
02// EKSPLOATACIJA MOTORA SUS

2. EKSPLOATACIJA MOTORA SUS

Motor sa unutrašnjim sagorevanjem je pogonski deo nekog agregata kojem treba njegova mehanička snaga. Celo postrojenje i uslovi okoline utiču na rad i radni vek motora, pa time oni mogu biti i uzrok mnogih poremećaja i oštećenja motora. Pri tome se misli na:

- karakteristike potrošača – gonjenog uređaja, što može biti vozilo, građevinska mašina, traktor, generator, pumpa, brod...
- sistem prenosa snage,
- pomoćne uređaje – oprema motora,
- uslove u motorskom prostoru,
- oslanjanje motora,
- način upravljanja...

Upravljanje nekim motorom mora biti u skladu sa priključenim potrošačem i uslovima rada, i za to su odgovorne osobe koje upravljaju tim agregatom, sem ako rad agregata nije automatizovan. Zavisno od priključenog gonjenog uređaja biće specifični i postupci rukovanja tim agregatom. Preporuke i napomene treba potražiti u uputstvu za upotrebu. Drugim rečima, postoje razlike u rukovanju među motorima koji pogone automobil, traktor ili brod.

UPRAVLJANJE MOTOROM

Korisnik motora – vozač, rukovalac agregatom, što može biti bilo ko, od običnog vlasnika automobila do profesionalnog vozača ili obučenog mehaničara – treba da zna sledeće:

- kako da pokrene motor,
- kako se motor koristi dok se ne zagreje na radnu temperaturu,
- kakvo gorivo treba da sipa u rezervoar,
- gde, kad i kako da kontroliše nivo eksploatacionih tečnosti: gorivo, ulje, rashladna tečnost,
- šta znače signali na komandnoj tabli,
- kako se koriste resursi motora,
- razliku između normalnog i nenormalnog rada motora i kako pravilno reagovati zavisno od situacije,
- kako se zaustavlja agregat na pravilan način...

Od uticaja na budući rad motora je i pravilno uvođenje novog ili repariranog motora u eksploataciju, tj. motor treba na odgovarajući način razraditi. Prvi start i razrada motora su obrađeni u posebnom poglavlju.

Pokretanje motora

Najopštiji postupak pre puštanja nekog motora u pokret podrazumeva nekoliko jednostavnih provera:

1. U slučaju primećenog curenja goriva, ulja ili rashladne tečnosti, odložiti startovanje motora dok se uzrok ne pronađe i otkloni.
2. Po potrebi izvršiti kontrolu nivoa ulja i rashladne tečnosti – to spada u postupke redovnog održavanja.¹
3. Proveriti nivo goriva u rezervoaru i po potrebi dosuti odgovarajuće gorivo, prema uputstvu proizvođača. Pri punjenju rezervoara gorivom ne sme u blizini biti otvoreni plamen. Rezervoar ne treba puniti više od preporučenog maksimalnog nivoa.
4. Proveriti ispravnosti pokaznih instrumenata i signalnih lampica.
5. Odvojiti gonjeni uređaj od motora (sem kad to nije moguće iz konstruktivnih razloga).
6. Proveriti da u blizini pokretnih delova i u pravcu izduvne cevi nema nikog, niti kakvih predmeta ili alata.

Navedeni postupci deluju komplikovano i suviše, ali se zapravo sve to ipak, makar i nesvesno, proveriti pre startovanja bilo kojeg motora – na primeru običnog motornog vozila sve se to desi za par sekundi pre prvog starta:

- Savremena vozila imaju pokazivanje nivoa ulja i rashladne tečnosti na komandnoj tabli kada se uključi kontakt pre startovanja motora. Takođe, vlasnik obično proverava nivo onoliko redovno koliko misli da treba ili mu neko drugi to proverava.
- Mrlja ispod vozila ukazaće na curenje nečega iz motora ili vozila.
- Pokazivač nivoa goriva je ispred očiju vozača, a lampica rezerve je lako uočljiva.
- Okretanjem ključa za kontakt, sve bitne kontrolne lampice treba da zasvetle, u svrhu provere njihove ispravnosti. Kod nekih vozila i kazaljke instrumenata reaguju na uključivanje kontakta.
- Spojnica je isključena u trenutku startovanja ili je menjač u neutralnom položaju.

¹ Motor koji radi 10–12 sati bez prestanka, i kad je ispravan, može potrošiti toliko ulja da nivo padne ispod minimuma.

Način startovanja zavisi od konstrukcije motora i njegove namene: pomoću elektromotora, rukom, nogom, sabijenim vazduhom, drugim motorom i sl.

