smola i voskova u rastvaraču na bazi nafte. Posle isparavanja rastvarača na metalnim površinama ostaje suv, providan ili neprovidan, čvrst ili meki film. Komercijalno sredstvo za konzervaciju spoljnih površina najčešće je pripremljeno za upotrebu i primenjuje se na sobnoj temperaturi¹⁰.

Za dugotrajnu zaštitu kotrljajnih ili kliznih ležajeva, zglobova, spoljnih zupčanika i sl. koriste se antikoroziona sredstva na bazi vazelina, voskova i antikorozionih aditiva koji na površini ostavljaju nesušiv zaštitni sloj¹¹.

¹⁰ Ne preporučuje se primena za zaštitu kugličnih ležaja i kliznih površina.

¹¹ Najčešće je tokom upotrebe ovih sredstava na nižim temperaturama, neophodno njihovo prethodno zagrevanje na temperaturu od 75-90°C.

10. | OPREMLJENOST REZERVNIM DELOVIMA

10.1. UVOD

Održavanje radne ispravnosti ne može se zamisliti bez upotrebe rezervnih delova. Pri tome se problematika snabdevenosti rezervnim delovima mora rešiti na zadovoljavajući način. Racionalizacija zaliha rezervnih delova je preduslov racionalnog održavanja radne ispravnosti, kao i racionalne proizvodnje putem skraćenja vremena potrebnog za otklanjanje kvara.

Kao definicija za **REZERVNI DEO** se može prihvati sledeća:

POD POTENCIJALNIM REZERVNIM DELOM TEHNIČKOG SISTEMA (POLJOPRIVREDNE MAŠINE) PODRAZUMEVA SE SVAKI DEO ČIJI JE RADNI VEK KRAĆI OD RADNOG VEKA SREDSTVA ZA RAD KOME PRIPADA.

U opštem slučaju se rezervni delovi mogu razvrstati u dve grupe, i to:

- u grupu standardnih rezervnih delova i
- grupu nestandardnih ili namenskih rezervnih delova.

U standardne rezervne delove ubrajaju se delovi koji se najviše troše i u najvećem broju slučajeva predstavljaju rezultat masovne proizvodnje. U tu grupu se ubrajaju delovi kao što su: ležajevi, kaiševi, osovinice, vijci, navrtke i slično.

U namenske rezervne delove ubrajaju se oni delovi koji su specifični za konkretnu mašinu te ih je moguće obezbediti u najvećem broju slučajeva samo od proizvođača mašine. Ovi delovi su rezultat proizvodnje u relativno manjim serijama te zbog toga imaju i relativno visoku nabavnu vrednost a što je potencirano i politikom prodaje i marketinga proizvođača mašine, kada se planira veći deo profita od prodaje rezervnih delova u odnosu na ostvareni profit od prodaje gotovog sredstva za rad.

Pored podele na standardne i nestandardne, rezervni delovi se mogu podeliti i na:

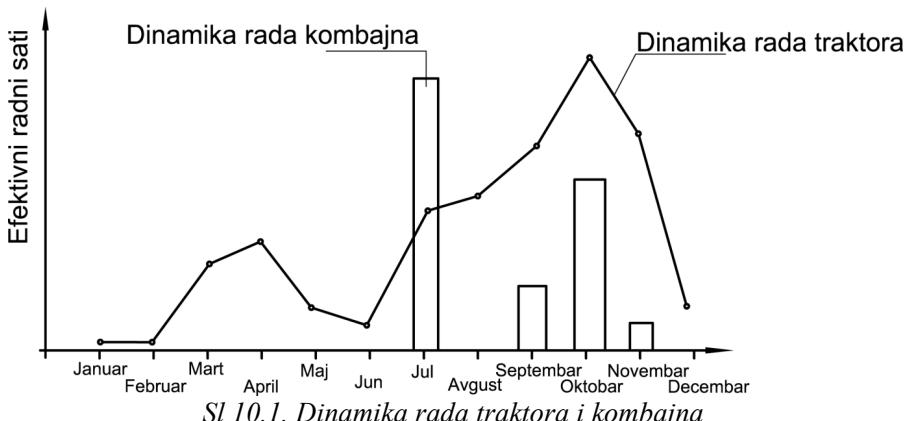
- Potrošni rezervni delovi za održavanje i preventivno održavanje,
- Rezervni delovi namenjeni za remont i
- Kritični rezervni delovi.

U potrošne rezervne delove spadaju prečistači, remenice, maziva i dr. Planiranje ovih delova potrebno je vršiti na bazi uputstva proizvođača, putem servisnih knjizičica i na bazi plana efektivnih radnih sati mašina u toku godine. Pri takvom planiranju potrebno je koristiti i statističke podatke o utrošku potrošnih rezervnih delova koje smo dobili iz prethodnih godina. Pri planiranju treba uzeti i koeficijent sigurnosti, jer je cena potrošnog materijal niža od ostalih rezervnih delova, te ove zalihe neće bitno finansijski opteretiti skladište. Ovde treba voditi računa i o činjenici da ni u jednom trenutku mašina ne može biti van eksploatacije zbog nedostatka potrošnog dela.

Pri planiranju rezervnih delova namenjenih za remont poljoprivredne mehanizacije treba poći od činjenice da se poljoprivredne mašine mogu svrstati u dve kategorije:

- sezonske mašine (kombajni) i
- mašine koje su u stalnoj upotrebi (traktori).

Planiranje rezervnih delova za sezonske mašine nešto je lakše, odnosno jednostavnije, iz razloga što su te mašine u toku godine veći deo vremena van upotrebe. Pri planiranju rezervnih delova treba poći od kalendara eksploracije za svaku sezonsku mašinu. Dijagram dinamike rada kombajna i traktora dat je na slici 10.1.



Sl 10.1. Dinamika rada traktora i kombajna

Na osnovu planirane eksploracije, planira se vreme i period remonta tih mašina. Pri planiranju remonta treba voditi računa o stanju na tržištu, te putem ispitivanja tržišta, što više nastojati prilagoditi period remonta periodu kada i fabrike u svom proizvodnom programu proizvode istu mašinu. Tada je snabdevanje rezervnim delovima lakše.

Planiranje rezervnih delova za mašine u eksploraciji (traktori) znatno je teže. Pri planiranju, iako su mašine gotovo u stalnoj eksploraciji, postoji period opterećenja tih mašina i period manjeg korišćenja. Remont treba vršiti u periodu kada su mašine manje korišćene u radu.

Takvim planiranjem remonta ne mogu se obuhvatiti svi zahtevi jer se često u eksploraciji pojavljuju neplanirani kvarovi kod svih vrsta mašina. Da bi se postigla i u tom pogledu bolja ažurnost, potrebno je za takve slučajevе planirati fond rezervnih agregata npr. pumpa visokog pritiska, brizgaljka itd. Planiranje se vrši na bazi saznanja o tipu mašine, broju, te broju planiranih efektivnih časova rada. Treba organizovati prikupljanje neispravnih agregata koji se putem remonta i regeneracije ponovo dovode u ispravno stanje. **Radi boljeg snabdevanja i manjih zaliha, pri nabavci mehanizacije treba voditi računa o tipizaciji.**

Kritični rezervni delovi su delovi koji su deficitarni i teško se mogu nabaviti za pojedine mašine. Iako su to samo pojedine stavke, u remontu i održavanju tokom eksploracije stvaraju znatne poteškoće. Pri nabavci tih delova, ne treba planirati, nego uporno nastojati da se kupe količine koje se slučajno nađu na tržištu. Postoji mogućnost za izradu tih delova u vlastitoj režiji, a pogotovo primenom svih oblika regeneracije.

Aktivnosti u obezbeđenju potreba za rezervnim delovima se mogu podeliti u tri faze i to:

- faza planiranja
- faza nabavke
- faza uskladištenja

Prilikom planiranja aktivnosti vezanih za dinamiku nabavke, treba nastojati da se usklade potrošnja i nabavka rezervnih delova sa ciljem da se ostvari optimum stanja na skladištu. Na taj način sprečava se odliv sredstava na prekomerne zalihe rezervnih delova. Samo planiranje delova vrši se na bazi lista defektaže, dijagnostike, statističkih podataka dobijenih praćenjem prethodnih godina, a delimično i na bazi iskustva.

Troškovi zaliha rezervnih delova mogu biti znatni, a sastoje se iz:

- vezana sredstva,
- kamata na vezana sredstva,
- troškovi usled oštećenja i starenja neupotrebljenih rezervnih delova,
- troškovi skladištenja (prostor, manipulacija..)

10.2. PRAĆENJE UTROŠKA REZERVNIH DELOVA

Stalno praćenje utrošaka rezervnih delova i stanja na skladištu jedan je od bitnih uslova za pravilno snabdebanje rezervnim delovima. U svakom trenutku potrebno je znati stanje zaliha za svaki artikal posebno.

Količina rezervnih delova treba da se kreće između minimuma i maksimuma koji planski određuju proizvodno-remontna odeljenja i nabavna služba.

Dobro i ažurno praćenje utroška delova daje podatke na osnovu kojih se mogu za naredni period kvalitetno planirati potrebe u delovima.

Radi potpune evidencije potrebno je i rezervne delove koji se skladište u priručnim skladištima obraditi jer se na taj način lako prati stanje zaliha.

Na osnovu praćenja utroška rezervnih delova kroz skladište, te na osnovu praćenja stanja ispravnosti mašina putem defektaže i evidencije, moguće je assortiman rezervnih delova pravilno planirati.

10.3. PROBLEM ZALIHA REZERVNIH DELOVA

U vezi sa problemom zaliha delova u skladištima treba podvući dve osnovne preokupacije:

- Utvrđivanje optimalnog nivoa zaliha rezervnih delova
- Obnavljanje zaliha rezervnih delova

Utvrđivanje ovih veličina međusobno je povezano i uslovljeno. Nivo optimalnih zaliha zavisiće od učestalosti narudžbina delova u cilju obnavljanja zaliha delova, odnosno njihovog održavanja na optimalnom nivou.

U dobro organizovanom preduzeću naručivaće se delovi u onim količinama i vremenskim intervalima koji omogućavaju optimalnu visinu troškova. Ukoliko se delovi naručuju ređe u toku godine, troškovi u vezi sa naručivanjem biće osetno manji.

Druga kategorija troškova odnosi se na održavanje zaliha delova u magacinu. Ukoliko se delovi naručuju u toku godine manji broj puta, troškovi održavanja zaliha po pravilu moraju biti veći, iz razloga što odjednom prispevaju ogromne količine delova koje blokiraju znatna obrtna sredstva, magacini moraju biti veći.

U inostranoj stručnoj literaturi ovako se definiše optimalna količina narudžbine neke robe: „Ekonomična količina narudžbina je ona u kojoj su troškovi naručivanja približno jednaki troškovima održavanja zaliha delova“.

Vreme ponovne nabavke rezervnih delova

Da bi se moglo normalno odvijati snabdevanje remontnih radionica rezervnim delovima iz skladišta, mora se znati utrošak svakog artikla.

Vreme ponovne nabavke je problem koji bi trebalo odvojeno ili pojedinačno posmatrati za svaku vrstu delova, pa i za svaku nabavku. Precizno utvrđivanje vremena ponovne nabavke je od velike važnosti za preduzeće. Od njegove tačnosti zavisi i precizno utvrđivanje vremena ponovnih nabavki, zavisi i visina angažovanih finansijskih sredstava u tom vremenu. Duže vreme ponovnih nabavki utiče na povećanje zaliha. Trebalо bi nastojati da ono bude što kraće, jer bi podešavanjem njegove dužine doprineli boljem korišćenju unutrašnjih rezervi.

Prijem rezervnih delova u skladištu

Pod preuzimanjem rezervnih delova smatra se kvalitativno i kvantitativno preuzimanje delova. Prilikom vršenja prijema neophodno je da magacioner raspolaže svim potrebnim dokumentima o kvalitetu i kvantitetu delova koje treba primiti. On treba da raspolaže potrebnom stručnom spremom, kako bi poslove prijema izvršio tačno i brzo.

Uslovi uskladištenja

Gubici na zalihamu rezervnih delova mogu nastati kako zbog lošeg čuvanja i manipulisanja u skladištu isto tako i zbog nedovoljne i loše evidencije. U vezi sa tim, skladištu i osoblju skladišta se postavlja nekoliko zahteva. Smeštaj delova u skladištu bi trebalo vršiti tako da se izbegne svaka opasnost od gubitaka usled nestručnog rukovanja, štete zbog više sile (požar, poplava i dr.), krađe i drugo. Pri uskladištenju mora se voditi računa o stvaranju mogućnosti ustanovljavanja podataka o:

- Primpljenim količinama rezervnih delova
- Izdatim količinama delova
- Stanju svakog artikla na zalihi
- Vrednosti delova na zalihamu
- Minimumu i maksimumu svakog artikla koji mora da se drži na zalihamu
- Mesto gde se nalaze pojedini artikli u skladištu

Prilikom raspoređivanja delova u skladištu, trebalo bi voditi računa o tome da svaki artikal u njemu ima posebno mesto. Isto tako, kod raspoređivanja delova treba nastojati da oni budu lako i brzo dohvatljivi. Delovi koji se često traže trebalo bi da su smešteni odmah pri ulazu u skladište kako bi se bez smetnji sa njima moglo manipulisati. Teže artikle bi trebalo smestiti pri izlazu zbog smanjenja napora koji bi se imao kada se o ovome ne bi vodilo računa. Dobra organizacija je potrebna i u vezi

sa izdavanjem delova iz skladišta. Svaki ulaz i izlaz delova trebalo bi dokumentovati i evidentirati u odgovarajućoj kartoteci.

Zalihe rezervnih delova prema količini

Ako je obim zaliha delova veći ili manji od objektivno potrebnog iznosa za normalno i kontinualno odvijanje snabdevanja remontnih kapaciteta, onda je reč o lošem vođenju finansijske politike. Troškovi poslovanja su veći nego što bi trebalo da budu. Otuda, utvrđivanje tog objektivno potrebnog iznosa zalihe delova zavisi i od poznavanja njenih mogućih nivoa. Potreban nivo zaliha delova varira, i prema tome kojom količinom delova raspolažemo, može biti reči o:

- Minimalnim zalihamama,
- Sigurnosnim zalihamama,
- Maksimalnim zalihamama,
- Prekomernim zalihamama,
- Prosečnim zalihamama i
- Optimalnim zalihamama.

Minimalne zalihe su najmanja količina rezervnih delova na zalihamama u skladištu kojim se zadovoljava tražnja remontnih kapaciteta. Ona je u stanju da obezbeđuje poslovanje bez zastoja, ali, ako bi se zalihe rezervnih delova smanjile ispod ove donje granice, to znači rezervnih delova bi nestalo i došlo bi do pravog zastoja u poslovanju. U ovom smislu minimalne zalihe delova su i signal da treba otpočeti sa novim nabavkama. Ove zalihe angažuju najmanje sredstava i stvaraju najmanje troškove uskladištenja. One u stvari predstavljaju količinu rezervnih delova koja podmiruje tražnju remontnih kapaciteta u vremenu nabavke. Najčešće se za održavanje minimalnih zaliha koriste iskustva u radnim periodima.

Sigurnosne zalihe se obezbeđuju u slučaju kada se radi o rezervnim delovima kod kojih se ne sme rizikovati sa prekidanjem u zalihamama. To su zalihe koje garantuju veću sigurnost u poslovanju (veću sigurnost u snabdevanju remontnih kapaciteta). One se zbog toga zovu i još i garantovane zalihe. Takve zalihe su na nivou iznad granice koja predstavlja minimalne zalihe, a kojima se pokriva veća od očekivane tražnje.

Maksimalna zaliha rezervnih delova je ona zaliha preko koje nije ekonomski opravдан imati delove pri normalnim uslovima privređivanja. Ove zalihe, kao pojam, označavaju gornji nivo zaliha koje se isplate (maksimalne zalihe delova uvek predstavljaju gornju granicu zaliha-limit).

Nabavka delova u maksimalnim količinama opravdana je u slučaju kada je reč o nabavkama sezonskih ili deficitarnih artikala. Nabavljanje sezonskih artikala pre početka sezone u većim količinama, pod uslovom da je njena potrošnja velika i da postoji potpuna sigurnost da će do kraja sezone biti iskorишćena, je uvek opravdana.

Nabavljanje deficitarnih rezervnih delova u maksimalnim količinama je uvek opravdan postupak, pogotovo ako je reč o delu koji je teško na tržištu dobiti. Pošto je ovakve artikle teško dobiti na tržištu, ukazivanje prilike da se do nje dođe daje mogućnost nabavljanja u maksimalnim količinama.

Ukoliko se raspolaže sa zalihamama koje se kreću iznad granice koja predstavlja limit maksimalne zalihe delova, govori se o prekomernim zalihamama. Prekомерне zalihe su signal da je potrebno vršiti smanjenje ukupnog volumena zaliha. One prouzrokuju

povećanje troškova i smanjenje pozitivnog finansijskog rezultata. Zbog toga, ovim zalihamama treba posvećivati dužnu pažnju. Naime, trebalo bi onemogućiti svaki postupak koji vodi stvaranju zaliha. Negativne posledice držanja ove zalihe su mnogostrukе:

- Rezervni deo zauzima dragocen prostor koji bi mogao da bude korišćen za druge artikle.
- Na veću masu obrtnih sredstava preduzeće plaća veće dažbine u vidu: kamate na kredite, premije osiguranja i drugo, a sve to povećava ukupne troškove.
- Finansijska sredstva uložena u takve zalihe stoje zamrznuta i ne donose pozitivan finansijski rezultat jer se ne obrću.

Prosečnim zalihamama se nazivaju one količine kojima je skladište prosečno raspolagalo u izvesnom vremenskom periodu (sedmici, mesecu, kvartalu, polugodištu, godini ili par godina). U praksi prosečne zalihe su uvek iznad nule, ili su u najgorem slučaju ravne nuli. Ovo je sasvim razumljivo kada se zna da je poslovanje nemoguće zamisliti bez posedovanja makar i minimalnih zaliha. Prosečne zalihe se koriste za sagledavanje:

- Prosečnog angažovanja sredstava u pojedine artikle, grupe artikala ili u ukupnoj masi zaliha,
- Potrebnih finansijskih sredstava za formiranje i održavanje zaliha u narednom periodu,
- Dinamičke nabavke po pojedinim periodima za pojedine artikle, grupe artikala ili ukupnu masu zaliha,
- Troškove zaliha koji će se ostvariti u narednom periodu,
- Finansijskog rezultata u određenom intervalu vremena
- Potreba u angažovanju radne snage za realizaciju tih zaliha

Vođenjem politike maksimalnih zaliha troškovi zaliha su maksimalni, dok su troškovi nabavke najmanji. Kod vođenja politike minimalnih zaliha postižu se najveće uštede na troškovima zaliha, dok su zbog smanjenih količina a učestalih nabavki troškovi obezbeđenja zaliha veći.

Za izmirenje ovih suprotnih tendencija i kretanja u ukupnim troškovima preporučuju se optimalne zalihe. Ove zalihe daju za rezultat najniže troškove nabavke i troškove posedovanja zaliha.

Prednost održavanja optimalnih zaliha su:

- Pri kupovini u većim količinama moguće je koristiti tzv. jednokratni količinski rabat, koji smanjuje cenu po jedinici nabavljenе količine
- Troškovi dopreme i preuzimanja, kod ovih količina, po pravilu su najniži,
- Troškovi posedovanja zaliha su takvi da ih pokriva dobit od posedovanja zalihamama asortimana koje ne bi bilo da je reč o nestaćici delova,
- Troškovi skladišnog i drugog prostora su najpovoljniji,
- Troškovi osoblja koje radi na ovim zalihamama su takođe najpovoljniji.

Kao najpovoljnija zaliha i kao zaliha koja omogućuje normalno poslovanje, optimalna

zaliha predstavlja najveći problem u radu a sa stanovišta utvrđivanja njenog obima. Otuda se kod njenog utvrđivanja mora voditi računa o tome da elementi za njeno obračunavanje baziraju na podacima do kojih se došlo istraživačkom delatnošću.

10.4. MOGUĆNOSTI UTVRĐIVANJA ZALIHA REZERVNIH DELOVA

Kada je moguće imati podatke o raspoloživom dnevnom prometu po pojedinim artiklima i o vremenu potrebnom za nabavku, trebalo bi utvrditi (ako je moguće) sve vrste zaliha robe. Na taj način je korišćenjem tako preciznih podataka moguće voditi ispravnu politiku zaliha.

Po pravilu minimalne zalihe jednog artikla moraju biti tako velike da se u celosti potroše u periodu koji je utvrđen kao vreme koje je potrebno za nabavku.

$$Z_{\min} = P_d \cdot V \quad \dots(10.1.)$$

Z_{\min} – minimalne zalihe

P_d – dnevni promet artikla

V – vreme nabavke

Utvrdjivanje sigurnosnih zaliha

Sigurnosna zaliha može biti veća ili manja od minimalne. Sigurnosna zaliha utvrđuje se za izrazito fiksne intervale (npr. u periodu od 15.05.-15.06.) van tih intervala treba se pridržavati utvrđenih minimalnih zaliha.