Čim motor prihvati rad, treba da su ugašene sve lampice upozorenja, na prvom mestu indikacija nedovoljnog pritiska ulja i nedovoljnog punjenja akumulatora. Ukoliko bilo koja od lampica nastavi da sija posle startovanja motora, ili se upali tokom rada, motor se mora ODMAH zaustaviti pa potražiti uzrok aktiviranja signalizacije. Isto važi i za slučaj da pokazni instrumenti pokazuju neodgovarajuće vrednosti za dati režim rada motora. Još uvek postoji određeni broj korisnika koji ne ume da tumači pokazivanje instrumenata, osim onog za nivo goriva. Takođe, tu su i oni koji ne znaju da kada se aktivira bilo koja lampica crvene boje to znači da motor treba odmah zaustaviti.

Osim neispravnosti startnog uređaja, kada će start biti otežan ili nemoguć, kod problema pri pokretanju motora uzroci leže u faktorima koji utiču na formiranje smeše i na proces sagorevanja.

Hladan start

Pod pojmom hladan start podrazumeva se pokretanje i rad motora u uslovima kada mu delovi i radni fluidi nisu na radnoj temperaturi, tj. kada imaju temperaturu ambijenta. Zazori, karakteristike uljnog filma, proces sagorevanja, strujanje gasova, sve je to projektovano za rad na nekoj nominalnoj temperaturi motora. Dakle, situacija je drugačija kada elementi motora imaju temperaturu okoline, u odnosu na uslove kada su zagrejani na svoju normalnu temperaturu. Takođe se zagrevanje i promena temperatura delova odvija različitim brzinom. Najbrže se zagreva čelo klipa i sam klip, dok cilindri još uvek ostaju hladniji, kao i sam uljni film. Kod dizel motora, kada je motor hladan, postoji duža zadržka pre samopaljenja goriva jer u procesu sabijanja hladni zidovi cilindra apsorbuju mnogo toplote od vazduha, pa temperatura dostignuta na početku ubrizgavanja nije dovoljna da odmah izazove paljenje ubrizganog goriva kao što je to kod zagrejanog motora. To znači da je proces sagorevanja daleko od optimalnog, a da su pokretni elementi motora izloženi nepovoljnim opterećenjima.

Zagrevanje rashladne tečnosti ubrzava se time što joj termostat ne dozvoljava da struji kroz hladnjak, ali i za to je potrebno nekoliko minuta. Pravi povoljni uslovi za rad elemenata motora nastaju tek kada i ulje dostigne radnu temperaturu (preko 60 °C). Ulje se zagreva relativno sporo, a dok je ulje hladno, tečljivost mu je slaba. Samim tim se ulje ne rasprskava dobro i ne može dospeti svuda gde je poželjno. Visok pritisak

ulja koji se u motoru postiže kad je ulje hladno, uopšte ne znači da je podmazivanje dobro. Naprotiv. Visok pritisak je posledica toga što ulje ne može da protiče jednako lako kao kada je zagrejano. Kada je na svojoj radnoj temperaturi, ulje teče kao voda.

Prema podacima proizvođača maziva *Liqui-Moly*, nakon starta na 0 °C, da bi stiglo do najudaljenijeg mesta za podmazivanje, sintetičkom ulju viskoznosti 0W-30 treba ispod 5 sekundi, hidrokrekovanom ulju (gradacije viskoznosti 5W-40) duplo više, dok mineralnom (15W-40) ili polusintetičkom ulju (10W-40) za to treba oko 20 sekundi. Zbog viskoznosti hladnog ulja, ono teško protiče kroz filtrirajući materijal filtera za ulje. Zato svaki filter za ulje postavljen na glavnom vodu sistema za podmazivanje ima bajpas ventil koji će se otvoriti ukoliko je pritisak preko određene vrednosti. Time se omogućava da ulje ipak stigne do mesta za podmazivanje, iako nepročišćeno.

Hladan start je sličan razrađivanju motora, samo što se period potreban za zagrevanje meri minutima. Prema tome, ono što nije dobro za razradu motora, nije dobro ni u zagrevanju hladnog motora.

Na prvom mestu, rad na praznom hodu neopterećenog motora, zbog lošijeg procesa sagorevanja, dovodi do toga da nesagorelo gorivo rastvara uljni film i dospjeva u ulje, a i sastav izduvnih gasova je nepovoljan. Motor se sporije greje kada nije opterećen, produvanje pored klipnih prstenova je veliko jer nema dovoljnog pritiska gasova u cilindru. Zato opterećenje treba da je umereno dok motor ne dostigne radnu temperaturu.

Nasuprot tome, ne sme se vršiti ni prekomerno opterećivanje motora dok je hladan. Tako se intenzivno zagrevaju klipovi, uslovno rečeno pregrevaju, dok su ostale površine hladne. Zajedno sa nepotpunim procesom sagorevanja, moguć je prekid uljnog filma na zidu cilindra i pojava ribanja. Posebno su štetni opterećivanje u niskim obrtajima, kao i previsoki obrtaji – zazori su veliki, a podmazivanje još nije na odgovarajućem nivou.

Motor koji često startuje i vozi se na kratkim relacijama, može se smatrati kao motor koji radi u lošim uslovima. Da bi se štetni kondenzati pretvorili u paru i izbacili kroz odušku motora, temperatura površina unutrašnjosti motora i motornog ulja mora biti najmanje 60 °C.

Za ubrzanje procesa zagrevanja hladnog motora proizvođači koriste različita rešenja, pored postojećeg termostata u sistemu za hlađenje. U *common-rail* dizel motorima putničkih automobila koriste se i dodatni električni grejači rashladne tečnosti. Hladan start se na niskim temperaturama okoline praktično eliminiše primenom autonomnog grejača na tečno

gorivo. Takav grejač vrši, bez potrebe za radom motora, predgrevanje sistema za hlađenje motora, a u nekim vozilima (vojnim i specijalnim) i kartera i rezervoara za gorivo, pa čak i akumulatora.

Motor s turbokompresorom ne sme se opterećivati odmah nakon starta. U prvim minutima podmazivanje turbokompresora možda neće biti adekvatno, s posledičnim oštećenjima vratila turbokompresora.

Nepravilnom ili prekomernom upotrebom **pomoćnog sredstva za hladan start dizel motora** u spreju (start-spreja) mogu se, direktno ili indirektno, izazvati različita oštećenja klipova. Kada su uslovi takvi da je neophodna upotreba spreja za hladan start, preporučuje se sledeći postupak:

- motor se mora okretati starterom pre nego što se u usis uprska sredstvo,
- prskati samo u kratkim mlazevima, da bi se omogućila ravnomerna raspodela po cilindrima.



PAŽNJA! Ne prskati neprekidno! Ne prskati u motor koji se ne okreće!

Nakon obavezne kontrole svih gore pomenutih tačaka, **start nakon dužeg vremena mirovanja** (par meseci i duže) treba izvesti uzimajući u obzir da se motorno ulje moglo ocediti sa gornjih površina motora i iz vodova, te da postoji opasnost od rada na suvo u prvim sekundama rada – čak i duže od 10 sekundi, što je već opasno. Zato je preporučljivo napuniti sistem za podmazivanje uljem pod pritiskom, pomoću odgovarajućeg uređaja (videti deo o prvom startu repariranog motora).

U nedostatku istog, motor se može okretati starterom sa onemogućenim paljenjem i obavezno isključenim napajanjem gorivom, i sa demontiranim svećicama ili brizgaljkama. Treba ga okretati sve dok se ne postigne potreban minimalni pritisak ulja, i još desetak sekundi posle toga. Nakon toga se može preći na uobičajeni start hladnog motora.

Praćenje rada motora

Tokom rada motora neophodno je pratiti ceo njegov rad. Osnovni pokazatelji koji karakterišu rad i efikasnost motora jesu snaga i obrtni moment, reakcija na upravljanje, potrošnja goriva, potrošnja ulja, emisija gasova, mirnoća rada (buka i vibracije)...

Praćenje rada motora, osim čulima rukovaoca, vrši se i pomoću namenskih sistema i instrumenata, već zavisno od veličine, namene, cene, značaja i ostalih

činilaca vezanih za konstrukciju celog pogonskog sistema (slika 2-1). Veliki motori i motori odgovornih postrojenja, kao npr. brodovi, železnica i letelice, po pravilu su dobro opremljeni sistemom kontrole radnih parametara.

Osim instrumenata za praćenje rada motora, gde spadaju signalizacija nedovoljnog pritiska ulja, obrtomer, pokazivač temperature rashladne tečnosti, manometar za ulje i ostalo, postoji i registrovanje radnog učinka – perioda eksploatacije:

- brojač pređenih kilometara – imaju ga motorna vozila, ili
- brojač radnih sati – za stacionarne motore, motore radnih i poljoprivrednih mašina, ali taj podatak se može registrovati i u nekim vozilima.

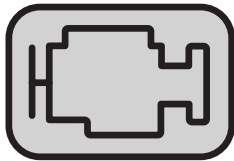
Neki agregati su opremljeni i zvučnom signalizacijom koja se aktivira u slučaju neispravnosti koja bi mogla izazvati ozbiljno oštećenje motora.



Slika 2-1. Univerzalni modul instrument-table namenjen priključenju na CAN instalaciju građevinske mašine (po protokolu prema SAE J1939). Korisnik može sam konfigurisati prikaz instrumenata i potrebnih podataka na displeju. Memorija od 2 GB omogućava skladištenje podataka o radnim uslovima radi kasnijeg očitavanja za potrebe dijagnostike (FW Murphy).