Sigurnosne zalihe utvrđuju se na osnovu formule:

$$Z_{sig} = (P_d \pm O_p) \cdot V \quad \dots(10.2.)$$

O_p – oscilacije u prometu

Utvrdjivanje maksimalnih zaliha

Izražavanje maksimalnih zaliha je takođe vrlo važan posao, jer od njenog preciznog sagledavanja i izražavanja zavisi i politika opštег sagledavanja nivoa zaliha. Maksimalne zalihe matematički mogu da se izraze pomoću sledeće formule:

$$Z_{\max} = Z_{\min} + OKN \quad \dots(10.3.)$$

OKN – optimalna količina narudžbine

10.5. REGENERACIJA REZERVNIH DELOVA

Savremena mehanizacija je sastavljena od elemenata sa visokim stepenom obrade uz vrlo stroge tolerancije. Proizvođači mašina su iskoristili ovakvu situaciju te su delovi koji se prodaju kao rezervni delovi višestruko skuplji od onih koji se koriste za prvu ugradnju. Često je slučaj da nije moguće kupiti deo koji je potreban za zamenu (deo koji je ishaban) već se mora kupiti ceo agregat. Nekada je to opravdano dok je veliki broj slučajeva gde to nije opravdano i predstavlja nepotrebne izdatke za korisnike mašina.

Ovakav sistem opravki doveo je do velike potrošnje rezervnih delova a to je dovelo do

toga da opravka mašina dostiže vrlo visoke stavke u ceni eksploracije.

Specifičnost poljoprivredne proizvodnje koja zahteva pravovremeno izvršenje operacija u toku koje se mora svaki kvar-otkaz na najbrži mogući i najefikasniji način otkloniti, dovodi do formiranja velikih zaliha rezervnih delova. Ako se ovome dodaju problemi oko nabavke rezervnih delova iz uvoza za ranije uveženu mehanizaciju, u praksi dolazi do još većih problema.

Za ovladavanje ovim problemom postoje dva moguća načina i metoda:

Jedan od načina je pokušaj ovladavanja problemom nabavke rezervnih delova putem boljeg informacionog sistema, dok je drugi način smanjenje potrošnje rezervnih delova putem racionalne primene savremenih metoda regeneracije delova. Oba pravca delovanja imaju podjednak značaj te im je potrebno sa istom pažnjom i ozbiljnošću prići.

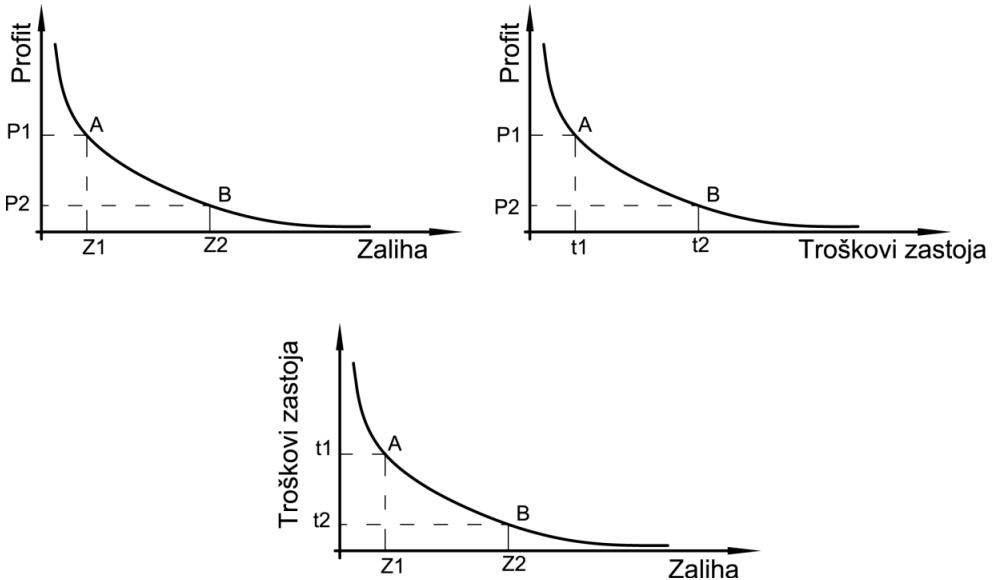
U dosadašnjoj praksi je bio slučaj da ukoliko usled habanja dođe do istrošenja dela van dozvoljenih granica, deo se odbacuje-škartira i ugrađuje se novi. U određenom broju slučajeva, moguće je istrošeni deo regenerisati, te da se dobije deo koji će u potpunosti zadovoljiti zahtevima ugradnje. Moguće je uočena slaba mesta korigovati putem poboljšanja površine (površinskog sloja) te na taj način dobiti deo koji će u izvesnoj meri biti čak bolji i otporniji od originalnog rezervnog dela. Problematici regeneracije se mora pristupiti i sa stanovišta ekonomičnosti. To znači da se ne može pristupiti postupku regeneracije ukoliko je cena novog dela manja od troškova regeneracije. Od ovog se može i odustati u nekim slučajevima. Na primer, kada tehnološki proces proizvodnje zahteva da se mašina u veoma kratkom roku ospособi, a rezervni deo koji nam je potreban nemamo u magacinu, niti postoji mogućnost da se u zahtevanom roku nabavi.

Uvođenjem regeneracije delova u široku praksu doprineće smanjenju potrošnje rezervnih delova, međutim to je samo jedan od puteva ka racionalnoj proizvodnji. Još uvek postoji problem pristupa eksploraciji mehanizacije sa stanovišta pravilnog rukovanja i održavanja u čemu leže takođe velike uštede kako u potrošnji rezervnih delova tako i uopšte u troškovima eksploracije mehanizacije.

10.6. REZERVNI DELOVI I PROFIT

Kako nedostatak potrebnog rezervnog dela u određenom trenutku za korisnika rezervnih delova može predstavljati zastoj u tehnološkom procesu a time i izazvati bilo povećane troškove bilo smanjenje prinosa, to je razumljivo nastojanje da se na zalihi ima što veći broj kritičnih rezervnih delova.

Na sl. 10.2. prikazan je zavisnost profita od stanja zaliha. Posmatrajući tačke A i B očigledno je da što su veće zalihe rezervnih delova da je manji profit jer je veći kapital vezan u zalihamama. Veza između veličine ostvarenog profita i veličine zaliha je obrnuto proporcionalna. Obrnuto proporcionalna veza je između profita i troškova zastoja i troškova zastoja i veličine zaliha. To znači da treba naći optimalnu funkciju maksimuma između ova tri.



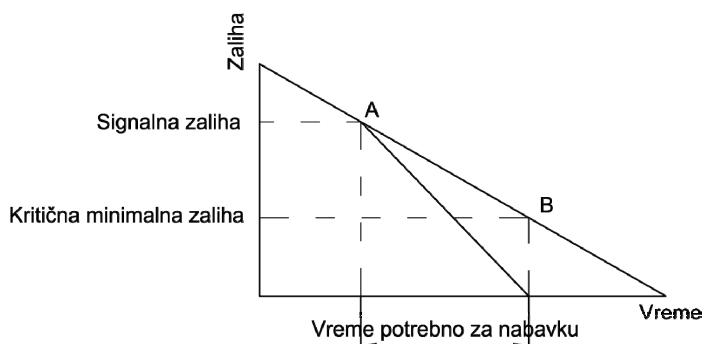
Sl. 10.2. Zavisnost profita od veličine zaliha, troškova zastoja i troškova zastoja od veličine zaliha

Stalno je pitanje kako održati minimum zaliha koje će obezbediti da se svaka intervencija na otklanjanju zastoja u radu izvrši u što kraćem roku. Kvalitetnim sistemom planiranja je omogućeno upravljanje zaliham rezervnih delova. Glavni cilj planiranja je da se spreče zastoji u proizvodnji izazvani dovođenjem sredstava za rad u stanje u otkazu a zbog nedostatka rezervnih delova. Popravka mašina prostom zamenom rezervnih delova je najjednostavnija, ali istovremeno i najskuplja jer se veoma skupi delovi odbacuju usled malih neispravnosti. Zato je potrebno koristiti različite metode reparacije delova i na taj način smanjiti potrošnju rezervnih delova, odnosno smanjiti zalihe u magacinima i veličine magacinskih prostora.

Za nabavku rezervnih delova „po stanju zaliha“ se može reći da je najčešće primenjivana metoda.

Ovaj metod je dobro razrađen i prilagođen raznim vrstama sredstava za rad.

Da bi se realizovao ovaj metod nabavke rezervnih delova neophodno je raspolagati odgovarajućim podacima vezanim



Sl. 10.3. Grafički prikaz kretanja zaliha

za:

- signalne zalihe,
- kritične minimalne zalihe,
- količinu za nabavku,
- prosečnu potrošnju za neki period,
- vreme potrebno za nabavku i očekivanu maksimalnu potrošnju.

Kako je poljoprivredna proizvodnja izrazito diskontinualan proces uz prisustvo velikog broja promenljivih faktora koji utiču na intenzitet opterećenja tribomehaničkih sistema u svakoj mašini koja učestvuje u tehnologiji rada, razumljive su teškoće u pravilnom definisanju elemenata neophodnih za optimalno funkcionisanje sistema nabavke rezervnih delova „po stanju zaliha“.

Posmatrano čisto ekonomski, koeficijenat obrta vrednosti rezervnih delova u magacinima korisnika delova se kreće nešto preko jedan, što praktično znači da je određena masa finansijskih sredstava permanentno zarobljena, ne obrće se, odnosno ukupno utrošena sredstva za rezervne delove u toku posmatranog perioda (godinu dana) iznosi nešto više od prosečne vrednosti stoka rezervnih delova.

Prema nekim istraživanjima, koeficijenat obrta stoga rezervnih delova kod proizvođača mašina se kreće uglavnom oko dva i ispod dva, dok taj koeficijenat kod trgovinskih organizacija iznosi devet do dvanaest a u nekim slučajevima i više.

Sa stanovišta rezervnog dela, poznata je činjenica da je cena rezervnog dela u odnosu na cenu dela upotrebljenog u prvoj ugradnji višestruko veća. Kod nekih delova ona iznosi i preko deset puta. To praktično znači da bi mašina sklopljena od rezervnih delova bila u nekim slučajevima i preko deset puta skuplja samo po osnovu cene ugrađenih delova. Ovo samo po sebi navodi na zaključak da je proizvođač mašina obezbedio da uprkos malom obrtu zaliha ima odgovarajući profit.

Kako je i trgovina obezbedila potreban profit zahvaljujući velikom obrtu, jasno je da oba profita, proizvođača delova i trgovine treba da plati korisnik mašina, što sve upućuje na činjenicu da ovo ima direktnog uticaja na cenu gotovog proizvoda, u ovom slučaju poljoprivrednog proizvoda.

Troškovi mehanizacije učestvuju u ceni gotovog proizvoda sa znatnim procentom a učešće rezervnih delova u ovim ima tendenciju rasta s obrzirom na permanentno starenje mašinskog parka i sve češćim potrebama za rezervnim delovima.

Imajući sve ovo u vidu, jasne su tendencije da se sniže troškovi rezervnih delova, a što obezbeđuje i jeftiniju i konkurentniju proizvodnju uz ostvarivanje što većeg profita.

Osnovni preduslov za formiranje minimalne cene rezervnih delova je obezbeđenje što je moguće većeg obrta zaliha. Obezbeđenje ovog uslova je neposredno vezano za brzi protok informacija. Neosporna je činjenica da obezbeđenje informisanosti korisnika rezervnih delova o mogućnosti i mestu nabavke kao i svim ostalim relevantnim parametrima omogućuje da se magacini rezervnih delova kod korisnika svedu na minimum. Na taj način se oslobođaju znatna sredstva koja mogu da se upotrebe za ostvarivanje nekih drugih ciljeva ili za obrt.

10.7. INFORMACIONI SISTEM U SNABDEVANJU REZERVNIH DELOVA

I najbolje koncipiran informacioni sistem nema šanse za uspeh ukoliko ne postoji neposredan interes za njegovu primenu. Polazeći od ove predpostavke, nameće se potreba izučavanja polazišta koja baziraju na ekonomskim interesima. Neosporna je činjenica da posmatrani elementarni učesnici u lancu kretanja rezervnog dela od proizvodača do korisnika imaju interes da se uzajamno informišu u cilju realizacije svojih interesa. Imajući u vidu napred iznete interesu izražene preko maksimalnog profita, postavlja se pitanje kako ovaj interes realizovati, a uz pomoć informacionog sistema.

Kao prvo, treba konstatovati da je, tehnički posmatrano, zajednički cilj držanje minimalnih zaliha, s obzirom da su zalihe izvor troškova i gubitaka. Dakle informacioni sistem mora biti usmeren ka upravljanju zalihama rezervnih delova.

Stanje zaliha i koeficijenat obrta su diktirani potrošnjom delova a ova opet sa druge strane kontroliše i diktira proizvodnju delova. Između potrošnje i proizvodnje mora postojati neko, u ovom slučaju „diler“ koji će biti svojevrsni amortizer. Ne isključuje se mogućnost direktnе komunikacije proizvođača i korisnika, međutim ovo je moguće samo u slučaju specifičnih proizvođača sa relativno malom serijom proizvodnje s obzirom na veoma otežanu komunikaciju sa velikim brojem korisnika.

Optimalna procentualna zastupljenost nekog rezervnog dela u magacinu obrnuto je proporcionalna broju mašina koje taj magacin opslužuje.

Uspešnost nekog „dilera“ se može meriti mogućnošću objedinjenja više korisnika i na taj način formiranja „zajedničkog“ magacina.

Sa druge strane, proizvođač mašina ima interes da informaciono objedini svoje „dilere“ takođe u cilju formiranja „zajedničkog“ magacina.

Prihvatajući napred iznete činjenice proizilazi potreba za vrlo čvrstom informacionom povezanošću korisnika, preko „dilera“ i proizvođača.

Tek ovako formirani zajednički interesi imaju izgleda da omoguće stvaranje informacionog sistema. Postavlja se pitanje koji je to mehanizam koji će omogućiti stvaranje i razvoj kao i održavanje ovakvog informacionog sistema.

Odgovor je veoma kratak i jednostavan a to je konkurenčija. Samo onaj „diler“ koji će svojim delovanjem doprineti da se korisnik oslobodi straha od mogućnosti nabavke rezervnog dela ima šansu da opstane na tržištu. Iz ovog proizilazi interes za izgradnjom informacionog sistema, dakle pitanje opstanka.

Kako je pitanje broja korisnika u direktnoj korelaciji sa ekonomičnošću poslovanja, prisutno je nastojanje svakog „dilera“ da okupi optimalan broj korisnika što neminovno doprinosi stvaranju konkurenčije. „Diler“ je po svojoj funkciji između proizvođača i korisnika pa se postavlja veoma značajno pitanje da li je između potreban još neko. Po svemu sudeći a i sa aspekta efikasnog informacionog sistema,

kao posrednik se može pojaviti samo uvoznik, ako je reč o uvoznoj opremi, dok u domaćem prometu on nema značaja. Na ovaj način se smanjuje broj posrednika što svakako ima značaja i sa aspekta podizanja cena.

Osnovna karakteristika informacionog sistema „dilera“ mora biti servilnost¹ ka korisniku. Postavlja se logičan zahtev da „diler“ i korisnici zajedno čine jedinstven dinamičan informacioni sistem koji omogućuje komunikaciju u oba pravca. Pristup bazi podataka „dilera“ mora imati korisnik, a preporučljivo je da se omogući i obrnuto što bi doprinelo još čvršćoj vezi. Podrazumeva se da baze podataka moraju biti kompatibilne kao i da se koriste jedinstveni šifarnici.

Kako „diler“ sa druge strane svoj informacioni sistem mora da osloni na informacioni sistem proizvođača, logično je da se i u ovom slučaju mora poštovati jedinstveno šifriranje i kompatibilnost baza. Iz ovoga proističe i jedinstveni sistem označavanja jednog proizvođača kod svih njegovih „dilera“ a preko njih i korisnika.

Ovako postavljen informacioni sistem eliminiše lutanja i omogućuje najbržu komunikaciju jer svakom potencijalnom proizvođaču rezervnih delova je u interesu da se pojavi na tržištu, a najlakši put je da se preko proizvođača maštine pojavi kod „dilera“ sa ili bez homologacije, a svakako sa atestom o kvalitetu. Atest treba da izdaje verifikovana organizacija koja će da garantuje da je deo kvalitetan. Ne moraju svi proizvođači delova da imaju ateste, ali korisnik bi trebao da zna šta mu znači atest kao garancija kvaliteta i šta dobija kupovinom dela sa atestom i dela bez atesta.

Zahvaljujući tome, zalihe koje korisnik i dalje mora da drži u magacinu diktirane su isključivo brzinom i cenom prevoza-transporta dela u odnosu na samu cenu dela. Za očekivati je da će to doprineti da u magacinsima korisnika budu uvek prisutni jeftini i po dimenzijama mali delovi, a što će imati za posledicu smanjenje gabarita magacinskog prostora.

10.8. SKLADIŠTE REZERVNIH DELOVA

Pod skladišnim objektima podrazumevaju se sve otvorene, natkrivene ili zatvorene površine namenjene čuvanju robe.

Osnovni zahtev koji svaki skladišni objekat mora da zadovolji jeste da omogući čuvanje robe na način koji će obezbediti da roba tokom mirovanja sva upotrebljena svojstva zadrži u dozvoljenim granicama. Isto tako, skladišni objekat treba da je po obliku, dimenzijama konstrukciji i drugim karakteristikama takav da omogući primenu predviđene tehnologije realizacije skladišnih, pretovarnih i transportnih procesa tj. ugradnju odgovarajuće opreme.

Kategorizaciju skladišnih objekata moguće je sprovesti u odnosu na veliki broj različitih obeležja, pa je otuda teško govoriti o postojanju univerzalnog ili opštevažećeg pristupa kojim je moguće obuhvatiti baš sve tipove, namene i vrste tehničko-konstruktivnih rešenja.

¹ Servilan – uslužan, ponisan

U odnosu na stepen izloženosti sadržaja objekta prema spoljnjem uticaju, skladišni objekti se mogu klasifikovati na:

- otvorena,
- zatvorena i
- natkrivena.

10.9. SKLADIŠNA OPREMA

Pod skladišnom opremom podrazumeva se: sva oprema koja se ugrađuje u objekat, sva sredstva koja se koriste za mehanizaciju skladišnih operacija, kao i sva pomoćna oprema koja se u skladišnim procesima mora koristiti. Skladišna oprema može se podeliti na:

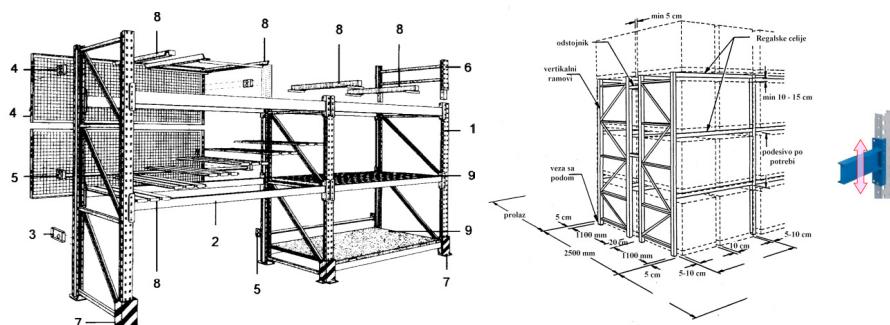
- opremu koja se ugrađuje,
- pokretnu opremu i
- pomoćnu opremu.

Pod opremom koja se ugrađuje u jednom skladišnom sistemu se podrazumeva ona oprema koja se tvrdom vezom spaja sa skladišnim objektom. Ta tvrda veza podrazumeva ugradnju u objekat bilo ankerisanjem, zavrtnjem, zavarivanjem i sl.

Selektivni paletni regal

Selektivni paletni regal se sastoji iz tri grupe elemenata:

- konstruktivni elementi,
- zaštitni elementi i
- elementi za prilagođavanje regala skladišnoj jedinici.



Sl. 10.4. Elementi selektivnog panelnog regala

1-Noseći ram, 2-Noseća traverza, 3-Odstojnik, 4-Zaštitna mreža sa nosačem, 5-Graničnik položaja skladišne jedinice po dubini čelije, 6-Graničnik horizontalnog položaja skladišne jedinice, 7-Štitnik stubova, 8-Nosač skladišnih jedinica u obliku segmenata, 9-Nosač skladišnih jedinica u obliku ploče

U osnovne konstruktivne elemente selektivnog paletnog regala ubrajaju se stubovi i horizontalne traverze koje povezuju stubove i omogućavaju nošenje skladišnih jedinica. Stubovi i traverze se u prostoru raspoređuju tako da formiraju redove. Regali su jedan pored drugog. Između svakog para regala ostavlja se radni prolaz za kretanje.

Parovi regala se međusobno povezuju odstojnicima čija je funkcija da obezbede pravilno postavljanje redova i učvrste konstrukciju.

Stubovi regala se najčešće izrađuju od čeličnih profila koji su površinski zaštićeni lakiranjem, plastificiranjem, ili se radi o pocinkovanim materijalima. Tipična, standardna rešenja, podrazumevaju da su dva stuba koji se nalaze u jednoj vertikalnoj ravnini, po dubini regala međusobno spojeni posebnim elementima, tako da čine osnovni noseći ram. Osnovna rešenja takođe podrazumevaju da su stubovi perforirani tako da je omogućena jednostavna montaža svih ostalih elemenata.

Oslanjanje stubova na pod skladišta, obavlja se preko stope koja u osnovi predstavlja komad lima pričvršćen za donji deo stuba. Stubovi mogu biti pričvršćeni za pod ili slobodno stojati. Fiksiranjem stuba regala za pod je obezbeđeno precizno pozicioniranje regala.

Horizontalnim nosećim traverzama povezuju se međusobno vertikalni noseći ramovi. Njihovo pričvršćenje obavlja se korišćenjem perforacije na stubovima, tako da se visina na koju su traverze postavljene veoma jednostavno menja. Prostor između dve traverze po visini i između dva stuba po širini predstavlja jednu regalsku celiju. Njene dimenzije mogu obezrediti smeštanje jedne ili više skladišnih jedinica.

Odstojnici kojima se međusobno povezuju redovi regala za stub se pričvršćuju na isti način kao i traverze. Njihova dužina direktna je posledica primenjene tipične tehnologije.

U zaštitne elemente paletnog regala mogu se svrstati:

- Štitnici za stubove,
- Graničnik položaja skladišne jedinice po dubini celije,
- Graničnik horizontalnog položaja palete,
- Elementi za zatvaranje celije.

Štitnik za stubove se postavlja na stubove koji se nalaze neposredno uz radni prolaz. On ih štiti od eventualnih udara mehanizacije koja se kreće radnim prolazima.

Graničnik za položaj palete po dubini celije se postavlja kako bi se onemogućilo postavljanje skladišne jedinice u položaj koji bi ugrozio skladišnu jedinicu u regalskoj celiji sa odgovarajućim položajem u susednom regalu. Najčešće ima oblik šipke ili štapa koji je postavljen po celoj širini regalske celije na njenom zadnjem delu.

Graničnik horizontalnog položaja palete postavlja se samo na noseći ram u regalu i to u slučaju kada je najviša noseća trverza postavljena na malom rastojanju od vrha nosećeg rama. Ovaj graničnik se izrađuje od istog materijala kao i noseći stub i u osnovi predstavlja nastavak nosećeg rama.

Elementi za zatvaranje celije se postavljaju tako da potpuno zatvore zadnju vertikalnu ravan regalske celije. Uloga ovih elemenata može biti dvojaka. Sa jedne strane, oni mogu spričiti eventualno rasipanje delova skladišne jedinice, a sa druge strane mogu omogućiti izolovanje dela prostora u skladištu. Ovi elementi su, po pravilu, u obliku mreže postavljene na ram.

Ovi elementi se uvek postavljaju na horizontalne traverze i mogu pokriti celu površinu

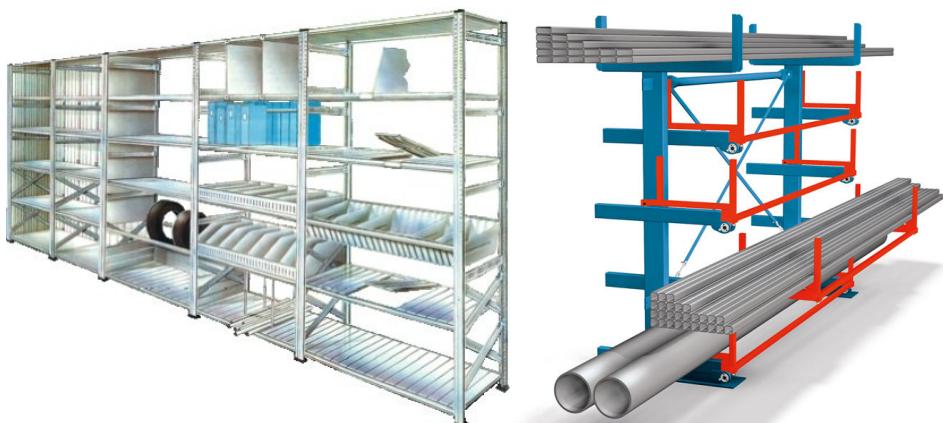
regalske čelije ili samo jedan njen deo.

Ploča koja prekriva celu oslonu površinu regalske čelije može biti punog poprečnog preseka ili perforiran, što je znatno povoljnije rešenje jer smanjuje njenu težinu. Mogu se koristiti različiti materijali, kao što su: čelik, plastika ili drvo.

Police

Konstrukcije police su širokog spektra sa aspekta dimenzija, broja polica i oblika, mogu biti otvorene i zatvorene konstrukcije. Sastoje se od nosećih ramova na koje se oslanjaju police. Materijali za stubove su čelici raznih profila (pravougaoni, ugaoni, sistemski profili sa različitom perforacijom). Police su najčešće čelične: lakirane, pocinkovane, plastificirane i sl. Vezni elementi za ukrućenje i povezivanje polica sa nosećim ramovima su od čelika.

Postoji veliki assortiman dodatne opreme za police kojima se postiže zadovoljenje posebnih zahteva pri skladištenju.



Sl. 10.5. Police za skladišta

Police su prvenstveno namenjene za skladištenje sitnih artikala i pozicija, delova, zapakovane robe.

U radionicama, alatnicama, servisima i manjim montažnim odelenjima se koristi varijanta police sa nizom kasetama koje se izvlače kao fioke.



Sl. 10.6. Izgled kasete u polici

Spoljna konstrukcija im je, po pravilu, od čelika, a fioke su od metala, fibera ili plastičnih materijala. Proizvode se u različitim dimenzijama po širini, dubini i visini.

Klasični čeoni viljuškar

Klasični čeoni viljuškar je sredstvo sa zahvatnim sistemom u obliku viljuške koja je postavljena, povezivanjem na katarku sa jednim ili više ramova, na njegovu čeonu stranu, tako da se teret nalazi van baze viljuškara. Iz ovih razloga opremljen je kontrategom koji obezbeđuje dinamičku i statičku stabilnost. Viljuškar može biti izrađen u verziji sa sedištem za vozača, sa mestom za vozača koji stoji ili bez mesta za vozača.



Sl. 10.7. Čeoni viljuškar

Dimenzije viljuškara direktna su posledica nosivosti i visine dizanja tereta. Povećanjem nosivosti viljuškara i visine dizanja intenzivno rastu i njegove dimenzije.

Standardni viljuškari ove klase opremljeni su sa četiri točka, dok se za rad u prostorima manjih dimenzija, sa ciljem da se poboljšaju manevarske karakteristike, izrađuju i viljuškari sa tri točka. Potrebni radni prolaz funkcija je radijusa okretanja viljuškara, rastojanja od centra okretanja do pете viljuške i dimenzija tereta.

Ove klase viljuškara izvode se sa ručnim, kao i sa motornim pogonom, pri čemu se primenjuju elektro, gasni i dizel motori.

Viljuškar za horizontalni transport

Viljuškari za horizontalni transport, teret zahvataju zahvatnom napravom u obliku viljuške. Ovi viljuškari mogu podići teret samo do visine koja obezbeđuje njegovo horizontalno pomeranje.

Mogu biti konstruisani bez mesta za vozača u kom slučaju realizuju prenos tereta na manjim rastojanjima i obavljaju pomoćne operacije pri utovaru i istovaru tereta. Mogu biti izvedeni sa ručnim i elektromotornim pogonom.

Pri realizaciji transporta na većim rastojanjima i pri obavljanju komisioniranja,



Sl. 10.8. Viljuškar za horizontalni transport

realizuju se verzije ovih viljuškara sa mestom za vozača koji može sedeti ili stajati.

Pomoćna oprema

U pomoćnu opremu koja se koristi pri realizaciji skladišnih operacija, može se svrstati izuzetno veliki broj sredstava.

Kolica

Kolica spadaju u grupu pomoćne opreme koja se koristi prvenstveno za realizovanje transportnih operacija na manjim rastojanjima. Svaki od ovih proizvoda namenjen je različitim pojavnim oblicima tereta. Osnovna klasifikacija ove opreme ide u pravcu razvrstavanja na bazi broja točkova. U prvu grupu svrstavaju se kolica sa dva točka.



Sl. 10.9. Kolica sa dva točka

Ova kolica nemaju platformu na koju se teret odlaže, već se njegovo zahvatanje realizuje neposrednim kontaktom sa teretom.

Standardna kolica izrađena su u obliku platforme sa četiri točka. Njihova primena se može očekivati pri manipulaciji komadnim teretom manjeg intenziteta.



Merdevine

Primena merdevina pri realizaciji skladišnih operacija se može očekivati u uslovima kada se skladište jedinice manjih dimenzija kojima se može ručno manipulisati i kada se skladišne jedinice



Sl. 10.11. Merdevine sa slobodnim pomeranjem za veće visine

Sl. 10.10. Kolica sa platformom i četiri točka postavljaju na, korišćenjem odgovarajuće skladišne opreme, veće visine.

Osnovnu klasifikaciju merdevina moguće je izvršiti na osnovu visine na kojoj se može raditi i na osnovu njihovog povezivanja sa skladišnom opremom.

Merdevine koje se slobodno mogu pomerati i obezbeđuju veće visine rada date su na slici 10.11.

Merdevine koje obezbeđuju rad

na manjim visinama i mogu se slobodno pomerati imaju više oblika platformi. Poseban oblik merdevina obezbeđuje njihovo neposredno povezivanje sa skladišnom opremom, regalima ili policama.

10.10. ZAŠTITA DELOVA PRI SKLADIŠENJU

Rezervni delovi često se skladište u različitim uslovima i na različite vremenske periode. Do oštećenja materijala dolazi usled dejstva sredine koje ga okružuje. U tabeli 10.1. dat je uticaj faktora spoljašnje sredine na materijal i proizvode pri dugom skladištenju.

Osnovni štetni klimatski faktori su: agresivni gasovi koji se nalaze u vazduhu, atmosferska vlaga, temperatura spoljašnje sredine i sunčeva radijacija, dok su osnovni štetni biološki faktori: plesan, truležne bakterije, insekti, glodari i gmizavci.

Jedan od bitnih faktora koji određuju kvalitet rezervnih delova poljoprivrednih mašina, i jedan od načina očuvanja postignutog kvaliteta je pravilna konzervacija i pravilno pakovanje.

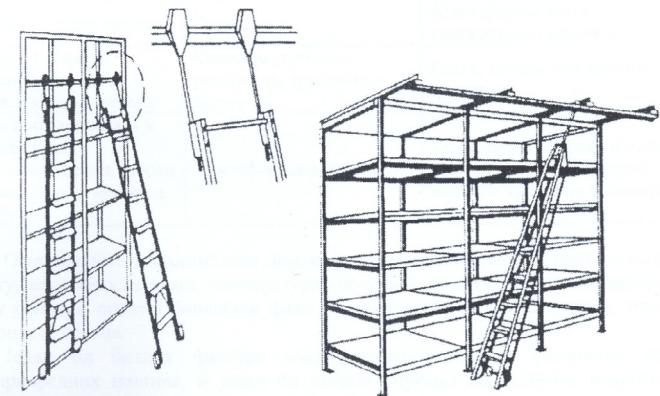
Osnovni cilj konzervacije i pakovanja rezervnih delova je obezbeđenje pouzdane zaštite pri skladištenju od uticaja spoljašnje sredine a takođe i sprečavanje oštećenja pri transportu. Pakovanje treba da obezbedi siguran utovar i istovar i racionalno iskorišćavanje transportnih sredstava i skladišnih prostora.

Postoji više načina i sredstava za konzervaciju metalnih delova i različitih sistema za njenu klasifikaciju. Po mehanizmu zaštite, svi načini konzervacije se mogu podeliti na dve osnovne grupe:

- Mehanička izolacija delova od određenih agresivnih faktora sredine.
- Neutralizacija dejstva agresivnih faktora, kočenjem elektrohemijskih procesa korozije metala.



Sl. 10.12. Mobilne platforme za rad na manjim visinama



Sl. 10.13. Merdevine povezane sa skladišnom opremom

Tab. 10.1. Analiza štetnog uticaja faktora spoljašnje sredine na materijal i proizvode pri dugom skladištenju

NAČIN RAZARANJA:	RAZARAJUĆI FAKTORI	
	OSNOVNI:	SPOREDNI:
Atmosferska korozija metala	Vлага u atmosferi, kiseonik iz vazduha i štetne primeše u vazduhu	Temperatura (povišena)
Sniženje radnih svojstava i razaranje plastične mase	Kiseonik (ozon), sunčev zračenje	Temperatura (povišena), atmosferska vлага, plesan, prašina i pesak
Starenje i razaranje gumenih proizvoda	Kiseonik, sunčev zračenje	Temperatura (visoka i niska) i plesan
Razaranje obojene površine	Kiseonik, sunčev zračenje, atmosferska vлага	Temperatura (povišena), plesan i štetni sastojci vazduha
Promena svojstava maziva	Kiseonik	Atmosferska vлага, temperatura (visoka i niska)
Starenje i razaranje tekstilnih, papirnih, drvenih i kožnih delova	Kiseonik, sunčev zračenje, truležne bakterije	Vлага, plesan, gmizavci i glodari
Pogoršanje parametara i prestanak rada električnih uredaja (pored oštećenja koja su vezana za koroziju)	Atmosferska vлага	Temperatura (visoka i niska), štetne primeše u vazduhu, insekti, gmizavci i glodari

U prvu grupu spada primena konzervacionih masti i maziva i zaštitna sredstva (razne navlake, zaštitni lakovi, mikrokristalni vosak itd.) hermetizacija sušenjem vazduha ili sa korišćenjem neutralne atmosfere.

U drugu grupu spada primena maziva sa inhibitorima.

Efikasnost pojedinih sredstava za zaštitu data je u tabeli 10.2.

Tab. 10.2. Stepen zaštite proizvoda od dejstva spojilašnje sredine pri korišćenju različitih metoda konzervacije i skladištenja

Razarajući faktori spojilašnje sredine	Konzervacija mastima i mazivima						Konzervacija sa obradom korozione sredine			
	Na otvorenom prostoru			Grejanje zatraćeno skladište			Konzervacija zaštitnim masama		Konzervacija sa obradom korozione sredine	
	Nemetali	Metali	Nemetalici	Metali	Nemetali	Metali	Lebdećim inhibitorima		Sušenjem vazduhom	Inerti gasovi
Kiseonik	OZ	VSZ	OZ	VSZ	VSZ	VSZ	DZ	OZ	OZ	PZ
Ozon	OZ	VSZ	OZ	VSZ	SZ	DZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Visoka temperatura	OZ	OZ	VSZ	VSZ	SZ	SZ	VSZ	VSZ	VSZ	VSZ
Niska temperatura	OZ	OZ	VSZ	VSZ	PZ	PZ	VSZ	VSZ	VSZ	VSZ
Promenljiva temperatura	OZ	OZ	VSZ	VSZ	DZ	DZ	VSZ	VSZ	VSZ	VSZ
Padavine	OZ	OZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Kondenzovana vлага	OZ	VSZ	VSZ	SZ	PZ	PZ	DZ	VSZ	PZ	SZ
Prašina i pesak	OZ	VSZ	VSZ	SZ	SZ	DZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Agresivne primese	OZ	VSZ	OZ	VSZ	OZ	VSZ	PZ	SZ	DZ	PZ
Sunčevanje	OZ	OZ	DZ	DZ	PZ	PZ	PZ	DZ	DZ	PZ
Bakterije plesni	OZ	DZ	VSZ	DZ	DZ	PZ	PZ	DZ	PZ	PZ
Trulež	OZ	DZ	VSZ	PZ	DZ	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
Insekti, glodari i sl.	OZ	OZ	VSZ	VSZ	DZ	DZ	PZ	PZ	PZ	PZ

OZ-odsustvo zaštite, SZ-slaba zaštita, DZ-dobra zaštita, PZ-poputna zaštita, VSZ-veoma slaba zaštita

11. | FORMIRANJE EKONOMSKOG DVORIŠTA

11.1. EKONOMSKA DVORIŠTA VELIKIH POSEDA

11.1.1. *Osnovni elementi ekonomskog dvorišta*

Ekonomsko dvorište u širem smislu prestavlja ograđeni prostor u kome treba da se odvija tehnička eksplotacija mehanizacije, kao i da zadovolji osnovne zahteve za skladišnim prostorom, te društvenim i administrativnim potrebama zaposlenih. U tom smislu ekonomsko dvorište treba da sadrži sledeće elemente - celine:

- objekte za održavanje radne sposobnosti mehanizacije,
- objekte za čuvanje mehanizacije,
- objekte za snabdevanje mehanizacije pogonskim gorivom i mazivom,
- objekte za primarnu preradu i skladištenje,
- energetski objekti i infrastruktura,
- administrativno-društveni objekti,
- objekte za rekreaciju i zelene površine.

Zastupljenost kao i gabariti navedenih elemenata u sklopu ekonomskog dvorišta zavise od namene i koncepcije istog kao i veličine i strukture mašinskog parka.

11.1.2. *Objekti za održavanje radne sposobnosti mehanizacije*

Objekti za održavanje radne sposobnosti mehanizacije imaju osnovnu funkciju da obezbede planirani tempo eksplotacije mehanizacije uz minimalne troškove. Ovaj zadatak je veoma složen te je neophodno izabrati optimalnu tehnologiju i tehniku te prema njima prilagoditi objekte koji će omogućiti potrebne uslove za realizaciju izabrane tehnologije i postavljanje odgovarajuće organizacije rada.

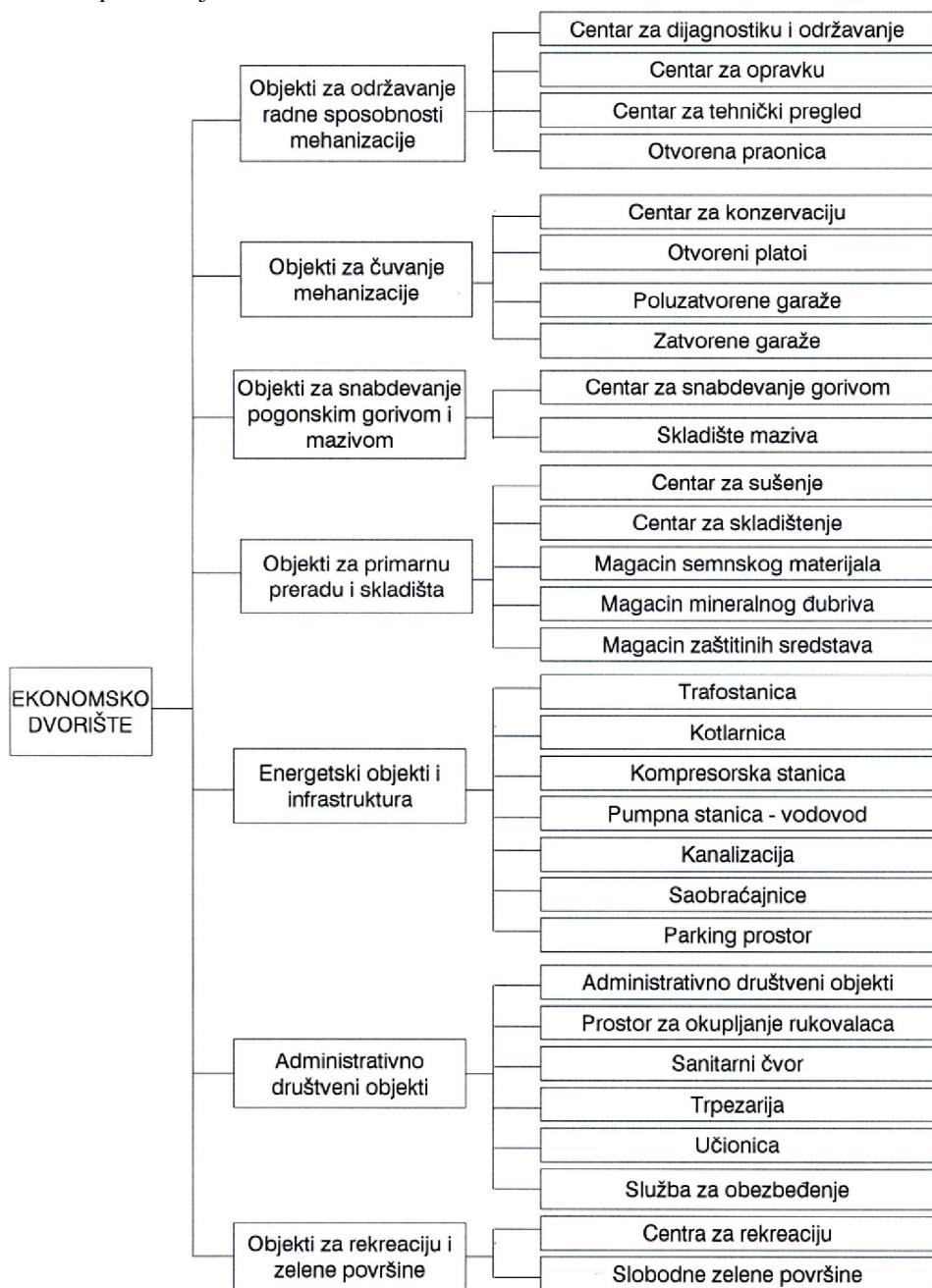
Centar za održavanje i dijagnostiku mehanizacije

Održavanje poljoprivredne mehanizacije predstavlja značajan vid aktivnosti u sklopu ekonomskog dvorišta. Ovo je potrebno naglasiti jer kvalitetan sistem održavanja obezbeđuje ekonomičnu eksplotaciju sa stanovišta održavanja radne sposobnosti mehanizacije. Imajući to u vidu, centar za dijagnostiku i održavanje treba da omogući realizaciju zacrtane tehnologije održavanja kako svojim prostorno-građevinskim rešenjima, tako i prisutnom opremom-tehnikom. Pri tome je bitno naglasiti da se održavanje mehanizacije izvodi u eksplotacionom periodu što istovremeno znači da sistem mora biti tako koncipiran da omogući maksimalnu efikasnost.

Svi stepeni održavanja obavljaju se brzo i ekonomično da bi se omogućilo da zastoji u eksplotaciji budu minimalni.