Vozila opremljena OBD sistemom poseduju lampicu – indikator greške (engl. *Malfunction Indicator Light*, *MIL*, slika 2-2). Ona ukazuje na pojavu grešaka koje utiču na emisiju izduvnih gasova. Lampicu aktivira upravljačka jedinica. Postoje tri režima rada lampice: **isključena, uključena i treptanje**. Lampica – indikator greške neprestano će svetleti kad se uključi paljenje (provera rada lampice), ako se uoči greška prilikom autokontrole upravljačke jedinice, ili u slučaju da se jave greške koje utiču na sastav izduvnih gasova u određenim uslovima. Lampica će treptati (frekvencijom 1/s) ako se jave greške, kao što je izostanak paljenja, koje bi mogle izazvati oštećenje katalizatora.

Lampica se isključuje ako se greške koje utiču na sastav izduvnih gasova više ne jave u tri uzastopna ciklusa vožnje.



Slika 2-2. Standardizovana oznaka MIL – Check Engine, prema ISO 2575. Lampica je narandžaste boje.

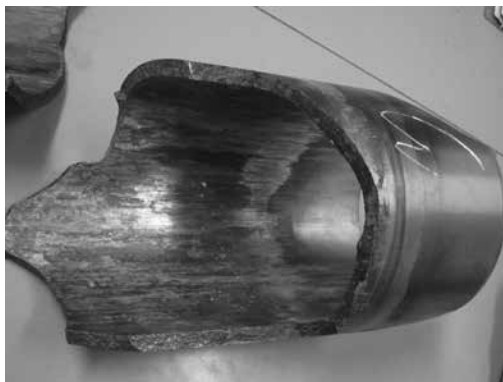
Autodijagnostički sistemi mogu imati i ulogu „crne kutije“ koja beleži radne parametre sa različitih senzora. Parametri se mogu očitati dijagnostičkim uređajem u cilju utvrđivanja nekih anomalija u prethodnom radu motora.

Mnoga oštećenja motora mogla su biti znatno manja da je motor po prvim znacima nepravilnog rada zaustavljen, ili da su mu promenjeni radni uslovi. Ignorisanje temperature rashladne tečnosti, pritiska i temperature ulja, njihovih promena zavisno od režima rada i spoljašnjih uslova, kao i zvuka motora ili boje izduvnih gasova, čest je uzrok nepotrebno obimne štete na motoru. Za samu pojavu inicijalne neispravnosti koja se manifestovala smanjenjem efikasnosti motora nije odgovoran korisnik, ali svakako može biti za dalji razvoj oštećenja, ukoliko se takav rad dozvoli. Što se ranije uoči bilo kakva nepravilnost u radu motora i motor na vreme povuče iz rada, posledice će biti blaže (slike 2-3, 2-4 i 2-5).

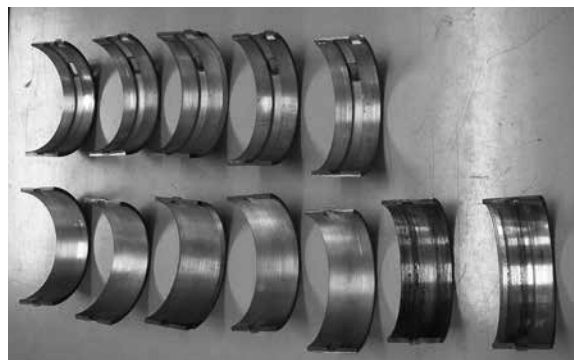


Slika 2-3. Inicijalna pukotina u okcima klipa i povećanje zazora osovinice čuli su se kao kucanje. Motor nije odmah zaustavljen, klip se potpuno polomio i na kraju je oslobođena klipnjača probila blok motora

Motor može samog sebe da uništi, jer u nekim slučajevima i pri pojavi teškog oštećenja nekih elemenata, motor može dalje da radi.



Slika 2-4. Primer: pojava neispravnosti na jednom cilindru višecilindričnog motora ne mora odmah biti evidentna i ostali cilindri „vuku“ i taj cilindar sve do njegovog teškog razaranja.



Slika 2-5. Nedostatak ulja na ležaju ne utiče na proces sagorevanja i motor radi dalje, sve dok se sam ne zaustavi ili dok neko konačno ne reaguje na lupanje iz motora – u oba slučaja je prekasno za kolenasto vratilo.

Zaustavljanje motora

Pre zaustavljanja motora, posebno ako je motor duže radio u režimu većih opterećenja, motor treba rastegetiti i pustiti da radi oko jedan minut na praznom hodu. U slučaju motora sa turbokompresorom to je posebno bitno, zbog hlađenja i podmazivanja turbokompresora.