U više stepene održavanja treba ugraditi dijagnostička merenja koja će doprineti pravovremenom otkrivanju i prognoziranju pojave kvara. Ovo ima velikog značaja za sistem planiranja eksplotacije te pripreme za brzu intervenciju u momentu pojave

kvara ili pak uticaja da do kvara ne dođe.



Sl.11.1. Šema sadržaja tehnoloških celina ekonomskog dvorišta

Uvažavajući sve napred rečeno, centar za dijagnostiku i održavanje mehanizacije može da ima dve komponente i to mobilan i stacionaran deo što svakako zavisi od niza faktora kao što su sfere delovanja jednog centra, kao i brojnost pripadajuće mehanizacije. U najvećem broju slučajeva mobilni deo centra ima funkciju obavljanja nižih stepeni održavanja mehanizacije, kao i hitne intervencije u smislu otklanjanja manjih kvarova. U tu svrhu je potrebno obezbiti odgovarajuće vozilo sa neophodnom opremom.

Stacionarni deo centra za dijagnostiku i održavanje sastoji se od objekata i odgovarajuće opreme. Izgled, veličina kao i sastav objekta zavisi od broja i strukture pripadajuće mehanizacije kao i niza drugih činilaca. U principu objekat treba da je sastavljen od sledećih odelenja:

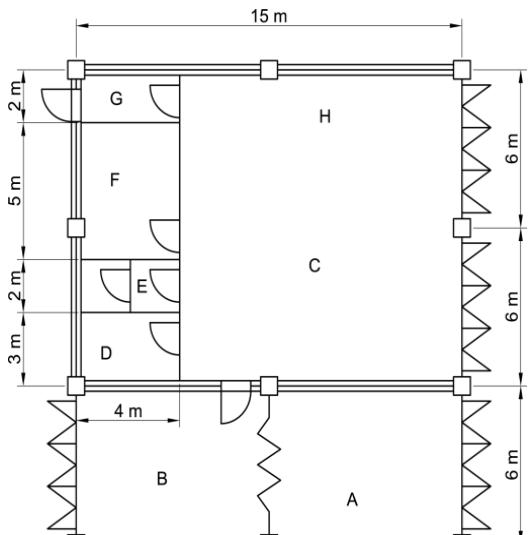
- zatvorena pravonica,
- odelenje za podmazivanje,
- kontrolno - dijagnostičko odelenje i
- odelenje hitnih intervencija.

Pri tome u zatvorenoj pravonici je potrebno obezbiti pranje pogonskih mašina te ista mora biti dimenzionisana i opremljena adekvatnim uređajima i opremom.

Odelenje za podmazivanje treba da se nadovezuje na zatvorenu pravonicu te da se u istom obavljaju operacije dopune uljnih prostora, kao i da se izvrše odgovarajuća podmazivanja propisanih mesta.

Kontrolno-dijagnostičko odelenje po svojoj funkciji obezbeđuje izvođenje određenih stepeni održavanja dopunjenih dijagnostičkim merenjima. U zavisnosti od veličine i strukture mašinskog parka, isto može biti dimenzionisano za jedno ili više radnih - parkirnih mesta za pogonske mašine s obzirom da se u istom predviđa izvođenje operacija održavanja pogonskih mašina.

Imajući u vidu da će se u ovom odelenju obavljati i zamena ulja, preporučuje se ugradnja uljne kanalizacije sa recipijentom za sakupljanje istrošenog ulja. Toksične materije koje se nalaze u iskorišćenim uljima uništavaju mikrofloru zemljišta, čine ga neplodnim više godina jer se biološki teško i sporo razgrađuju. Zbog toga je potrebno predvideti mogućnost sakupljanja takvih materija te njihovu predaju rafineriji na



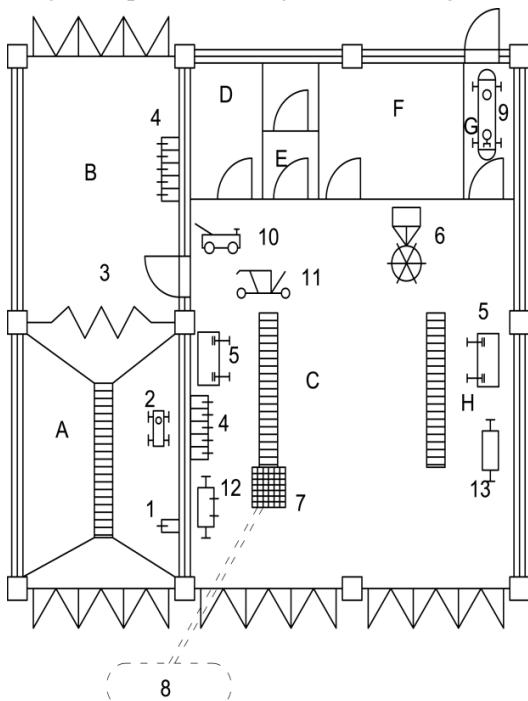
Sl. 11.2. Osnova objekta za tehničko održavanje

A-Zatvorena pravonica, B-Odeljenje za podmazivanje, C-Odeljenje kontrole, D-Kancelarija, E-Garderoba sa sanitarnim čvorom, F-Priručno skladište sa alatnicom; G-Kompressorska stanica, H-Odeljenje za hitne intervencije

preradu, a u skladu sa odredbama sadržanim u Zakonu o postupanju sa otpadnim materijama („Službeni glasnik RS“, br. 25/96 i 26/96.) i Pravilniku o načinu postupanja sa otpatcima koji imaju svojstva opasnih materija („Službeni glasnik RS“, br. 12/95).

Prostor za privremeno skladištenje potrebno je izgraditi za smeštaj najmanje dvostrukе količine otpadnih materija koje prosečno nastaju između dva ciklusa predaje, čime se obezbeđuje njihova zaštita od spoljnih uslova.

I pored neophodnosti razgraničenja održavanja od opravke, u praksi se javlja potreba hitnih intervencija u smislu manjih opravki. Ovakve pojave veoma teško podležu mogućnosti planiranja te ih je praktično nemoguće ugraditi u plan opravki. Iz pomenutih razloga svrsishodno je predvideti prostor u okviru objekta za održavanje gde bi se mogle obavljati hitne intervencije. Ovo ima svog opravdanja i sa stanovišta frekventnosti dolaska mašina u objekat za održavanje za razliku od objekta za opravku mehanizacije.

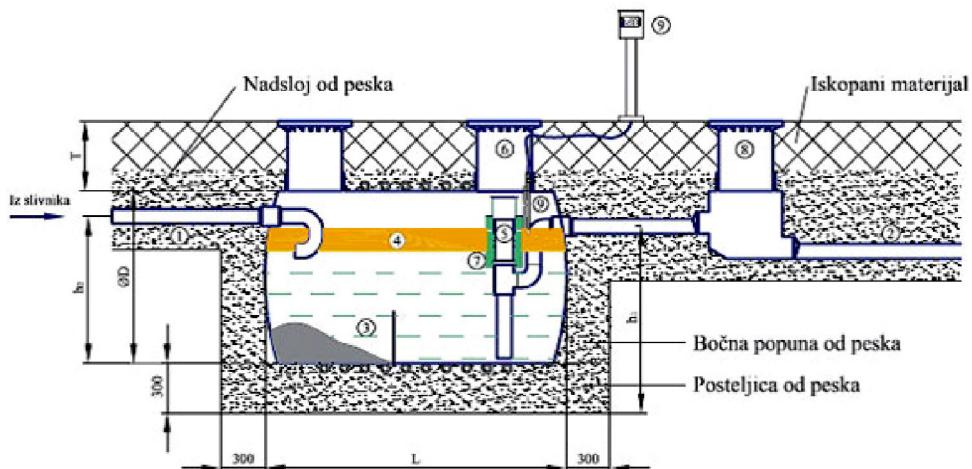


Sl. 11.3. Tehnološki razmeštaj opreme u objektu za tehničko održavanje

1-Jednodejni servis bar, 2-Mobilna perionica, 3-Gumena zavesa, 4-Petodelni servis bar, 5-Bravarska tezga sa paralelnim mengelama, 6-Uredaj za montažu i demontažu pneumatika, 7-Šaht za ispuštanje ulja, 8-Ukopana cisterna za sakupljanje ulja, 9-Kompresor, 10-Hidraulična dizalica, 11-Konzolna dizalica, 12-Brzi punjač-starter, 13-Brusni kamen

Tab. 11.1. Specifični zahtevi objekata

Parametar	Jedinica mere	Vrednost
Minimalna temperaturna	°C	8-12 (A) 16 (B, F) 18 (C,H) 18-20 (D,E)
Intenzitet svetlosti	Lux	150 (A,B,E,F) 300 (C,H) 200 (D) 100 (G)
Broj izmena vazduha na čas	1/h	3-5 (A,B,C) 1-3 (H)
Potrebe za komprimovanim vazduhom		
Pritisak	MPa	1
Kapacitet	1/min	20
Potrebe odeljenja za vodom		
Pritisak	MPa	0,3-0,4



Sl. 11.4. Koalescentni separatori mineralnih ulja

Centar za opravku mehanizacije

Osnovna delatnost ovog centra je opravka mehanizacije u vansezonskom periodu. Najčešće se ovi centri formiraju za potrebe jedne radne jedinice ili pak više radnih

jedinica kada je reč o tzv. „centralnoj“ remontnoj radionici. U oba navedena slučaja osnovna delatnost je ista sa razlikom u širini obuhvata, tehnologiji i organizaciji rada te primjenenoj tehnicki-opremi.

Ono što karakteriše centar za opravku mehanizacije je planski karakter rada, te istovremeno i kontinualniji rad u odnosu na centar za održavanje mehanizacije.

Delatnost centra za opravku je moguće podeliti u dve osnovne grupe poslova i to:

- demontažno - montažni radovi i
- opravke elemenata ili agregata.

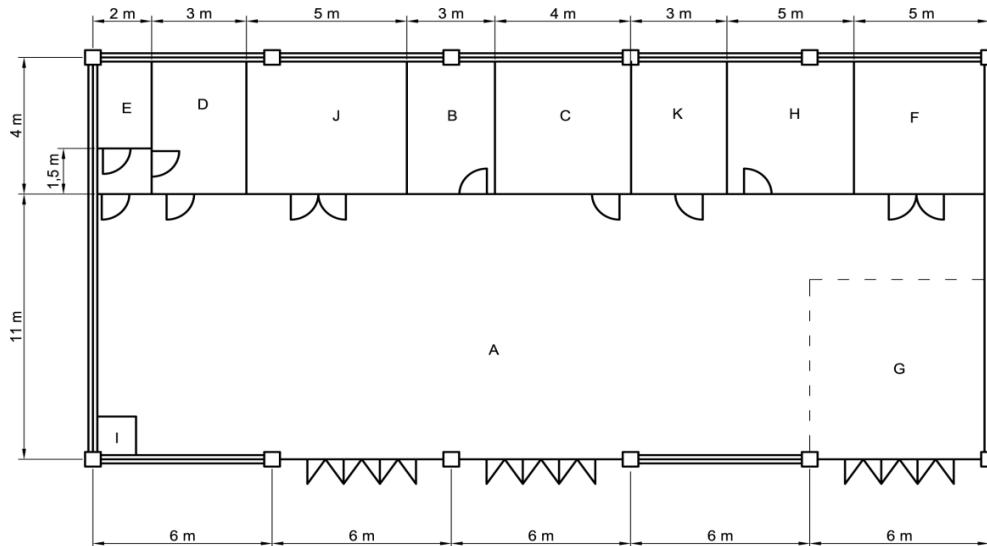
Za svaki od navedenih radova potrebno je obezbediti i odgovarajući prostor.

Za demontažno - montažne radove se predviđa montažna hala čiji je zadatak da omogući postavljanje predviđenog ili proračunatog broja mašina na prostor koji pruža potrebne uslove za obavljanje montažno - demontažnih radova. U određenom broju slučajeva može se predvideti u istom prostoru i opravka na samoj mašini što zavisi od koncepcije i zacrtane tehnologije rada u okviru ovog objekta. Ovo se pre svega odnosi na opravku priključnih mašina što je po pravilu slučaj sa manjim objektima - priključnim radionicama dok se u većim objektima najčešće predviđa opravka samohodnih mašina. U praksi je najčešće prisutna kombinacija, te se montažna hala predviđa za obe vrste mehanizacije, uz preovlađujuće prisustvo demontažno - montažnih radova.

Za potrebe opravke elemenata mašina ili agregata neophodno je obezbediti specijalizovana odelenja. Broj odelenja, vrsta i gabariti zavise od koncepcije objekta te predviđenog i potrebnog obima određene vrste radova.

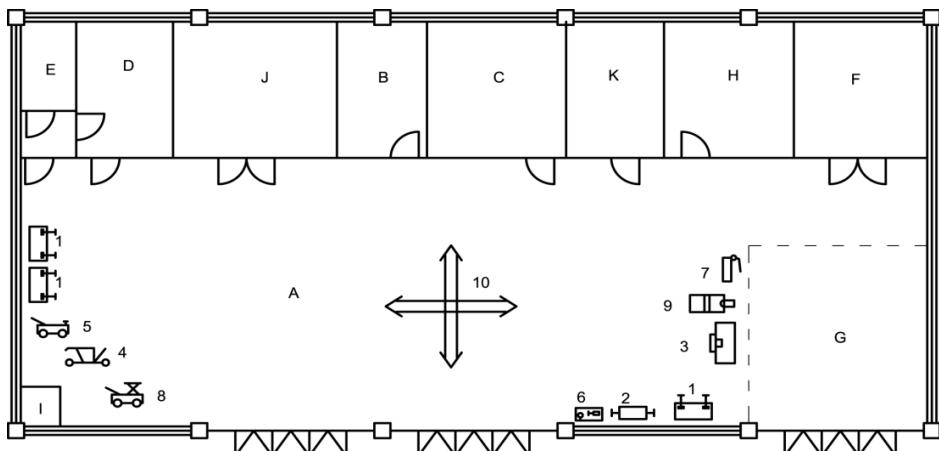
U tom smislu moguće je formiranje sledećih specijalizovanih odelenja:

- odelenje mašinske obrade
- bravarsko odelenje
- varilačko odelenje
- kovačko odelenje
- stolarsko odelenje
- dizel-hidro odelenje
- motorno odelenje
- auto-električarsko odelenje
- akumulatorsko odelenje
- odelenje za regeneraciju
- magacin alata
- magacin rezervnih delova i potrošnog materijala



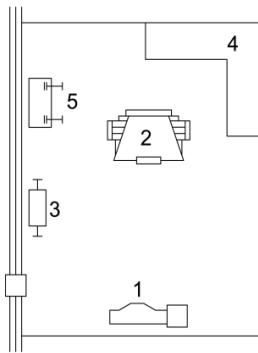
Sl. 11.5. Osnova objekta za opravku mehanizacije

A) Montažno, B) Strugarsko, C) Dizel-hidro, D) Elektro, E) Akumulatorsko, F) Kovačko, G) Bravarsko-varilačko, H) Skladište rezervnih delova i alatnica, I) Praonica delova, J) Kancelarija, K) Sanitarni čvor



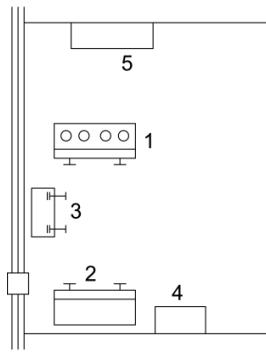
Sl. 11.6. Tehnološki razmeštaj opreme u montažno-demontažnom odeljenju

- 1) Bravarska tezga sa paralelnim mengelama, 2) Brusni kamen, 3) Stubna bušilica, 4) Hidraulična dizalica, 5) Konzolna hidraulična dizalica, 6) Brusilica ventila, 7) Mehanička testera, 8) Hidraulična kolica, 9) Hidraulična presa, 10) Kranska staza



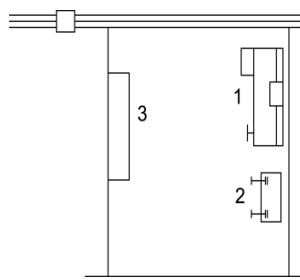
Strugarsko odeljenje

1-Univerzalni strug, 2-Univerzalna glodalica, 3-Brusni kamen, 4-Orman za alat , 5-Bravarska tezga sa paralelnim mengelama



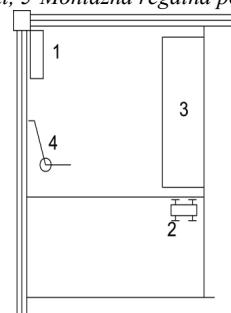
Hidrodizel odeljenje

1-Kompletno dizel odeljenje sa probnim stolom, 2-Probni sto za hidrauličnu instalaciju traktora i kombajna, 3-Radna tezga sa paralelnim mengelama, 4-Orman za alat, 5-Montažna regalna polica



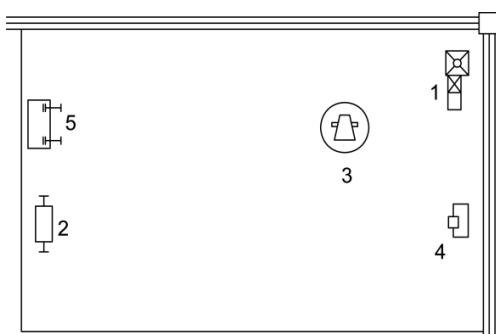
Elektro odeljenje

1-Probni sto za elektriku, 2-Radna tezga sa paralelnim mengelama, 3-Montažno regalne police, 4-Stona bušilica, 5-Ručna brusilica



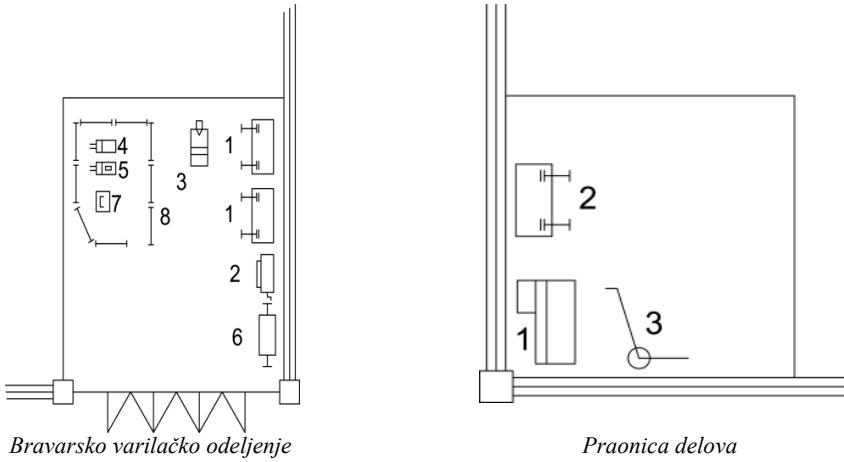
Akumulatorsko odeljenje

1-Kompletne opreme akumulatorskog odeljenja, 2-Punjач-brzi starter, 3-Police – regali, 4-Transportna kolica za prevoz akumulatora



Kovačko odeljenje

1-Kovačka vatra, 2-Brusni kamen, 3-Kovački nakovanj, 4-Mehanički – opružni čekić, 5- Radna tezga sa paralelnim mengelama



Bravarsko varilačko odeljenje

1-Radna tezga sa paralelnim mengeljama, 2-Univerzalna limarska mašina, 3-Hidraulična presa, 4-Aparat za elektrolučno zavarivanje, 5-Uredaj za zavarivanje u zaštitnoj zoni, 6-Aparat za autogeno zavarivanje, 7-Varilački sto, 8-Pokretni paravan

Sl. 11.7. Tehnološki razmeštaj opreme u pojedinačnim odeljenjima

Praonica delova

1-Zatvorena perionica delova, 2-Bravarska tezga, 3-Kolica za prevoz delova

Nabrojana odeljenja imaju pojedinačno specifične zahteve kako u odnosu na montažnu halu, tako i međusobnoj povezanosti odnosno udaljenosti. Prilikom formiranja svakog od navedenih odelenja treba imati u vidu potrebe za pripadajućom vrstom radova kako po obimu tako i po složenosti, što svakako povlači za sobom i kompletiranje odgovarajućom opremom i stručnim kadrom. Velikog uticaja treba da ima i respektivno sagledavanje potreba za pripadajućom vrstom posla i očekivano povećanje ili pak smanjenje obima te ostavljanje rezerve u prostoru za perspektivnu opremu ili pak u slučaju očekivanja smanjenja obima organizovanja rada u više smena sa kasnijom tendencijom smanjenja broja izvršilaca uz odgovarajuće prekvalifikacije. U suprotnom se javlja višak kapaciteta čija popuna predstavlja ozbiljan problem u praksi.

Objekat se sastoji iz dva dela i to glavne hale i aneksa u kojima se nalaze ostala odeljenja. U tu svrhu se predlaže da se isti napravi od montažnih elemenata tipskih objekata čelične konstrukcije. Slobodna visina ovog objekta treba da iznosi 5 m. Aneks pomoćnih objekata za remont i održavanje izrađuje se slobodne visine 3 m. Pod glavne hale treba da je otporan na vodu, derivate nafte i udarce (elastičan), sa mogućnošću lakog čišćenja pranjem. Pod priručnog magacina i skladišta rezervnih delova treba da je betonski, kancelarijskog prostora termoizolovan, a sanitarno higijenskog čvora obložen keramičkim pločicama. Pod strugarskog, dizel-hidro odeljenja i pravonice delova treba da je otporan na vodu, derivate nafte i elastičan. Zbog specifičnosti poslova pod elektroodeljenja treba da je elektroizolovan.

Zidovi zatvorene peronice treba da su vodootporni, a pod izrađen sa blagim nagibom

ka sredini, gde je potrebno obezbediti odvodni kanal ka sabirnoj mreži otpadnih voda. Ulagna vrata u halu su širine 5 m i visine 4 m. Ulaz u pojedina odeljenja aneksa je iz glavne hale kroz vrata za prolaz ljudi širine 1 m i visine 2 m. Ulaz u priručni magacin i magacin rezervnih delova je kroz vrata širine 3 m i visine 2,5 m što omogućava nesmetano unošenje rezervnih delova i repromaterijala viljuškarom.

Pregradni zid između kancelarijskog prostora i hale treba da je izrađen od stakla, sa staklenim vratima, što omogućava bolju preglednost.

Konstrukcija objekta treba da je takva da svim odeljenjima pruža dovoljnu količinu dnevne svetlosti bez potrebe dopunskog svetlosnog izvora. Zavisno od prirode posla kao i u ranim prepodnevnim, kasnim popodnevnim i noćnim časovima neophodno je obezbediti veštački izvor svetlosti određenog intenziteta i kvaliteta prema propisanim normativima.

U skladu sa normativima u radionici je potrebno obezbediti odgovarajuću ventilacionu instalaciju, grejanje, odgovarajuću količinu električne energije i vode. Zbog specifičnosti tehnoloških operacija koje se obavljaju u okviru kovačkog odeljenja, preporučuje se njegovo izdvajanje, izgradnjom posebnog objekta. Kovačko odeljenje potrebno je prostorno locirati u blizini centralne radionice. Pod kovačkog odeljenja treba da je otporan na udarce i temperaturu. Kovačnicu izraditi od čvrstog materijala uz obezbeđivanje odgovarajuće ventilacije i osvetljenja.

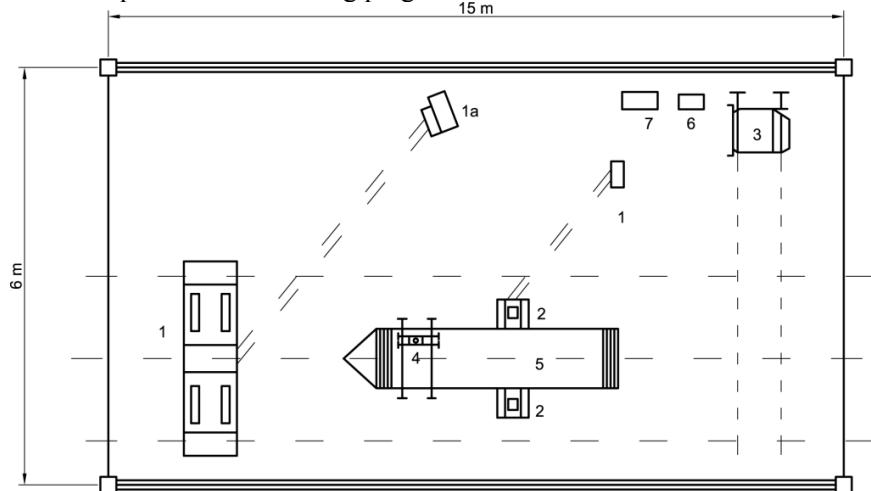
Tab. 11.2. Specifični zahtevi objekata i odeljenja

Red. br.	Odeljenje	Min. temperatura °C	Broj izmena vazduha na časa	Potrebno prinudno provetrvanje
1.	Montažno demontažno	16	3	-
2.	Strugarsko	18	1+3	-
3.	Dizel-hidro	18	2+3	-
4.	Elektro	20	-	-
5.	Akumulatorsko	12	10+15	+

Centar za tehnički pregled vozila

Periodični pregled vozila predstavlja zakonsku obavezu. S obzirom da ovoj obavezi podležu sva vozila koja se kreću javnim putevima bez pratinje, to znači da u okviru poljoprivrednih organizacija ima znatan broj takvih vozila. Učestalost obaveznih tehničkih pregleda nameće potrebu formiranja centra za tehnički pregled vozila a naročito u slučaju brojnog mašinskog parka. Ovo ima svog opravdanja i kada je postojeći centar udaljen te su evidentni znatni gubici u smislu gubitka vremena i pogonskog goriva za svaki predviđeni termin. Imajući u vidu sve napred rečeno te zakonsku mogućnost formiranja ovakvog centra u okviru ekonomskog dvorišta poljoprivrednih organizacija, javlja se potreba razmatranja opravdanosti realizacije u konkretnom slučaju. Pri tome se moraju imati u vidu i sve obaveze definisane u

pozitivnim zakonskim propisima kako prema objektu tako i prema opremi i izvršiocima na poslovima tehničkog pregleda vozila.



Sl. 11.8. Tehnološki razmeštaj opreme u odeljenju za tehnički pregled vozila

1) Uredaj za proveru kočnica, 2) Nagazna ploča, 3) Uredaj za kontrolu usmerenosti svetlosnog snopa, 4) Kanalska dizalica, 5) Kanal za pregled donjeg postroja, 6) Radni sto, 7) Orman za opremu

Tab. 11.3. Specifični zahtevi objekata

Parametar	Jedinica mere	Vrednost
Minimalna temperatura	°C	16
Intenzitet svetlosti	Lux	200
Broj izmena vazduha na čas	1/h	3-5
Potrebe za komprimovanim vazduhom		
Pritisak	MPa	1
Kapacitet	1/min	20
Potrebe odeljenja za vodom		
Pritisak	MPa	0.3-0.4

Linija za tehnički pregled vozila projektuje se u skladu sa odredbama Pravilnika o tehničkom pregledu vozila („Sl. glasnik SRS“, br. 23/84.). Ovim pravilnikom su propisani minimalni uslovi u pogledu tehničke opreme kojima mora raspolagati centar koji vrši tehnički pregled, izdavanje potvrde i vođenje evidencije o izvršenom tehničkom pregledu. Pravilnikom je predviđeno da objekat za vršenje tehničkog

pregleda mora imati kanal odgovarajućih dimenzija, sa postavljenom dizalicom koja omogućuje kontrolu vešanja točkova na vozilu ili dizalicu koja podiže celo vozilo. U objektu za vršenje tehničkog pregleda moraju se nalaziti sledeći uređaji i oprema:

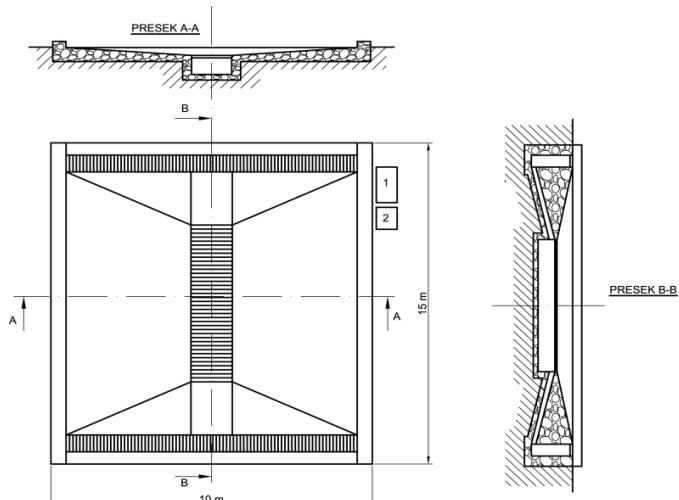
1. uređaj za proveru sile kočenja na obimu točkova iste osovine sa pisačem i instrument za kontrolu odziva komandi kočionih sistema i utvrđivanje praznog hoda komandi, sa dinamometrima;
2. kompresor sa manometrom i potrebnim vodovima za proveru pritiska u pneumaticima, kao i dovoljan broj priključaka za povezivanje uređaja i opreme na liniji tehničkog pregleda;
3. čeličnu metarsku pantljiku od 25 m sa milimetarskom podelom;
4. uređaj za utvrđivanje praznog hoda upravljača i sile upravljanja na točku upravljača;
5. uređaj za proveru usmerenosti i jačine svetla, sa luksmetrom i vizirom;
6. štopericu ili odgovarajući hronometar;
7. katalog boja;
8. dubinomer za merenje dubine šara na pneumatiku;
9. merni uređaj za proveru gabarita, razmaka osovina i raspona točkova;
10. nagaznu ploču za kontrolu usmerenosti prednjih točkova na vozilu;
11. merač nivoa jačine buke;
12. uređaj za kontrolu količine čađi u izduvnim gasovima dizel motora;
13. uređaj za merenje sadržaja CO u izduvnim gasovima benzinskih motora.

Za obavljanje tehničkog pregleda vozila potrebno je angažovati istovremeno najmanje dva ovlašćena radnika sa radnim iskustvom dužim od godinu dana, od kojih jedan mora imati najmanje srednju stručnu spremu saobraćajnog ili mašinskog smera, a drugi stručnu spremu kvalifikovanog ili visoko kvalifikovanog automehaničara.

Objekat za tehnički pregled locirati tako da vozila u njega ulaze kroz posebnu kapiju, kako ne bi ometala tehnološki proces rada u preostalom delu centra.

Otvorena praonica

Objekat otvorena praonica ima osnovnu funkciju nege mašina te bi tehnološki mogla pripadati i centru za održavanje mehanizacije, međutim s obzirom na njenu lokaciju u okviru ekonomskog dvorišta može se razmatrati i odvojeno.



Sl. 11.9. Osnova objekta otvorena peronica

U smislu napred rečenog, na otvorenoj pravonici treba odstraniti naslage nečistoća sa površine mašina. Razlog za ovo je dvojak:

- nega mašine i
- sprečavanje unošenja nečistoća u krug ekonomskog dvorišta.

Objekat se izvodi najčešće u obliku betonskog platoa. Dimenzije moraju odgovarati dimenzijama hodnog mehanizma mašina te da omogući pranje sa svih strana. Prilaz treba da je sa dve strane (ulaz - izlaz) s tim da ulazna strana bude neposredno uz ulaz u ekonomsko dvorište. Betonski plato treba da omogući efikasno prikupljanje i odstranjivanje spranih nečistoća i odvod vode.

Pranje predviđeti da se obavlja vodom pod pritiskom 8-10 bara. Za efikasno obavljanje pranja potrebno je obezbediti pumpu za vodu kapaciteta 60-120 l/min.

11.1.3. Objekti za čuvanje mehanizacija

Poljoprivredne mašine su tokom godine samo mali deo vremena u eksploataciji, a sav ostali period su van nje, te taj period može da se nazove vansezonski period. Često se za vansezonski period uzima samo period zime, međutim treba imati u vidu negativne atmosferske uticaje tokom cele godine, te stoga mašina mora biti pripremljena za čuvanje u celom periodu kada je van eksploatacije.

Pod čuvanjem mašine u vansezonskom periodu se podrazumeva ceo sistem mera koje treba preduzeti, a to su pre svega:

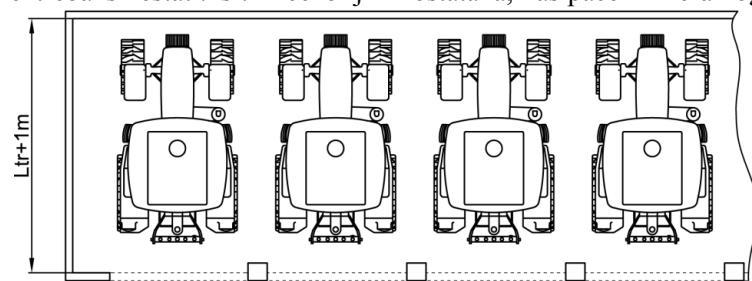
- priprema mašine (pranje-čišćenje),
- zaštita mašine (zaštita od atmosferskih uticaja i nepotrebnih naprezanja),
- smeštaj mašine u prostor za čuvanje,
- nega mašine u toku čuvanja i
- priprema mašine za eksploataciju.

Smeštajni prostor za čuvanje poljoprivrednih mašina sačinjava tri vrste objekata i to:

- Zatvorene garaže
- Poluzatvorene garaže
- Otvoreni ili natkriveni platoi.

Prema specifičnostima mašina treba rešavati mesto smeštaja. U tom smislu se predlaže u zatvorene garaže smeštati: traktore, sejalice za strnine i sejalice za okopavine. U poluzatvorene garaže treba smeštati: sitnilice biljnih ostataka, rasipače mineralnog đubriva,

rasturače
stajnjaka,
prikolice,
kombajne, prese,
cisterne,
prskalice.
Na
otvorene
natkrivenе
površine
treba



Sl. 11.10. Sistem parkiranja upravno na osu garaže

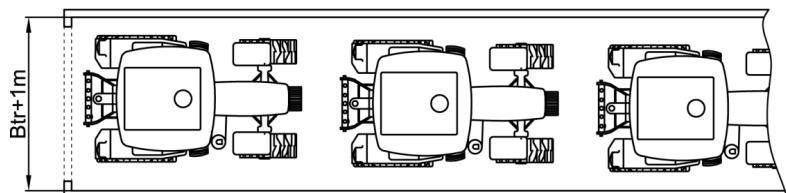
smestati: plugove, tanjirače, setvospremače, ravnjače i sl.

Za potrebe smeštaja traktora neophodno je obezbediti garaže minimalne slobodne visine 3.5 m. Garaže je potrebno formirati minimalne dubine 5, 6 i 7 m što bi omogućilo nesmetan ulaz traktora različitih kategorija, ukoliko se radi o upravnom parkiranju na uzdužnu osu garaže.

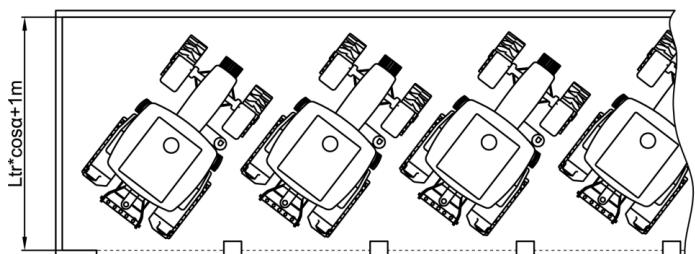
Ukoliko se parkiranje obavlja osno tada je „dubina“

garaža definisana širinom traktora i ona iznosi 3.5 m. Kod ovakvog načina parkiranja izlaz iz garaže je određen položajem traktora u nizu.

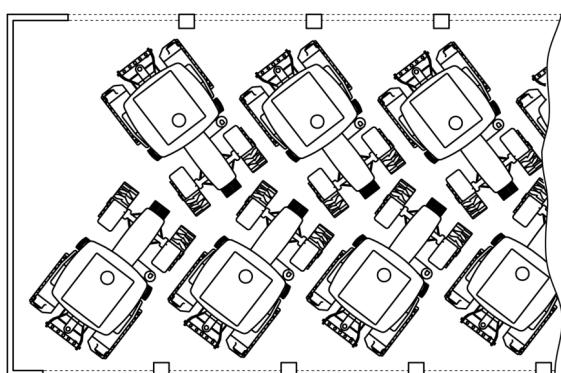
Pored ova dva načina moguće je predvideti parking mesta u zatvorenim garažama pod uglom ili unakrsno pod uglom.



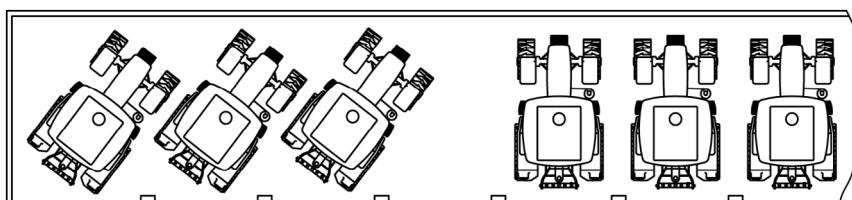
Sl. 11.11. Sistem parkiranja u pravcu ose garaže



Sl. 11.12. Sistem parkiranja pod uglom



Sl. 11.13. Sistem unakrsnog parkiranja



Sl. 11.14. Kombinovani sistem parkiranja

Centar za konzervaciju mehanizacije

Imajući u vidu da je veći broj mašina samo mali broj dana godišnje u eksploataciji, nameće se potreba obavljanja antikorozione zaštite istih. Najčešće zadovoljava primena metoda privremene konzervacije uz upotrebu sredstava koja ne zahtevaju dekonzervaciju. Priprema mašina se sastoji u detaljnem pranju i odmašćivanju mašine što se može izvoditi u sklopu zatvorene pravonice, dok sam postupak konzervacije treba obaviti na mestu koje je blisko mestu smeštaja mašina u vansezonskom periodu. Centar može biti smešten u natkrivenom prostoru te opskrbljen adekvatnom opremom. Za obavljanje delatnosti ovog centra potrebno je propisati odgovarajuću organizaciju rada, tehnologiju, tehniku i materijal (više o ovome dato je u poglavljju „Priprema mašina za čuvanje u vansezonskom periodu“).

Otvoreni platoi

Veći broj mašina je moguće kvalitetno zaštiti te je smeštaj istih zadovoljavajući i na otvorenom prostoru. U tu svrhu formiraju se otvoreni platoi koji mogu konceptualno biti postavljeni po sistemu ulica. Podloga ovih platoa treba da omogući odvod atmosferskih padavina. Zbog lakšeg manipulisanja, preporučuje se ostavljanje dovoljnog prostora između dve trake za smeštaj s obzirom da je prostor otvorenog platoa predviđen za priključnu mehanizaciju te se mora omogućiti pristup za kačenje.

Poluzatvorene garaže

Za mašine čija detaljna konzervacija zahteva znatna ulaganja obezbeđuju se poluzatvorene garaže. One predstavljaju prostor ograđen i pokriven lakom krovnom konstrukcijom. Jedna duža strana je otvorena. Pod je od tvrdog materijala sa padom za odvod eventualne vode. Pri gradnji ovakvih objekata neophodno je planirati broj i vrstu mašina te raspored u okviru objekta. Obezbeđenje poluzatvorene garaže ne isključuje potrebu za privremenom konzervacijom.

Zatvorene garaže

Mašine složene konstrukcije, naročito osetljive na uticaj atmosferilija, čija efikasna konzervacija na otvorenom ili poluzatvorenom prostoru zahteva izuzetno velika ulaganja uz istovremeno nesigurne rezultate treba smestiti i čuvati u vansezonskom periodu u zatvorenim garažama. Imajući u vidu uticaj atmosferilija i relativne vlažnosti vazduha te vrednost i vrstu mašine, potrebno je izvršiti privremenu konzervaciju. Sam objekat je dimenziono definisan vrstom i brojem mašina te je često prisutno i fiksirano mesto svake pojedinačne mašine u istom. Najčešća izvedba ovakvih objekata je u obliku garaža montažnog tipa lake konstrukcije. Pod treba da je tvrd sa potrebnim padom za odvod vode.

U okviru ovog objekta najčešće se formira i jedno odeljenje-prostorija u vidu magacina gde se odlažu svi oni elementi koji se skidaju sa mašina u vansezonskom periodu ili pak oni koji su povremeno potrebni u eksplatacionom periodu.

11.1.4. Objekti za snabdevanje pogonskim gorivom i mazivom

Imajući u vidu da mašinski park sačinjava i znatan broj pogonskih mašina i

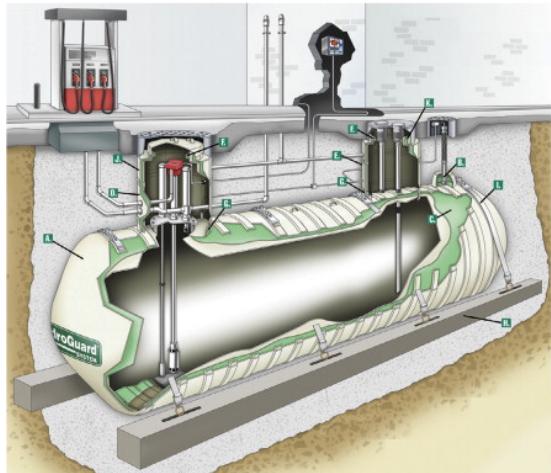
samohodnih radnih mašina, u okviru ekonomskog dvorišta se postavlja kao zahtev rešavanje blagovremenog snabdevanja gorivom i mazivom.

Centar za snabdevanje goriva

Zadatak centra za snabdevanje gorivom je da obezbedi dovoljnu količinu goriva u svakom momentu. Osim toga, neophodno je omogućiti i evidentiranje usute količine pri svakom punjenju te brzo punjenje.

Za realizaciju ovako postavljenog zadatka najadekvatnije rešenje su ukopane cisterne sa mernim stanicama. U zavisnosti od procedure nabavke te opštег stanja na tržištu, neophodno je obezbediti određene rezerve goriva. Preporučljiva je primena varijante tandem cisterni. To praktično znači da treba obezbediti dve cisterne. Kapacitet cisterni treba dimenzionisati za minimalnu rezervu od 20 dana rada u najopterećenijem periodu, uz obezbeđeno taloženje od najmanje 8 dana.

Merna stanica treba da omogući dovoljan protok da se punjenje rezervoara mašina obavi brzo uz istovremeno



Sl. 11.15. Ukopana cisterna za gorivo sa mernom stanicom i pretakalištem



a)

b)

Sl. 11.16. Mobilne cisterne za gorivo
a-traktorska cisterna, b-mala cisterna pogodna za automobilski prevoz

registrovanje usute količine goriva. Tehnološki merna stanica treba da je postavljena tako da se punjenje obavlja odmah nakon dolaska maštine u ekonomsko dvorište.