Za karburatorske motore veoma je nepovoljno ako se pre isključenja paljenja doda gas (totalno pogrešna navika!). Tada se motor okreće usled inercije još nekoliko obrtaja i usisava smešu koja neće sagoreti, nego će samo sprati uljni film sa cilindra i završiti u karteru.

Neprevilnosti u radu motora

Pored korisne snage potrebne za savladavanje otpora potrošača, motor u radu emituje i zvuk, vibracije, gasove i toplotu. Razlike između normalnih i nenormalnih pojava, i sami poremećaji u radu motora uopšte, moraju biti na vreme uočeni i rukovalac mora reagovati na pravi način, inače posledice mogu biti povrede osoba u blizini, oštećenja motora ili gonjenog uređaja.

Performanse i efikasnost

Promena ponašanja motora u radu ne mora odmah da ukazuje na neku neispravnost, nego to može biti izazvano promenom radnih uslova. Kako utiča na učinak motora ima mnogo, od onih što potiču iz samog motora do velikog broja spoljašnjih faktora (ispravnost gonjenog agregata, uslovi okoline...), normalno je da korisnik reaguje na pad performansi u slučaju osetnijih promena, koje se ponavljaju ili nisu trenutnog karaktera. Izmeriti snagu motora u eksploataciji bilo bi veoma teško, pa je često jedino merilo iskustveni subjektivni osećaj rukovaoca, baziran na odzivu motora na upravljački signal za poznate uslove rada.

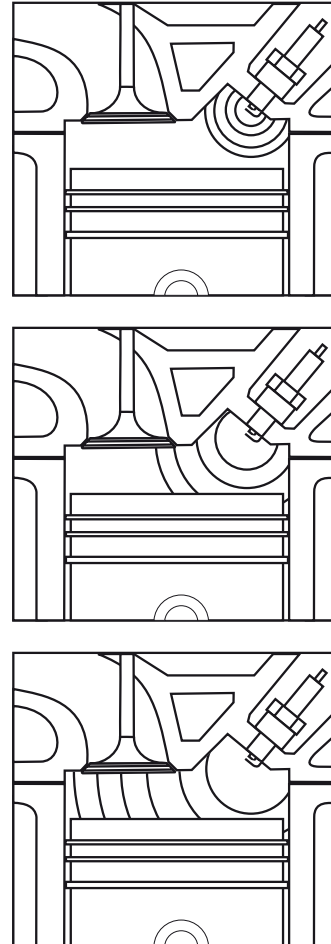
Uvid u ekonomičnost eksploatacije motora, posmatrajući npr. potrošnju goriva, ulja, troškove održavanja i sl., moguće je imati tek nakon određenog perioda eksploatacije, uz praćenje pomenutih veličina, koje su opet veoma promenljive. Na primer, potrošnja goriva nekog motora veoma se razlikuje kada je motor hladan i kada je zagrejan, zatim u kojim se režimima i uslovima koristi i sl.

Neprevilno sagorevanje u benzinskom motoru

Pravilno sagorevanje smeše goriva i vazduha u cilindru kontrolisan je proces, i gorivo koje se zapali u prostoru za sagorevanje treba da izgori brzo, ali ne da eksplodira. Sagorevanje počinje od varnice koja nastaje na svećici nešto pre gornje mrtve tačke (GMT), a front plamena se sferno širi od svećice i prelazi preko prostora za sagorevanje brzinom 5–30 m/s (slika 2-6). Pritisak u prostoru za sagorevanje raste postepeno i svoj maksimum dostiže ubrzo posle GMT. Osnovni

uslovi za postizanje pravilnog sagorevanja u benzinskom motoru su:

- homogenost smeše vazduha i goriva,
- smeša u gasovitom stanju,
- pravilan odnos goriva i vazduha,
- paljenje smeše u pravom trenutku.

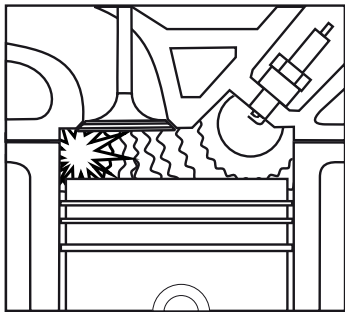
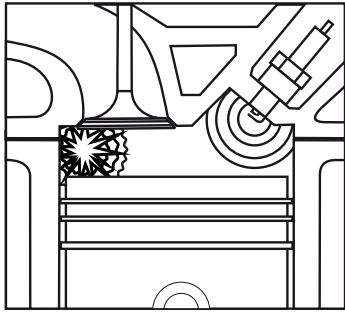
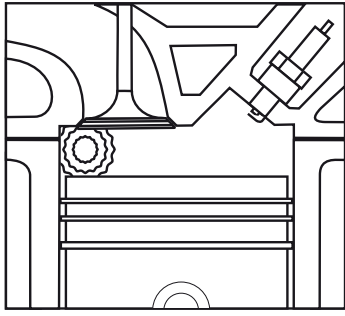


Slika 2-6. Kretanje fronta plamena pri normalnom sagorevanju.