U najvećem broju slučajeva se iskazuje potreba i za mobilnim delom centra za snabdevanje gorivom. U tom slučaju se preporučuje mobilna cisterna sa ugrađenom mernom stanicom i mogućnošću merenja usute količine goriva.

Skladištenje maziva

Sljedeći logiku razmišljanja kao u predhodnom poglavlju i skladište maziva treba da obezbedi potrebnu količinu i assortiman maziva u svakom momentu. Za dimenzionisanje skladišta osnova je plan održavanja mehanizacije te ustanovljenje potrebe dolivanja ulja. Na osnovu izračunate potrebe te ustanovljenog tempa trošenja kao i potrebne rezerve zbog uslova nabavke te poznate ambalaže, vrši se dimenzijsanje skladišta. Treba naglasiti da je od posebnog značaja strogo pridržavanje propisa protivpožarne zaštite kako u fazi projektovanja tako i u fazi eksploracije rada ovog centra.



Sl. 11.17. Obavezno obeležavanje prisustva zapaljivih materija

11.1.5. Objekti za primarnu preradu i skladištenje

U određenom broju slučajeva ekonomski je opravданo primernu preradu poljoprivrednih proizvoda obaviti u okviru poljoprivredne organizacije. Ovo se pre svega odnosi na sušenje za potrebe skladištenja. U tom smislu je opravdana i izgradnja određenog skladišnog prostora za poljoprivredne proizvode. Imajući u vidu infrastrukturu potrebnu za gore navedne objekte, nalazi se opravdanje da se u istom kompleksu lociraju i drugi skladišni prostori.

Centar za sušenje

Osnovni zadatak ovog centra je sušenje poljoprivrednih proizvoda na potrebnu vlagu. Dimenzionisanje i struktura ovakvog centra zavisi od više faktora kao što su količina i vrsta materijala za sušenja kao i dinamika pristizanja.

Centar za skladištenje

Svrishodno je centar za skladištenje locirati neposredno uz centar za sušenje, a izbor kao i dimenzionisanje kapaciteta zavisi od kapaciteta centra za sušenje te ukupne količine i vrste materijala koji se skladišti.

Magacin semenskog matrijala

U zavisnosti od veličine obuhvaćenog poseda te strukture setve moguće je predvideti količinu semenskog materijala koji se mora skladištiti u određenom prostoru. Najčešće je izvedba u obliku podnog skladišta s obzirom da je ambalaža semenskog materijala komadna.

Magacin mineralnog đubriva

Za proračunate količine mineralnog đubriva potrebno je obezbediti skladišni prostor. Tip skladišta zavisi od načina transporta materijala do skladišta i od skladišta do parcele. Još uvek je dominantna pojava transporta u vrećama, međutim nagoveštava se tendencija rinfuznog - rasutog transporta koji će zahtevati sasvim drugačiji tip skladišta.

Magacin zaštitnih sredstava

Imajući u vidu prirodu zaštitnih sredstava te količinu, vrstu i način pakovanja, magacin zaštitnih sredstava treba da je tehnološki i fizički odvojen od ostalog magacinskog prostora.

11.1.6. Energetski objekti i infrastruktura

Ekonomsko dvorište sa svojim sadržajem, funkcijom i kapacitetima ima znatnih energetskih potreba. Ove potrebe se ogledaju u električnoj i toploj energiji kao i u potrebama za određenom količinom vode i komprimovanog vazduha. Osim toga, tehnološku povezanost i funkciju objekata obezbeđuju saobraćajnice i parking prostori.

Trafostanica

Dimenzionisanje trafostanice se vrši na osnovu planiranog vršnog opterećenja celog ekonomskog dvorišta. I u slučajevima lokacije ekonomskog dvorišta u neposrednoj blizini naseljenog mesta, uobičajena električna mreža u naselju nije u mogućnosti da primi opterećenja ekonomskog dvorišta te je u najvećem broju slučajeva neophodno izgraditi posebnu trafostanicu.

Kotlarnica

Imajući u vidu ekonomičnost centralnog sistema zagrevanja objekata, svršishodno je izgraditi jednu kotlarnicu čiji bi kapacitet zadovoljio potrebe svih objekata u okviru ekonomskog dvorišta. Treba razmotriti mogućnost najracionalnijeg i ekonomski najopravdanijeg goriva kako sa trenutnog tako i sa perspektivog aspekta posmatranja.

Kompresorska stanica

Savremeni radionički objekti a isto tako i drugi imaju zahteve za znatnom količinom komprimovanog vazduha određenih karakteristika. U tu svrhu je opravdano formirati kompresorsku stanicu za centralno snabdevanje komprimovanim vazduhom sa odgovarajućom razvodnom mrežom i priključnim mestima. Izabrani kompresor treba da zadovolji vršno opterećenje kako po količini tako i po pritisku.

Vodovod - pumpna stanica

Kompleks ekonomskog dvorišta ima znatnih zahteva za vodom kako po količini tako i po pritisku. Ove zahteve u određenom broju slučajeva zadovoljava gradska mreža, međutim često to nije slučaj pa je neophodno izgraditi dodatne kapacitete za snabdevanje vodom.

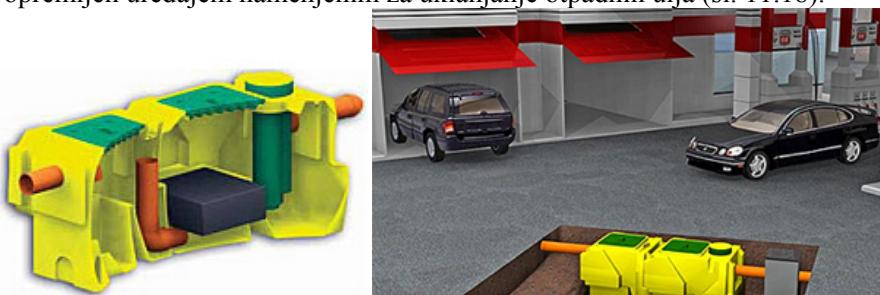
Kanalizacija

Kanalizaciona mreža treba da zadovolji osnovne zahteve kako u pogledu količina tako i u pogledu otpadnih materijala sadržanih u vodi. U tu svrhu neophodno je predvideti određeni broj i kapacitet taložnika za mulj kao i odlivače odpadne vode te ih locirati na mestima gde su neophodni. Kapacitet odvodne kanalizacije treba projektovati tako da i u ekstremnim slučajevima ne dolazi do potapanja saobraćajnica te prodora vode u objekte.

Saobraćajnice

Osnovni zadatak saobraćajnica je da obezbede nesmetano odvijanje unutrašnjeg saobraćaja. U tu svrhu saobraćajnice omogućuju najkraće puteve tehnološkog povezivanja. Osim toga, tok saobraćaja bez neposrednih ukrštanja tokova. Dimenzionisanje saobraćajnica se izvodi u zavisnosti od gabarita mašina, toka saobraćaja i frekvencije na pojedinim deonicama.

Saobraćajnice treba da se projektuju sa betonskim ili asfaltnim pokrivom. Obezbediti odvod vode, kao i hidrantsku mrežu za PP zaštitu i pranje mašina. Odvod vode treba da je opremljen uređajem namenjenim za uklanjanje otpadnih ulja (sl. 11.18).



Sl. 11.18. Separator ulja i naftnih derivata s koalescentnim filterom protoka
1,5-6,0 lit/sec

Parking prostor

U slučaju ekonomskog dvorišta, pod parking prostorom treba podrazumevati onaj prostor na kome se privremeno zadržavaju mašine ili vozila. Shodno tome, potrebno je obezbediti dva parking prostora i to jedan na ulazu u ekonomsko dvorište namenjen za putnička vozila i drugi u krugu ekonomskog dvorišta za poljoprivredne mašine sa najverovatnijom lokacijom ispred radioničkih objekata.

11.1.7. Administrativno - društveni objekti

Imajući u vidu administrativne i društvene potrebe, u okviru ekonomskog dvorišta treba predvideti odgovarajuće objekte.

Kancelarijski prostor

Ovaj prostor omogućuje administrativno-stručnu delatnost u ekonomskom dvorištu za sve službe.

Prostor za okupljanje rukovalaca mehanizacijom

Evidentna je potreba da se izdavanje radnih zadataka rukovaocima mehanizacije obavlja svakodnevno. Ovakva situacija zahteva određeni prostor gde će se rukovaoci okupljati na početku radnog dana ili smene i gde će dobiti radni nalog. Adekvatan prostor za takve namene je zatvorena prostorija dovoljno velika da primi sve rukovaoce jedne smene. Ista može biti opremljena i dodatnim odeljenjima za smeštaj garderobe, a u neposrednoj blizini sanitarnog čvora.

Sanitarni čvor

U slučaju kompleksnog ekonomskog dvorišta može se govoriti o više sanitarnih čvorova. Naime, svaki objekat za zaokruženom celinom i organizacijom rada a time i definisanom grupom izvršilaca treba da ima svoj sanitarni čvor sa svim propisanim elementima.

Trpezarija

Preporučljivo je organizovati društvenu ishranu za sve zaposlene u okviru ekonomskog dvorišta na jednom mestu. Ovo ima niz prednosti sa stanovišta uspostavljanja bližih komunikacija između svih struktura zaposlenih.

Učionica

Sagledavajući naglu modernizaciju poljoprivredne tehnike te još uvek nedovoljan stručni i kvalifikacioni nivo zaposlenih izvršilaca, nameće se potreba široke akcije permanetnog obrazovanja i stručnog usavršavanja. U tom smislu je svrshishodno predvideti jednu učionicu. Kapacitet ovakve učionice ne bi trebalo da prelazi 30-40 mesta a oprema treba da omogući izvođenje nastavnih aktivnosti.

Objekti za obezbeđenje

Fizičko obezbeđenje objekata treba usaglasiti sa važećim zakonskim propisima. Za obavljanje ovog zadatka treba predvideti na ulazu i izlazu iz ekonomskog dvorišta prostoriju odnosno objekat za kontrolu prolaza u oba smera. U svrhu pojednostavljenja izvođenja ovog zadatka preporučljivo je predvideti jedan ulaz i jedan izlaz sa mogućnošću kontrole sa istog mesta.

11.1.8. Objekti za rekreaciju i zelene površine

Centar za rekreaciju

Imajući u vidu potrebu zaposlenih u smislu rekreacije u pauzi, može se predvideti jedan prostor u okviru ekonomskog dvorišta gde bi se mogle odvijati rekreativne aktivnosti ograničenog vremena trajanja. U praksi se pokazalo kao najprihvatljivije zatravnjeno igralište za mali fudbal ili odbojku.

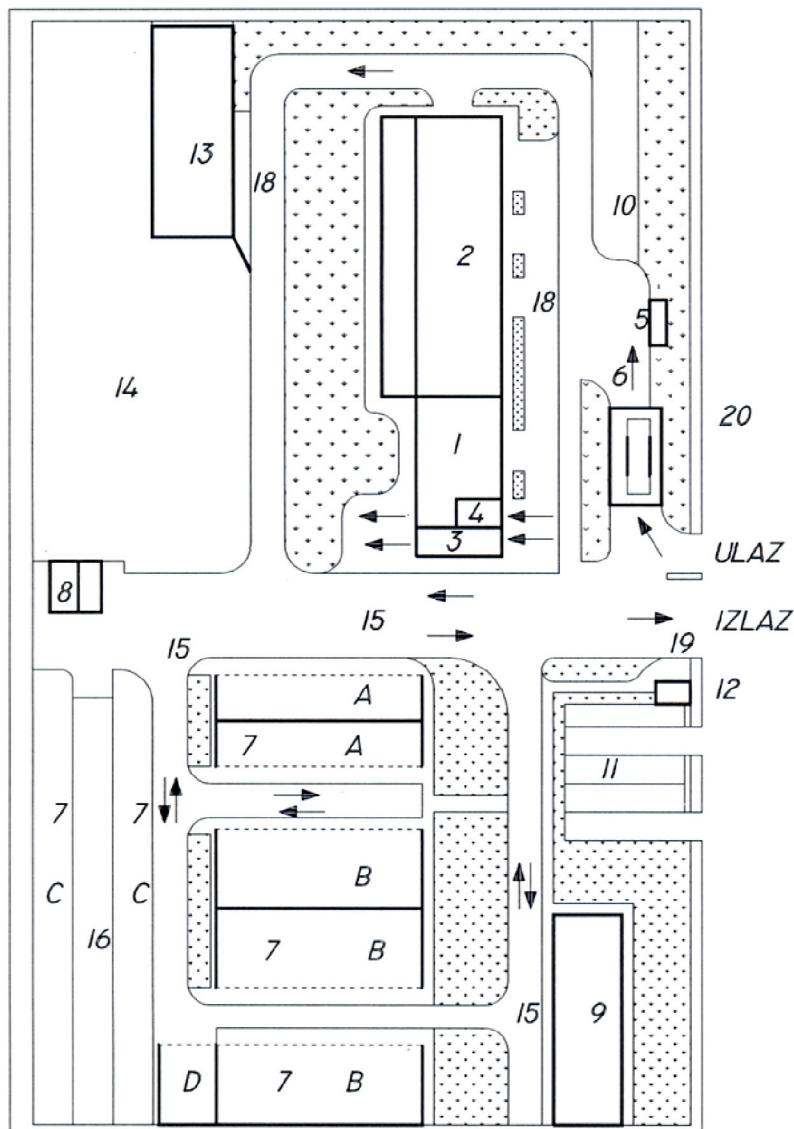
Slobodne zelene površine

Objekte ekonomskog dvorišta kao i saobraćajnice treba tako locirati da ostane slobodnih površina koje treba ozeleniti radi postizanja kako estetsko - vizuelnog efekta, tako i zbog regulacije mikroklima.

11.1.9. Topografski razmeštaj i međusobna funkcionalna povezanost objekata

Prilikom komponovanja objekata u celinu ekonomskog dvorišta neophodno je voditi računa o tehnološkoj povezanosti pojedinih objekata kao i tehnologiji odvijanja funkcije ekonomskog dvorišta. Pri tome je potrebno posebno обратити pažnju na sledeće:

- otvorena pronačina da je u neposrednoj blizini ulaza u ekonomsko dvorište,
- centar za snabdevanje gorivom da je na putu od pronačine, ulaza do prostora za smeštaj mašina na ulaznom pravcu saobraćajnice,
- parking prostor za automobile je izvan ograđenog prostora ekonomskog dvorišta,
- parking za mašine da je ispred radioničkog prostora,
- objekti za čuvanje mehanizacije da su skoncentrisani i povezani saobraćajnicama,
- objekti za održavanje radne sposobnosti mehanizacije da su u istom kompleksu u gradevinskom smislu,
- administrativno-društveni objekti izuzev portirnice takođe mogu biti u jednom kompleksu,
- svi objekti treba da su geografski tako orijentisani da je najmanje prisutan negativan uticaj dominatnih hladnih zimskih vetrova a zastakljene površine okrenute južnoj strani sveta.

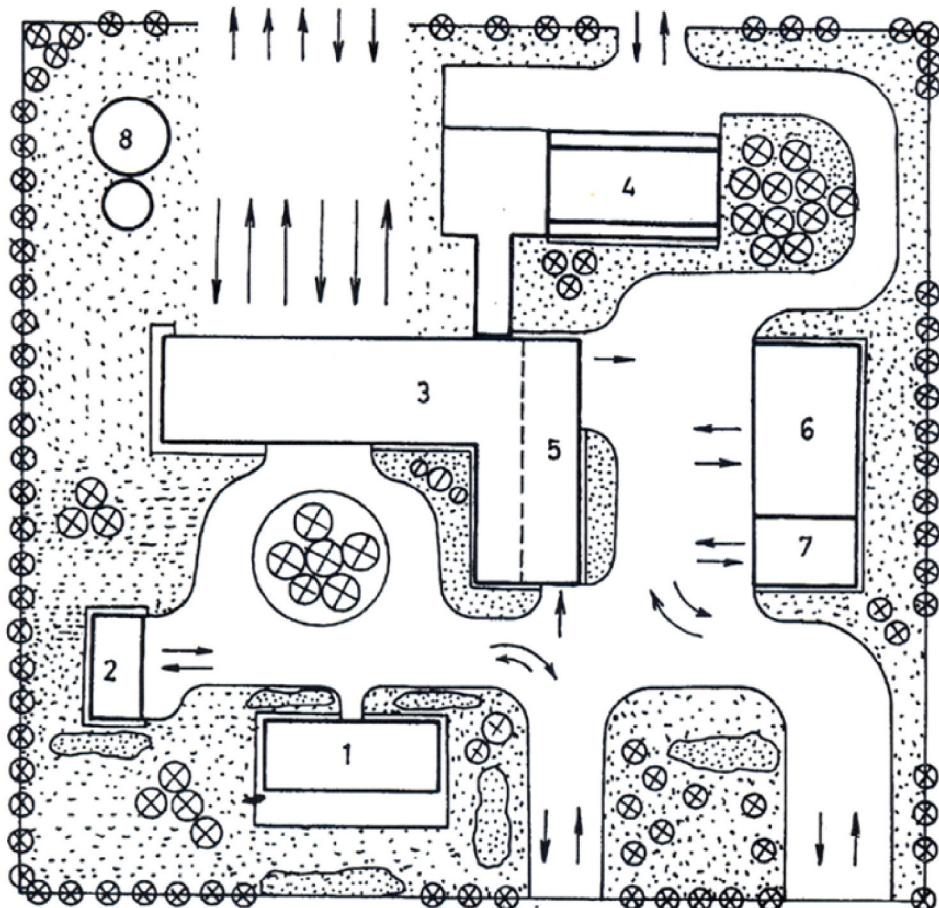


Sl. 11.19. Idejno rešenje ekonomskog dvorišta velikog poseda

1-centar za dijagnostiku i održavanje; 2-centar za opravku; 3-centar za tehnički pregled; 4-zatvorena praonica; 5-objekti za snabdevanje pogonskim gorivom i mazivom; 6-otvorena praonica; 7A-zatvorena garaža, 7B-poluzatvorene garaže, 7C-otvoreni platoi; 8-istovarna rampa; 9 i 12-administrativno-društveni objekti; 10-parking za mašine; 11-parking za automobile; 13-magacinski prostor; 14-centar za rekreaciju; 15-saobraćajnice; 16-nasut ili betoniran prostor; 17-slobodne zelene površine; 18-betonirani plato; 19-pešačka staza; 20-ograda.

11.2. EKONOMSKO DVORIŠTE MALOG POSEDA

Za potrebe manjih poseda, najčešće privatnog vlasništva, očekuje se povratak na „salaški“ tip ekonomskog dvorišta u kome bi osim izvođenja aktivnosti na tehničkoj eksploataciji bili zastupljeni objekti za uzgoj stoke kao i stambeni objekti. U ovakvoj celini će se deo za smeštaj i održavanje radne sposobnosti mašina izdiferencirati jasno od stočarskih objekata, a ove dve celine opet od stambenog dela. Komunikacija između ovih izdiferenciranih celina će biti obezbeđena u okviru jedinstvenog ekonomskog dvorišta.



Sl. 11.20. Primer ekonomskog dvorišta malog poseda

1-stambeni objekti; 2-garaža za automobile; 3-stočarski objekti; 4-silaža; 5-slama, seno; 6-garaža za mašine; 7-radionica; 8-stajnjak



a)



b)

Sl. 11.21. Tipična holandska farma

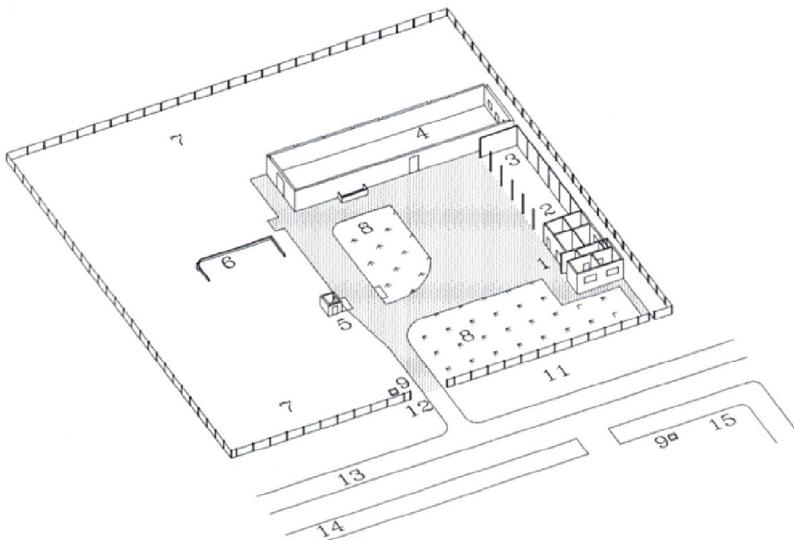
a) pogled na stambeni deo, b) satelitski snimak rasporeda prostorija

1-stambeni objekat, 2-garaža za automobile, 3-zatvorena garaža za mašine, 4-priručni magacin sa radionicom za laki remont, 5-stočarski objekat, 6-slama, seno

11.3. PRIMER REKONSTRUKCIJE EKONOMSKOG DVORISTA

Ekonomsko dvorište prikazano na slici nastalo je dogradnjom novih objekata na već postojećoj lokaciji. Pri tome su uočeni nedostaci koje je potrebno rekonstrukcijom eliminisati, a to su:

- Radionica se nalazi u poluzatvorenom objektu zajedno sa skladištem zrnaste robe bez ikakve pregrade. Radionica smeštena u takav objekat ne može da pruži odgovarajuće uslove za kvalitetnu opravku. Pošto se u drugoj polovini objekta obavlja pretovar zrnaste robe privatnih lica u objektu je često velika gužva.
- Zelena površina u sredini otežava manevriranje mašinama.
- Otvoreni paloti (7) su neporavnati i nisu nasuti, tako da su mašine ostavljene na čistoj zemlji i često zarasle u travu. Sve to pospešuje koroziju.
- Ulagana vrata su uzana (oko 5,5 m).
- Ne postoji objekat za obezbeđenje.
- Praonica nije u okviru ekonomskog dvorišta.



Sl.11.22. Izgled ekonomskog dvorišta pre rekonstrukcije

1 - upravna zgrada; 2 - radionica; 3 - skladište robe; 4 - magacin delova i materijala; 5 - vaga; 6 - pumpa; 7 - otvoreni platoi; 8 - zelene površine; 9 - hidrant; 10 - ulaz za radnike; 11 - parking; 12 - ulaz za mašine; 13 - put; 14 - kanal; 15 - praonica.

Predlog rekonstrukcije ekonomskog dvorišta dat je na slici 11.23. a sastoji se iz dva dela:

- izgradnja novih objekata i
- promene u putnoj mreži-saobraćajnicama.

Ekonomsko dvorište je uslovno podeljeno na tri manje zone:

- zona za pretovar roba iz sopstvene proizvodnje (A),
- zona za pretovar roba iz privatnog sektora (nastrešnica kod upravne zgrade i površina ispred nje),
- zona za održavanje i parkiranje mašinskog parka.

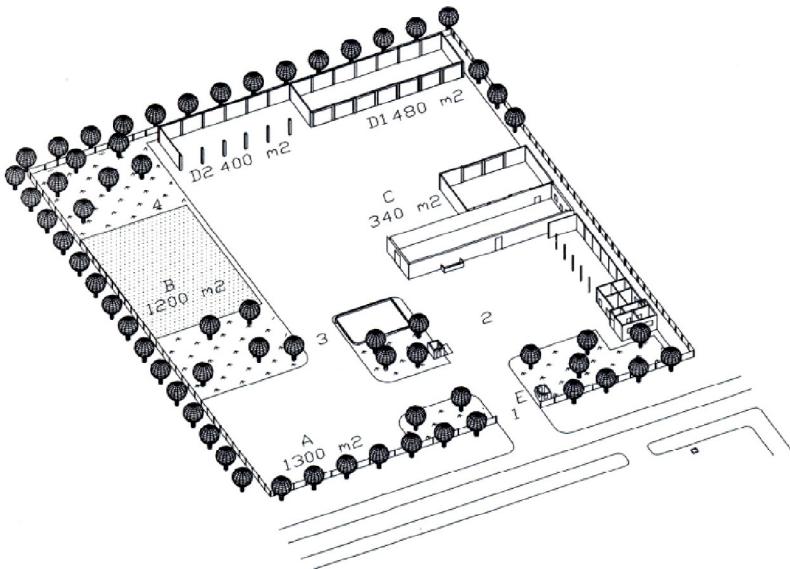
Prva zona (A) je locirana levo od ulaza i ima površinu od 910 m^2 . Predviđeno je

kretanje transportnog sredstva od ulaza prema vagi a zatim oko pumpe, novim putem (3) do mesta istovara, a zatim kroz kapiju van dvorišta. Postavljanjem pretvarne površine na ovo mesto postiže se njeni nesmetano širenje u desno radi kasnijih rekonstrukcija.

Zona za pretovar roba iz privatnog sektora je postavljena u staroj nastrešnici kod upravne zgrade i betonskoj pisti ispred nje. Uklonjena zelana površina i rupa od stare vase (2) daju veću površinu ispred nastešnice te na taj način je omogućeno lakše manevriranje transportnih sredstava. Predviđeno je da se transportno sredstvo kreće od kapije ka vagi, zatim u nastrešnicu i nazad kroz kapiju.

Zona za održavanje radne ispravnosti mašina i parkiranje smeštena je u zadnjem delu dvorišta iza magacina. U ovom predlogu predviđeno je pomeranje ograde (4) za 40 m prema ataru od sadašnje granice. Na taj način se dobija dovoljno prostora za izgradnju radionice (C) površine oko 340 m^2 ($24 \times 15 \times 5$). Radionica se zadnjim zidom naslanja na magacin te se tako koristi postojeći zid i omogućena je komunikacija između radionice i postojećeg magacina rezervnih delova.

Nasuprot radionice, duž zadnje strane ograde predviđena je izgradnja zatvorenog (D1) i poluzatvorenog (D2) smeštajnog prostora za mašine. Rastojanje između radionice i smeštajnog prostora je 35 metara što omogućava slobodno manevriranje pri parkiranju i postavljanje mašina za opravku ispred radionice.



Sl.11.23. Predlog rekonstrukcije ekonomskog dvorišta

A - Pretovarna površina za sopstvenu robu; B – Parking; C – Radionica; D1 - Zatvoreni smeštajni prostor; D2 - Poluzatvoreni smeštajni prostor; E – Portirnica; 1 - Proširena kapija 12 m; 2 - Uklonjena zelena površina; 3 - Novi put oko pumpe za gorivo; 4 - Pomeranje ograde za 40 m.

Pozicija B na skici je predviđena za parking. Podloga bi trebala biti od tucanika. Ukoliko bi došlo do proširenja zone A bilo bi omogućeno i proširenje parkinga i smeštajnog prostora.

Od novih objekata predviđena je izgradnja portirnice pored kapije. Kod putne mreže prva promena je proširenje ulaza u ekonomsko dvorište na 12 m (pozicija 1 na skici). Oko pumpe je predviđen novi put (3) širine 12 m koji ide prema pretovarnoj zoni.

11.4. ZAŠTITA NA RADU

U ovom delu se daju preporuke za zaštitu na radu u ekonomskom dvorištu, kao i preporuke kojih bi se trebalo pridržavati prilikom projektovanja ekonomskog dvorišta.

- Raspored objekata kao i pomoćnih odelenja u okviru ekonomskog dvorišta mora biti usaglašen sa tehnologijom rada,
- Ekonomsko dvorište mora biti ograđeno a ulaz i izlaz moraju biti pod kontrolom.
- Prolaz radnika kroz kapiju za prolaz mehanizacije je zabranjen. Za prolaz radnika mora biti obezbeđen poseban ulaz.
- Površina ekonomskog dvorišta mora biti ravna sa regulisanim odvodom atmosferskih padavina.
- U krugu ekonomskog dvorišta moraju biti saobraćajnice za prolaz sredstava mehanizacije i pešačke staze.
- Kod jednosmernog toka saobraćaja širina saobraćajnica mora biti za 1,5 m šira od najšire mašine a kod dvosmernog toka saobraćaja za 2 m od dvostrukе širine najšire mašine. Širina pešačkih staza mora iznositi najmanje 0,9 m.
- Saobraćajnice i pešačke staze moraju imati tvrdi prekriv sa mogućnošću održavanja čistoće i čišćenja snega.
- U slučaju prelaska saobraćajnica i pešačkih staza preko kanala isti se obezbeđuje mostovima sa svetlo obojenom ogradiom a noću moraju biti osvetljeni.
- Saobraćaj u krugu ekonomskog dvorišta mora biti regulisan saobraćajnom signalizacijom u skladu sa propisima za javni saobraćaj.
- Površine predviđene za smeštaj mašina moraju biti uz saobraćajnice.
- Podloga objekata za smeštaj mašina mora imati tvrdi prekriv (osim za specifične mašine kojima su moguća oštećenja radnih organa pri kretanju na tvrdoj podlozi) sa blagim padom ka odvodnoj kanalizaciji.
- Za čuvanje kabastog materijala, delova mašina i otpisanih mašina mora biti predviđena posebna površina.
- Zabranjeno je skladištenje materijala i zaustavljanje mašina u zonama visokonaponskih vodova bez saglasnosti organizacije koja vrši eksploraciju istih.
- Krug dvorišta se mora držati čistim. Ostaci blata i drugih nečistoća se moraju odmah ukloniti sa saobraćajnica i pešačkih staza, kao i površina za smeštaj mašina.
- Ekonomsko dvorište, a naročito mesta namenjena kretanju ljudi i mašina, proizvodni objekti, objekti za smeštaj mašina, pomoćna odelenja, kao i druga mesta na kojima se obavlja rad moraju biti osvetljena.

12. | EVIDENCIJA U MAŠINSKOM PARKU

U cilju povećanja prinosa koje je direktno zavisno od blagovremeno obavljenih radova, ulazu se veliki napor i sredstva u nabavku novih, savremenih, visokoproduktivnih mašina koje su istovremeno i veoma skupe.

Finansijski rezultati poljoprivredne proizvodnje u današnjim uslovima značajno zavise od izbora, korišćenja i pouzdanosti mehanizacije, kao i od motivisanosti svih subjekata vezanih za proizrodnju.

Izbor mehanizacije, način korišćenja i pouzdanosti za date uslove vrši se na bazi ispitivanja i praćenja rada mehanizacije u svom životnom periodu.

Motivisanost izvršilaca se vrši pozitivnom stimulacijom kroz nagrađivanje a što se može postići samo kompleksnim evidentiranjem svih aktivnosti i postignutih efekata. Za uspešno praćenje rada mašina kako pogonskih tako i priključnih, neophodno je voditi evidenciju o svim elementima koji su značajni za ocenu rada maštine sa tehničkog, tehnološkog i ekonomskog aspekta.

Evidencija mašinskog parka može se grupisati u sledeće celine:

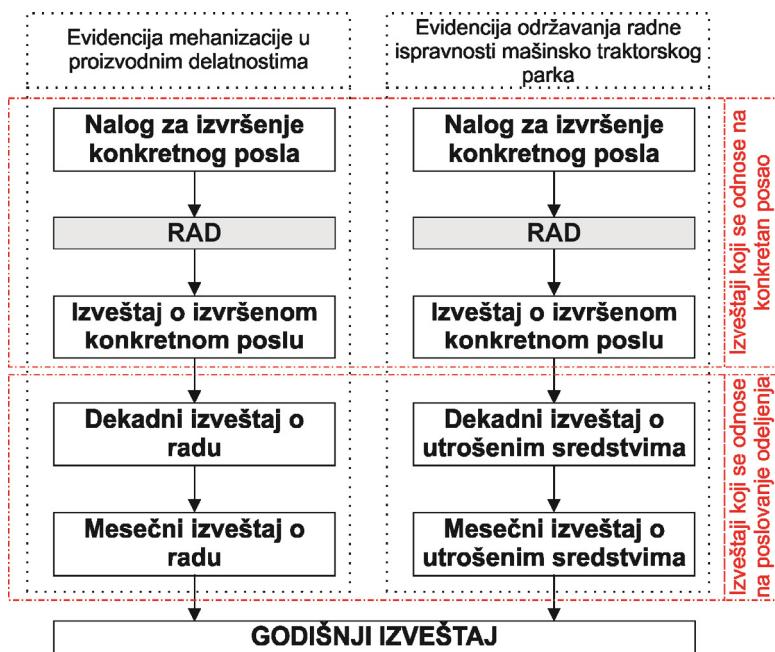
- **Evidencija u vidu „nalog“** (Ovaj deo evidencije ima za cilj da izvršiocu ili odeljenju prenese potrebu za izvršenjem nekog radnog zadatka. Pri tome mora biti isti jednoznačno definisan sa svim potrebnim elementima koji će uputiti na kvalitetno obavljanje radnog zadatka.)
- **Izvorna evidencija „izveštaj“** (Po obavljenom poslu izvršilac piše izveštaj o svom radu shodno datom nalogu za rad. U izveštaju moraju biti uneti svi traženi elementi sa najvećom preciznošću i objektivnošću. Ovaj deo evidencije predstavlja polaznu tačku za sve dalje analize, zaključke i konačno za nagrađivanje. Na bazi ovih elemenata daje se ocena o podobnosti maštine, proizvodnosti, rentabilnosti itd. Ukoliko je ovaj deo evidencije popunjeno pravilno i tačno, sigurno je da će svi kasniji zaključci doneseni na bazi analiza biti realni. Ovo navodi na zaključak da je neophodno sprovesti obuku celokupnog kadra koji će posredno ili neposredno biti uključen u realizaciju evidencije.)
- **periodične analize** (Ovaj deo evidencije predstavlja presek obavljenih poslova i efekata maštine i izvršilaca za neki period. Taj period može biti dekada, mesec i godina. Elementi sadržani u ovom delu evidencije dati u vidu sumarnih rezultata mogu da posluže za dalje matematičke analize koje su veoma važne i na bazi kojih sa mogu donositi pouzdane odluke.)
- **tehnička dokumentacija** (Tehnička dokumentacija predstavlja deo evidencije koja je data u vidu „tehničkog normativa“. Naime, u toj evidenciji su dati normativi i uputstva na bazi kojih se moraju izvoditi određeni poslovi ili postupci.)

Elementi dati u obrascima evidencije (objektivno i precizno ispunjeni) u vidu

izveštaja, periodičnih pregleda itd. mogu se koristiti za:

- Analizu tehničke pouzdanosti,
- Analizu tehnološke pouzdanosti,
- Koeficijenat iskorišćenja vremena u smeni,
- Koeficijenat smenosti,
- Koeficijenat iskorišćenja ukupnog vremena,
- Analizu proizvodnosti,
- Analizu troškova,
- Analizu cene koštanja rada,
- Prognozu veka trajanja,
- Realizaciju tempa održavanja,
- Koeficijenat pouzdanosti s obzirom na održavanje,
- Koeficijenat pouzdanosti s obzirom na remont,
- Analizu potrebnog broja mašina,
- Analizu potrebnog broja izvršilaca, opreme, objekata,
- Analizu energetskog bilansa za održavanje i remont...

Evidencija mašinskog parka sastoji se iz dva dela. Prvi deo je evidencija o mašini i izvršiocima u proizvodnji, a drugi o mašinama i izvršiocima na operacijama opravke i održavanja. Sve započinje sa radnim nalozima, a nastavlja se dekadnim i mesečnim izveštajima zasebno, a zatim se objedinjuju u godišnjem izveštaju.

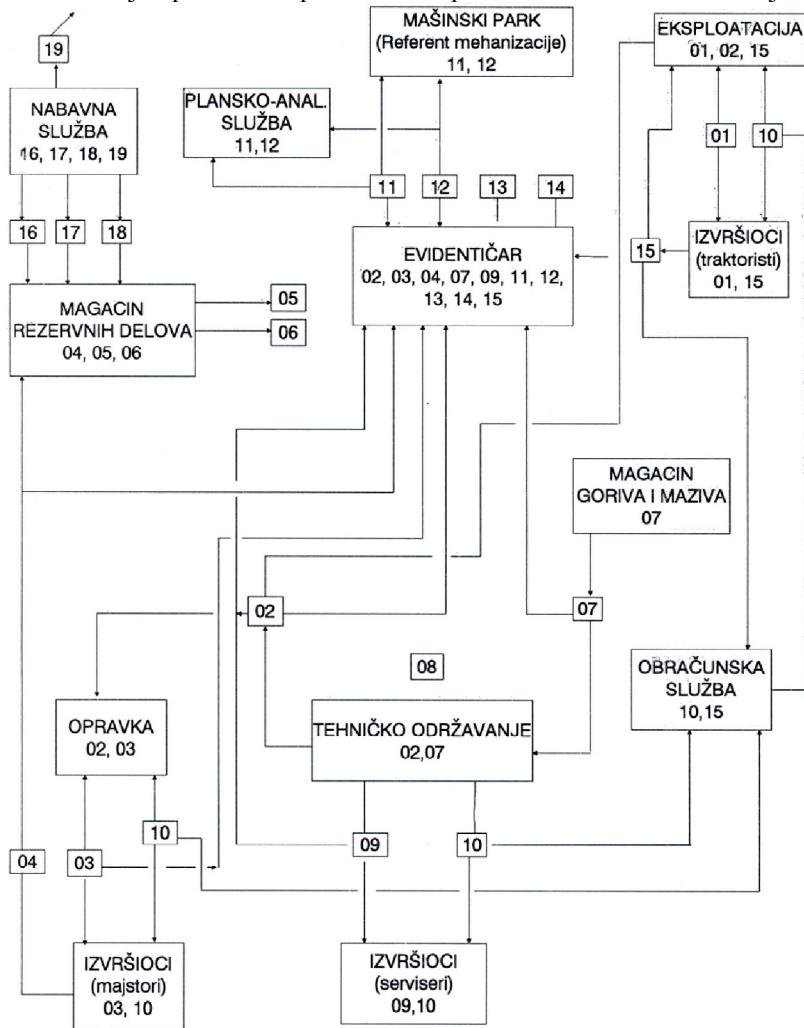


Sl.12.1. Šematski prikaz strukture evidencije

12.1. ZAHTEV ZA IZVRŠENJE OPRAVKE ILI PRIPREMU MAŠINE

Imajući u vidu mogućnost nastanka kvara na mašini, nameće se potreba njigovog otklanjanja po dinamici kako to zahteva tehnološki proces. Ukoliko do kvara dođe za

vreme obavljanja tehnološkog procesa, mašinu je potrebno ili uputiti u radionicu ili pozvati iz radionice izvršioca da se kvar otkloni. U oba slučaja neophodno je napisati „Zahtev za izvršenje opravke“ sa preciziranim potrebnim rokom za izvršenje iste.



Sl. 12.2. Blok šema kretanja dokumentacije

01-Radni nalog, 02-Zahtev za izvršenje opravke ili pripreme maštne, 03-Radni nalog za opravku i izveštaj o radu, 04-Defektaciona lista, 05-Magacinska kartica, 06-Karton maštne, 07-Dnevna knjiga izdavanja goriva i maziva, 08-Evidencija potrošnje goriva, 09-Radni nalog za TO i izveštaj, 10-Mesečni izveštaj o radu izvrsioca, 11-Mesečni izveštaj opravke traktora-maštne, 12-Mesečni izveštaj potrošnje goriva TO i opravki, 13-Godišnji efekat traktora-maštne, 14-Eksploracioni efekti traktora-maštne, 15-Izveštaj o izvršenom radu, 16-Nalog magacinu da primi, 17-Nalog magacinu da izda, 18-Trebovanje, 19-Porudžbenica

Sem navedenog kvar se može uočiti i u toku izvođenja tehničkog održavanja mašine, kada se, takođe, piše ovaj obrazac. U tom slučaju se opravka može obaviti, ukoliko to vreme i mogućnosti dozvoljavaju i u samom centru za tehničko održavanje, pri čemu ta opravka ne sme da tereti troškove održavanja.

Isti obrazac ima značaja za proces planiranja rada u radionicama za opravku s obzirom da se obrazac može koristiti i za komuniciranje između tehnologa ratarstva ili stočarstva i radionice, a u cilju blagovremene pripreme mašina i agregata za obavljanje operacija u predviđenom agrotehničkom roku.

Potrebno je predvideti štampanje obrasca u bloku formata B-5. Dve strane čine jedan „zahtev za izvršenje opravke“ (original i jedna kopija). U slučaju nastanka kvara na terenu obrazac popunjava poslovoda ratarstva i kopiju daje rukovaocu koji je zajedno sa poslovođom ratarstva potpisao i rukovalac odnosi mašinu u radionicu i predaje poslovodi radionice uz potpis i upisivanje vremena prijema.

U rubrici „izvršiti“ upisati uopšteno koji deo mašine ili agregata je neophodno opraviti a dalje taksativno nabrojati bliže uočene nedostatke i nepravilnosti u radu.

Po prispeću „Zahteva za izvršenje opravke“ u radioniku, poslovoda radionice otvara „Radni nalog za opravku i izveštaj“. Svakako da pri otvaranju treba u obrazac upisati podatke koji će jednoznačno definisati posao koji treba da se obavi. Nakon otvaranja „Radnog naloga za opravku i izveštaja o radu“ isti se uručuje izvršiocu pri čemu se registruju datum i čas prijema naloga.

Ako iz bilo kojih razloga nastane prekid u radu na mašini (nedostatak rezervnih delova, hitna intervencija na drugoj mašini ili slično), upisuje se vreme prekida rada i kasnije vreme nastavka rada.

Nakon izvršenog posla ili na kraju obračunskog perioda „Radni nalog za opravku i izveštaj o radu“ se zaključuje upisivanjem utrošenog vreme na pojedinim operacijama i jedan primerak ostaje poslovodi, drugi se predaje evidentičaru na obradu, a treći u obračunsku službu.

Za vreme aktivnosti na obavljanju radnog zadatka obrazac se nalazi kod izvršioca odložen u pogodnoj PVC fascikli.

Pri zaključivanju obrasca isti potpisuje poslovoda i izvršilac.

12.2. DEFEKTACINA LISTA

Nakon otvaranja „Radnog naloga za opravku i izveštaj o radu“ potrebno je utvrditi koje elemente agregata ili pak aggregate treba u procesu opravke zameniti novim ili pak opraviti i ponovo ugraditi. To utvrđivanje - defektaciju obavlja poslovoda radionice u saradnji sa izvršiocima što se registruje u „Defektacionoj listi“.

Formiranu „Defektacionu listu“ potpisuje poslovoda radionice i izvršilac i dva primerka se predaju magpcioneru.