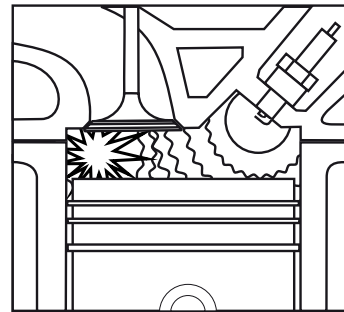
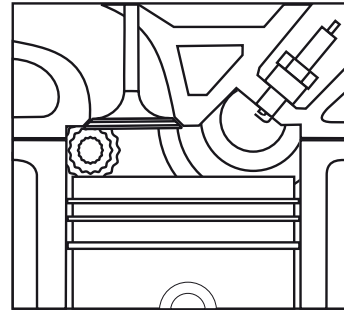
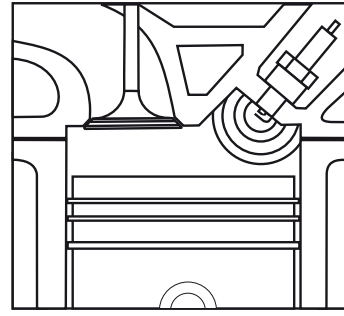
Različiti uticaji mogu poremetiti normalan proces sagorevanja. Postoje tri različita oblika nepravilnog sagorevanja: samopaljenje, detonacija i nepotpuno sagorevanje.

Samopaljenje

Samopaljenje nastaje kada usijani deo u prostoru za sagorevanje inicira početak sagorevanja pre pravog trenutka paljenja (slika 2-7). Potencijalna mesta za to jesu vreo izduvni ventil, svećica, delovi zaptivača, usijane naslage na tim delovima i na unutrašnjim površinama prostora za sagorevanje. Prilikom samopaljenja plamen deluje na elemente motora potpuno nekontrolisano, prouzrokujući naglo povećanje temperature čela klipa, čak i do tačke topljenja materijala. Tada može doći do oštećenja klipa, ventila, svećica i klipnih prstenova.



Slika 2-7. Prerano samopaljenje.



Slika 2-8. Detonantno sagorevanje.

Najčešći uzroci preranog samopaljenja su:

- usijane ugljenične naslage u prostoru za sagorevanje (potiču od produkata sagorevanja i prodora ulja u prostor za sagorevanje),
- pretople svećice zbog malog toplotnog broja, ili zato što svećica ne naleže čvrsto na svoju zaptivku,
- detonacija ili uslovi koji ka tome vode,
- oštre ivice u prostoru za sagorevanje (zaostale od mašinske obrade),
- rad ventila na temperaturama višim od normalnih zbog prevelikog zazora u vođici ili zbog nepravilnog naleganja na sedištu,
- pregrevanje motora.

Detonantno sagorevanje

Dok se front plamena širi od svećice, prilikom sagorevanja smeše goriva i vazduha generišu se talasi pritiska koji mogu izazvati kritične reakcije u nesagorelom gasu (slika 2-8). Rezultat će biti pojava samopaljenja na više mesta u ostatku nesagorele smeše. Zbog toga se brzina sagorevanja povećava za 10–15 puta i dolazi do nagle promene pritiska, a temperature unutrašnjih površina prostora za sagorevanje dostižu veoma visoke vredno-

sti. Detonantno sagorevanje se može smatrati eksplozijom, sa svim njenim nepovoljnim posledicama.

Detonacija se u motoru često može čuti pri opterećenju na nižim obrtajima kao oštar metalni zvuk ili kao kliktanje. Blago kliktanje, s prekidima, može se kratkotrajno tolerisati u većini motora, bez pojave trajnih oštećenja, kada su u pitanju nepovoljni prelazni uslovi. Najčešći uzroci detonacije su:

- prenizak oktanski broj goriva,
- siromašna smeša,
- samopaljenje, koje generiše previsok pritisak na kraju procesa sabijanja zbog čega ostatak nesagorele smeše eksplodira,
- nepravilno podešeno paljenje (prerano),
- preopterećenje motora na niskim obrtajima,
- ugljenične naslage koje su smanjile zapreminu prostora za sagorevanje, zbog čega nastaje previsok pritisak kompresije,
- visoka temperatura motora ili usisanog vazduha,
- povećanje stepena kompresije zbog prekomerne mašinske obrade zaptivne površine glave i/ili bloka motora.