Magpcioner izdaje delove i materijal sa spiska pri čemu izvršilac, koji će raditi na tom radnom zadatku za koji uzima delove, potpisuje za svaku stavku da je primio. U slučaju da u magacinu nema svih delova ili materijala koji je predviđen

„Defektacionom listom“ čeka se nabavka, nakon koje se ponovo vrši izdavanje pri čemu je obrazac sve vreme kod magacionera. Nakon završenog posla po kom je formirana „Defektaciona lista“ i eventualnog vraćanja viška izdatih delava ili materijala, obrazac se zaključuje potpisom magacionera i upućivanjem jednog primerka evidentičaru dok drugi ostaje u magacinskoj arhivi. Obavezno upisati na svaki „Defektacioni list“ po kom broju „Naloga za izvršenje opravke i izveštaja o radu“ je formiran.

12.3. MAGACINSKA KARTICA

Radi tačnog uvida u stanje magacina, neophodno je za svaki deo u magacinu voditi „Magacinsku karticu“.

Evidenciju kartica vodi magpcioner koji odgovara za tačnost unetih podataka.

Osim magpcionera tehničkog magacina istu „Magacinsku karticu“ vodi i magpcioner goriva i maziva s tom razlikom što u kartici ne upisuje pojedinačno već dnevno izdavanje.

Predviđano je da se koristi takozvani min-max sistem što znači da kada za jednu poziciju stanje spadne na vrednost predviđenu kao „minimalno“ odmah treba preduzeti mere kod nabavne službe da se popuni do vrednosti predviđene za „maksimalno“ stanje.

12.4. KARTON MAŠINE

Za potrebe lakše i detaljnije analize svake mašine pojedinačno, sa stanovišta pouzdanosti u radu, kao i zbog lakšeg sagledavanja potreba za rezervnim delovima, potrebno je na jednom mestu evidentirati utrošak delova po svakoj mašini.

Pogodan oblik ovakvog evidentiranja bi bio „Karton mašine“.

Za vođenje „Kartona mašine“ zadužen je magpcioner, što bi ostvario odmah nakon zaključenja „Defektacione liste“.

Utrošene delove treba razvrstati po pripadajućim mehaniznuma.

12.5. DNEVNA KNJIGA IZDAVANJA GORIVA I MAZIVA

Izdavanje goriva se isključivo vrši od strane magpcionera goriva i maziva preko merača uz evidentiranje u „Dnevnoj knjizi izdavanja goriva i maziva“.

U opštem slučaju potrebno je otvoriti dve knjige pri čemu bi jedna bila na pumpi (kod magpcionera goriva i maziva), a druga kod pokretne cisterne za punjenje na terenu (obavezno uz merač).

Dan u knjizi počinje novim listom te nakon završenog izdavanja za jedan dan svi listovi pripadajućeg dana se vade u dva primerka i jedan primerak se upućuje evidentičaru (original) a drugi primerak poslovođi servisa (kopija) dok jedan primerak (kopija) ostaje u knjizi kod magpcionera goriva i maziva. Pre uručivanja vrši se potpisivanje od strane magpcionera goriva i maziva. Predaja evidencije utrošenog goriva bi trebalo da se izvrši ujutro za prethodni dan.

12.6. EVIDENCIJA POTROŠNJE GORIVA MAŠINE

Zbog potrebe tačnog praćenja potrošnje goriva za svaku mašinu, u cilju određivanja momenta izvođenja određenog stepena tehničkog održavanja, neophodno je u službi za tehničko održavanje formirati takvu evidenciju. U službi za tehničko održavanje poslovođa otvara karton „Evidencija potrošnje goriva“ za svaku pogonsku mašinu.

Radni nalog za tehničko održavanje i izveštaj

12.7. RADNOG NALOGA ZA OPRAVKU I IZVEŠTAJ

Shodno napred rečenom u vezi „Radnog naloga za opravku i izveštaj“ i ovaj obrazac ima istu svrhu i slično se vodi. „Radni nalog za TO i izveštaj“ otvara poslovođa servisa u trenutku kada na osnovu „Evidencije potrošnje goriva“ (ukoliko se ritam izvođenja tehničkog održavanja određuje na bazi utrošene količine goriva) ustanovi da je ispunjen uslov potrošene količine goriva predviđene za obavljanje određenog stepena održavanja.

Radni nalog ima tri stranice koje čine jedan komplet (original i dve kopije). Original ostaje u bloku, jedna kopija se uručuje izvršiocu do završetka posla. Nakon obavljenog radnog zadatka popunjava se obrazac sa podacima o utrošenom vremenu i materijalu.

Jedan primerak zaključenog obrasca upućuje se evidentičaru (original) dok jedna kopija ostaje poslovođi servisa, a druga kopija se daje obračunskoj službi. Prethodno se potpisuje od strane poslovođe i izvršioca.

12.8. MESEČNI IZVEŠTAJ O RADU IZVRŠIOCA

Na kraju obračunskog perioda a na osnovu „Izveštaja o radu“, „Radnih naloga za tehničko održavanje i izveštaja“ poslovođe popunjavaju „Mesečni izveštaj o radu izvršioca“ za svakog izvršioca u svojoj grupi. Ovaj obrazac je osnov za isplatu ličnog dohotka zaposlenih.

I ovaj izveštaj se štampa u tri primerka (original i dve kopije).

Nakon popunjavanja potpisuju ga poslovođa, izvršilac i referent. Original se uručuje izvršiocu, jedna kopija ostaje poslovođi a druga kopija se upućuje obračunskoj službi.

12.9. MESEČNI IZVEŠTAJ O RADU TRAKTORA-MAŠINE

Na osnovu pojedinačnih izveštaja o radu formira se mesečni izveštaj. Isti formira evidentičar unoseći podatke po dekadama, za svaku mašinu koja je u tom periodu bila u eksploraciji. Tri stranice čine jedan izveštaj za svaku mašinu (original i dve kopije).

Nakon završetka meseca i prispeća izvornih podataka, evidentičar zaključuje podatke za sve tri dekade. Ukoliko nije pri izvođenju neke operacije moguće odvojiti aktivnosti po dekadama, treba upisati vrednosti za ceo mesec. U praznim rubrikama ispod naziva „vrsta rada“ upisuje se konkretan rad (oranje 30 cm, setva soje, transport pšenice,...) i jedinica rada (ha, t, km, mh,...).

Po zaključenju „Mesečnog izveštaja o radu traktora-mašina“ isti se upućuje rukovodiocu mehanizacije, plansko analitičkoj službi, dok treći primerak zadržava evidentičar.

12.10. MESEČNI IZVEŠTAJ POTROŠNJE GORIVA, TEHNIČKOG ODRŽAVANJA I OPRAVKE

Vodi se shodno napred rečenom u vezi „Mesečnog izveštaja o radu traktora-mašine“. Popunjava evidentičar na osnovu prispelih izvornih podataka po dekadama. Svaki izveštaj sačinjava tri stranice (original i dve kopije). Nakon zaključenja original ostaje evidentičaru, jedna kopija se daje rukovaocu mehanizacija a druga upućuje plansko-analitičkoj službi.

Periodične analize, kao deo evidencije, predstavljaju presek obavljenih poslova i efekata mašine. Taj period može biti dekada, mesec i godina. Elementi sadržani u ovom delu evidencije dati u vidu sumarnih rezultata mogu da posluže za dalje matematičke analize na bazi kojih se mogu donositi pouzdane odluke. Tako npr. podaci o potrošnji goriva iz mesečnog izveštaja, sumarno za ceo mašinski park, mogu poslužiti za kasnije planiranje dinamike nabavke goriva. Takođe, podaci o potrošnji jednog traktora se prate duže vreme i na osnovu njih se mogu izvući neki zaključci o njegovom stanju (povećana potrošnja goriva u prethodnom periodu može ukazati na poremećaj u radu motora, povećane otpore pri radu priključnih mašina usled prekomerne pohabanosti elemenata i sl.).

12.11. GODIŠNJI EFEKAT TRAKTORA-MAŠINE

U cilju analiziranja efekata rada traktora-mašine potrebno je sumirati kako učinak mašine, tako i troškove iste vezane za održavanje i opravke. Elementi za analizu nalaze se u izvornim podacima-izveštajima kao i delimično obrađeni u mesečnim izveštajima te ih treba uvrstiti u godišnji izveštaj koji će omogućiti pregledno sagledavanje svih najvažnijih pokazatelja neophodnih za ocenu svake mašine posebno (pojedinačno), te uočavanje učinjenih propusta u cilju njihovih otklanjanja u narednom periodu.

Godišnje izveštaje formira evidentičar i odlaže na predviđeno mesto. Formiranje teče sukcesivno iz meseca u mesec tako da se odmah po završetku poslednjeg meseca u godini dobija gotov i godišnji izveštaj. Nesumnjivo velike koristi treba očekivati između ostalog i za pravilno planiranje troškova rada mehanizacije kao i planiranje kritičnih perioda u eksploataciji iste.

12.12. EKSPLOATACIONI EFEKTI - RADNI VEK

Tokom eksploatacije mašina prolazi određene faze sa nejednakim potrebama ka održavanju i opravkama. U cilju sagledavanja troškova u pojedinim fazama životnog veka mašine te kasnijoj mogućnosti predviđanja, potrebno je voditi evidenciju o mašini tokom čitavog veka eksploatacije. To daje mogućnost korisniku da se kasnije lakše opredeli za kupovinu određenog tipa mašine, kao i određivanje momenta kada prestaje da bude ista rentabilna sa stanovišta upoređenja efekata i troškova odnosno ulaganja u nju.

12.13. IZVEŠTAJ O IZVRŠENOM RADU

Predviđeno je da se u „Izveštaj o izvršenom radu“ evidentira kako rad izvršioca, tako i rad mašine. To znači da on ima dvostruku ulogu i osnova je za praćenje rada svake pojedinačne mašine sa stanovišta ostvarenih efekata u proizvodnji, kao i za obračun zarada izvršilaca.

Popunjavanje „Izveštaja o izvršenom radu“ vrši poslovođa ratarstva u saradnji sa izvršiocem. Popunjten obrazac potpisuje poslovođa ratarstva, izvršilac i referent proizvodnje. Svaki „Izveštaj o izvršenom radu“ ima svoj broj i broj „Radnog naloga“ po kome je posao obavljen.

Original obrasca se daje izvršiocu, jedna kopija ostaje u bloku, druga se upućuje evidencičaru, a treća obračunskom odeljenju. U donjem delu obrasca se nalazi prostor za upisivanje izvršene kontrole parametara. Kontrolu parametara vrši poslovođa ratarstva.

12.14. NALOG MAGACINU DA PRIMI

Koristiti standardne obrasce. Vodi se u magacinu i popunjava se kad stigne roba u magacin. Potpisuje magacioner.

12.15. NALOG MAGACINU DA IZDA

Koristiti standardne obrasce. Vodi se u magacinu. Upisuju se svi delovi i materijal koji se izdaje u toku nedelju dana. Potpisuje magaciner.

12.16. PORUDŽBENICA

Koristiti standardne obrasce. Popunjava se u nabavnoj službi na osnovu „Trebovanja“ i na osnovu nje vrši se nabavka rezervnih dalova i materijala.

NAPOMENA: Za vođenje evidencije u mašinskom parku potrebno je izraditi jedinstveno informatičko rešenje (softver) na nivou ekonomije koje će omogućiti jednostavno praćenje rada različitih službi u okviru ekonomskog dvorišta. Preporučuje se da svaka mašina ima jedinstven „kod“ (najjednostavnije rešenje je primena bar-kod sistema i primena čitača bar kodova). Automatska evidencija stanja i poslovanja obuhvata sledeće:

- uvođenje bar kod čitača za evidenciju stanja, ulaza u magacin i izlaza iz magacina,
- instalacija WLAN mreže za komunikaciju između bar-kod čitača i baznih stanica,
- implementacija informacija u jedinstvenu bazu podataka,
- obeležavanje pozicija u magacinima radi organizacije redosleda ulaska i izlaska materijala,
- automatsko štampanje nalepnica sa bar kodovima i izdavanje otpremnica,
- automatsko generisanje izveštaja za redovne i vanredne popise magacina,
- generisanje obaveštenja službama nabavke i prodaje u slučaju dostizanja minimalnih zaliha materijala i gotovih proizvoda u magacinima.

13. LITERATURA

1. Adamović Ž., Milutinović D., Vuković V., Milovanović R., Milenković D. Modeli tehničke dijagnostike mašina i postrojenja, Društvo za energetsku efikasnost Bosne i Hercegovine, Banja Luka, 2010.
2. Andrić J.: Ekonomika mehanizacije, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, p 64-68, 1980.
3. Ašonja A., Adamović Ž. Održavanje kotrljajnih ležajeva, Duga knjiga Sremski Karlovci, 2010.
4. Babusenko S. M.: Проектирование ремонтных предприятий, Kolos, Moskva, p 66-82, 1981.
5. Beljskih V. I.: Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов, Moskva, p 26-38, 1986.
6. Brkić D.M., Nikolić R.I.: Terminološki rečnik pouzdanosti, monografija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 2007.
7. Čala I. Uvod u održavanje opreme, predavanja (https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_12_2011_13552_1_Uvod_u_odrzavanje_opreme.pdf)
8. Dorić J., Klinar I., Simikić M. Primena savremenih materijala za izradu ventila kod motora sa unutrašnjim sagorevanjem, Traktori i pogonske mašine, Vol. 15, No2/3, 2010.
9. Duboka Č. Tehnologije održavana vozila I, Mašinski fakultet, Beograd 1992.
10. Furman T., Tot A., Oparka S.: Remont i održavanje poljoprivredne tehnike, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, p 112-165, 1993.
11. Grujić N., Trifunović M. Planiranje i realizacija aktivnosti tehničke dijagnostike, seminar Primena savremenih metoda dijagnostike u održavanju tehničkih sistema proizvodnje, Savez društava inženjera i tehničara opštine Požarevac, Požarevac, 2011.
12. Gunić N. Dijagnostika elektronskih sistema motornih vozila I deo, Beograd, 2014.
13. Hahlova L.P.: Основы проектирования сельских зданий, АгроИздатель, Moskva, p 203-233, 1990.
14. Jereminov J. Tehnička dijagnostika kao logistička podrška uvođenju savremenih strategija u održavanju, seminar Primena savremenih metoda dijagnostike u održavanju tehničkih sistema proizvodnje, Savez društava inženjera i tehničara opštine Požarevac, Požarevac, 2011.
15. Jevtić N. Dijagnostika hidrauličnog sistema pomoću akvizicije podataka, Tehnička dijagnostika, No3, 2012.
16. Kakaš D., Zlatanović M. Plazma depozicija zaštitnih prevlaka, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1994.
17. Kecojević S. Pouzdanost i održavanje, poglavje u zborniku Održavanje

- tehničkih sistema, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1984.
- 18. Keith McCord, Automotive Diagnostic Systems, CarTech Inc., 2011
 - 19. Klinar I. Tehnička eksploatacija mašina, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2006.
 - 20. Klinar I. Tehnička eksploatacija mašina, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2015.
 - 21. Kravčenko I.N., Kolomeičenko A.V., Korneev V.M., Čepurin A.V., Semešin A.L., Korenev V.N., Titov N.V., Lobačev V.N. Проектирование предпrijий технического сервиса, Модуль, Орел, 2014.
 - 22. Lazić V. Eksploatacija poljoprivredne tehnike, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 1983.
 - 23. Lučić D. Opravka motora, Tehnička knjiga Beograd, 1974.
 - 24. Majstorović V.: Problemi upravljanja održavanjem, održavanje tehničkih sistema, FTN, Novi Sad, 1984.
 - 25. Marvin I.: Praktična mogućnost vibracijske dijagnostike cilindra motora SUS, MVM, 68/69, Kragujevac, 1988.
 - 26. Michael E. Brumbach, Jeffrey A. Clade, Industrial Maintenance, Delmar Cengage Learning, USA, 2003.
 - 27. Nikolić B., Milidrag S. Motorna vozila 6, Teorija pouzdanosti u funkciji održavanja motornih vozila, Dukljanska akademija nauka i umetnosti, Podgorica, 2003.
 - 28. Nikolić R., Savin L., Furman T., Gligorić R., Tomić M., Vidaković V., Micković G. Traktori John Deere, serije 8000, 8010, 8020, 8000T, praktikum I deo, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 2002.
 - 29. Oparnica S. Dijagnostika CAN-BUSa na kombajnima John Deere, Revija agronomksa saznanja, vol. 13, No. 1-2, Novi Sad, 2003.
 - 30. Ostojić N. Autodijagnostika OBD-2, Mikroelektronika Beograd, 2007.
 - 31. Pejović P. Princip rada i primena osciloskopa, priručnik za rad u laboratoriji, Elektrotehnički fakultet Beograd, 1999.
 - 32. Pešić Z. Tehnologija održavanja motornih vozila, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2009.
 - 33. Pešić Z. Tehnologija održavanja pogonske opreme, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2009.
 - 34. Peter David, OBDII Diagnostic: Secrets Revealed, Kotzig Publishing, Incorporated, 2002.
 - 35. Petrović M.: Neke mogućnosti utvrđivanja tehničkog stanja cilindra motora, MVM, 94/95, Kragujevac, 1990.
 - 36. Petrović T. Sredstva za podmazivanje poljoprivredne mehanizacije van eksploatacije, NIS Rafinerija nafte Beograd, 1997.
 - 37. R. Keith Mobley, Lindley R. Higgins, Darrin J. Wikoff: Maintenance Engineering Handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 2008.

38. R. Keith Mobley, Maintenance Fundamentals, Elsevier Butterworth-Heinemann, USA, 2011.
39. Ramesh Gulati, Ricky Smith, Maintenance and Reliability Best Practices, Industrial Press Inc., New York, USA, 2009.
40. Rendulić S. Izbor metoda i opreme za određivanje momenta zamene motornog ulja u eksploataciji poljoprivrednih mašina, magistarski rad, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1991.
41. Ružić D. Motori SUS u praksi, Eksploracija, održavanje i remont, Mikro knjiga, Beograd 2014.
42. Ružić D. Ugradnja klipnih prstenova, Motor trim, Vol. 1 No. 4, 2003.
43. Savin L., Nikolić R., Furman T., Tomić M., Gligorić R., Valka M. Poljoprivredni traktori, Traktori Massey Ferguson, praktikum III deo, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 2003.
44. Simonović D., Ivanović M. Auto elektronika 2, kompjuterska dijagnostika, Autotehnika, Beograd 2005.
45. Stanivuković D. Tehnička dijagnostika, Održavanje tehničkih sistema, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1984.
46. Stanivuković D. Tehnička dijagnostika, poglavlje u zborniku Održavanje tehničkih sistema, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1984.
47. Stanivuković D., Kecanjević S. Tehnologije u održavanju, poglavlje u zborniku Održavanje tehničkih sistema, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1984.
48. Stanivuković D., Kecanjević S.: Efikasnost i održavanje sredstava za rad, Institut za industrijske sisteme, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, p 50-86, 1986.
49. Stojićević D. Anticipacija stanja tehničkog sistema (prognoza), seminar Primena savremenih metoda dijagnostike u održavanju tehničkih sistema proizvodnje, Savez društava inženjera i tehničara opštine Požarevac, Požarevac, 2011.
50. Stojilković M. Primena maziva, NIS a.d. Novi Sad-Beograd, 2011.
51. Tomić M. Formiranje sistema tehničkog održavanja poljoprivredne mehanizacije za potrebe naseljenog mesta, magistarski rad, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 2002.
52. Tomić M. Optimizacija remontnih kapaciteta poljoprivredne tehnike prilagođenih potrebama porodičnih gazdinstava, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 2007.
53. Varnakov V. V., Strelcov V. V., Popov V. N., Karpenkov V. F.: Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения, Kolos, Moskva, p 100-197, 2001.
54. Vasić B., Janković D., Curović D. Tehnologija održavanja vozila, Projektovanje i proračun kapaciteta za održavanje, Mašinski fakultet Beograd, 2000.
55. Vesić Ž. Dijagnostika u funkciji povećanja totalne efikasnosti, seminar Primena savremenih metoda dijagnostike u održavanju tehničkih sistema

- proizvodnje, Savez društava inženjera i tehničara opštine Požarevac, Požarevac, 2011.
- 56. Vukićević S. Skladišta, Preving, Beograd, 1995.
 - 57. Zelenović D., Todorović J.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Naučna knjiga, Beograd, p 5-17, 2004.
 - 58. Zrnić Đ. Priručnik za projektovanje radionica, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1969.
 - 59. Žosan A.A., Golovin C.I. Электронные системы управления дизелями, Издательство, Орел ГАУ, Орел, 2009.
 - 60. *** Oštećenje klipova, Uzroci i rešavanje problema, Motor Service Internacional (MSI)
 - 61. *** Tehnička dokumentacija firme AVL
 - 62. *** Tehnička dokumentacija firme Casellae
 - 63. *** Tehnička dokumentacija firme Fluke
 - 64. *** Tehnička dokumentacija firme HTC Instrumentals
 - 65. *** Tehnička dokumentacija firme Metalock Engineering
 - 66. *** Tehnička dokumentacija firme Metco
 - 67. *** Tehnička dokumentacija firme NEC
 - 68. *** Tehnička dokumentacija firme Sauter
 - 69. *** Tehnička dokumentacija firme SKF
 - 70. *** Tehnička dokumentacija firme Testo
 - 71. *** Tehnička dokumentacija firme Webtec
 - 72. *** Tehnička dokumentacija traktora Case serija MXM
 - 73. *** Tehnička dokumentacija traktora John Deere serija 8000
 - 74. *** Tehnička dokumentacija traktora MTZ 1221
 - 75. *** Tabela za identifikaciju problema, AE Federal mogul (www.fnecat.eu)