Nesagorelo gorivo i nepotpuno sagorevanje

Prebogata smeša i izostanak paljenja glavni su uzroci nepotpunog sagorevanja, s posledicom u vidu prekomerne količine goriva u cilindru. Posledice će direktno trpeti klipno-cilindarski sklop, a indirektno će biti pogođene sve površine kojima je potrebno podmazivanje, zbog razređivanja ulja gorivom i slabljenja uljnog filma.

Mogući uzroci nepotpunog sagorevanja su:

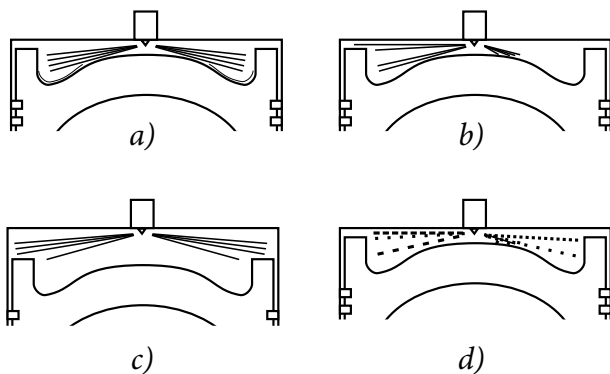
- rad motora sa prebogatom smešom i poremećaji procesa sagorevanja vezani za neispravnosti u usisnom sistemu, zagušen filter za vazduh, greške u pripremi smeše ili greške u sistemu za paljenje;
- nepotpun proces sagorevanja zbog nedovoljne kompresije;
- česte vožnje na kratkim relacijama i pothlađen motor, na primer zbog neispravnosti termostata u sistemu za hlađenje;
- neispravan sistem za hladan start ili njegova dugotrajna upotreba (karburatorski motor).

Neppravilno sagorevanje u dizel motoru

Glavni zadaci sistema za ubrizgavanje goriva dizel motora jesu da obezbedi:

- isporuku tačne količine goriva,
- pravilan oblik mlaza i raspršenost goriva,
- usmerenost mlaza,
- ubrizgavanje u pravom trenutku (podešenost predubrizgavanja).

To su uslovi da bi se gorivo zapalilo sa minimalnom zadržkom i da potpuno sagori sa normalnim vrednostima pritiska. Kada je sve kako treba, sagorevanje se odvija tako da gorivo u tečnoj fazi ne doseže do površina prostora za sagorevanje. Tako se održava



Slika 2-9. Neka odstupanja od pravilnog ubrizgavanja i sagorevanja (a) u dizel motoru; (b) loše raspršivanje goriva; (c) pogrešna usmerenost mlaza goriva; (d) ubrizgavanje u pogrešnom trenutku.

tanak površinski sloj gasa između površina i smeše koja sagoreva, koji predstavlja toplotnu zaštitu prostora za sagorevanje. Taj granični sloj je veoma tanak, ali je zaštita koju on pruža od velikog značaja.

Pravilan rad dizel motora prati relativno tvrd zvuk, u poređenju sa zvukom benzinskog motora. Ukoliko se sumnja ili primeti promena zvuka sagorevanja, u najkraćem roku treba proveriti sistem za napajanje gorivom i ostale faktore od uticaja na proces sagorevanja, jer nepravilno sagorevanje može u kratkom roku izazvati teška oštećenja motora (slika 2-10)!



Slika 2-10. Klip *common-rail* dizel motora oštećen nepravilnim sagorevanjem.

U osnovi postoje tri vrste nepravilnog sagorevanja koje su obično posledica poremećaja ubrizgavanja:

- kašnjenje početka sagorevanja,
- nepotpuno sagorevanje,
- kapljanje brizgaljke posle ubrizgavanja.

Kašnjenje početka sagorevanja

Ubrizgano gorivo će od trenutka početka ubrizgavanja početi da sagoreva nakon neke zadržke (tzv. period pritajenog sagorevanja). Ako gorivo nije bilo raspršeno dovoljno fino, ukoliko u komoru za sagorevanje nije dospelo u pravom trenutku ili u slučaju da pritisak na kraju sabijanja nije bio dovoljno visok da izazove samopaljenje goriva, taj period će se produžiti.

Zbog nepravovremenog nastanka uslova za samopaljenje u cilindru, kasnije nego što bi trebalo, dolazi do naglog sagorevanja do tada ubrizganog goriva. Nastaje oštar, eksplozivni porast pritiska praćen bučnim radom, a temperatura čela klipa se naglo povećava. Uzroci kašnjenja početka sagorevanja mogli bi biti:

- nedovoljna kompresija zbog nezaptivenosti prostora za sagorevanje, pogrešne uzupčenosti bregastog vratila ili prevelikog udaljenja čela klipa od glave motora u GMT.

- upotreba dizel goriva sa suviše niskim cetanskim brojem (jer ima duži period pritajenog sagorevanja) za taj motor.

Nepotpuno sagorevanje

Ukoliko gorivo ne dospe u pravom trenutku u komoru za sagorevanje ili ako nije pravilno raspršeno, kratko vreme koje je na raspolaganju neće biti dovoljno za potpuno sagorevanje. Ista stvar se događa i ako u cilindru nema dovoljno kiseonika, tj. vazduha. Uzroci bi mogli biti:

- nepravilno ubrizgavanje goriva,
- zagušen prečistač vazduha ili neka druga smetnja u usisu,
- usisni ventil se ne otvara dovoljno,
- neispravan turbokompresor,
- nedovoljna kompresija.

Kapljanje brizgaljke posle ubrizgavanja

Kada (mehanička) brizgaljka ne može pouzdano da održava pritisak otvaranja, zbog fluktuacija pritiska u cevima, brizgaljka se može još nekoliko puta otvoriti nakon završetka ubrizgavanja. Brizgaljka koja curi ili kaplje nakon ubrizgavanja, prouzrokuje nekontrolisano ubacivanje goriva u prostor za sagorevanje, koje će ostati nesagorelo zbog manjka kiseonika. Razlog neispravnosti leži u brizgaljci ili u rasteretnom ventilu pumpe.

Zvuk i vibracije

Mehaničko kucanje koje se pojačalo ili pojavilo – po pravilu znači povećanje zazora između pokretnih elemenata. O zvukovima je više dato u poglavlju o dijagnostici. U takvim slučajevima motor se mora zaustaviti, zato što neka oštećenja mogu voditi ka ozbiljnim havarijama motora.

Ako se eliminiše mogućnost da neuobičajene **vibracije** potiču od nekog spoljašnjeg izvora, kod višecilindričnih motora na prvom mestu razlog može biti promenljivost u brzini obrtanja zbog izostanka paljenja jednog od cilindara. U ozbiljnijim slučajevima, uzrok je poremećaj nekog od pokretnih elemenata koji utiče na uravnoteženje motora ili gonjenog agregata. U svakom slučaju neophodno je zaustaviti motor i potražiti uzrok.

Pucanje iz izduva benzinskih motora može biti posledica nezaptivenosti izduvnog sistema ili nagomilavanja nesagorelog goriva u izduvnom sistemu, npr. zbog preterane upotrebe uređaja za hladan start.

Pucanje u usisu (povratak plamena) benzinskih motora na prvom mestu ima veze sa sistemom za napajanje gorivom i sa sistemom za paljenje.

Dim

Iako u ispravnom motoru izduvni gasovi ne bi trebalo da budu vidljivi, postoje određene situacije kada je normalno da iz izduvne cevi motora izlazi vidljivi dim. To je dim bele boje iz nezagrejanog motora po hladnom i vlažnom vremenu, ili dim crne boje pri naglom ubrzanju i opterećenju dizel motora. O pojavi dima i uzrocima više je dato u poglavlju o dijagnostici.

Temperatura motora

Povišenje temperature ispravnog motora može biti posledica trenutnih uslova rada:

- dugotrajno veće opterećenje,
- visoka spoljašnja temperatura,
- naglo zaustavljanje motora nakon velikog opterećenja.

U slučaju pregrevanja, motor treba rasteretiti, ostaviti ga da radi par minuta na praznom hodu i ako se pregrevanje više ne ponovi, nastaviti dalje sa normalnom upotrebom. Ukoliko češće dolazi do pregrevanja, potrebno je proveriti:

- nivo rashladne tečnosti i ulja,
- zategnutost kaiša pumpe za vodu i ventilatora (ako je moguće),
- čistoću spoljašnjosti hladnjaka.

Ako je pregrevanje stalna pojava, treba ostaviti motor da se ohladi, a zatim izvršiti detaljan pregled i otkloniti uzrok. O uzrocima je više dato u poglavlju o dijagnostici.

Pregrevanje motora ili samo nekih oblasti po pravilu ima štetne posledice u vidu:

- pada viskoznosti i promena u ulju koje vode ka prekidu uljnog filma i/ili zapicanja delova,
- deformacija elemenata i smanjenja ili poništavanje zazora među pokretnim elementima motora,
- promena u karakteristikama materijala delova, time i njihovog oštećenja ili otkaza.



UPOZORENJE! Čep sistema za hlađenje se ne sme otvarati kad je motor zagrejan – sistem je pod pritiskom i može doći do opekotina!



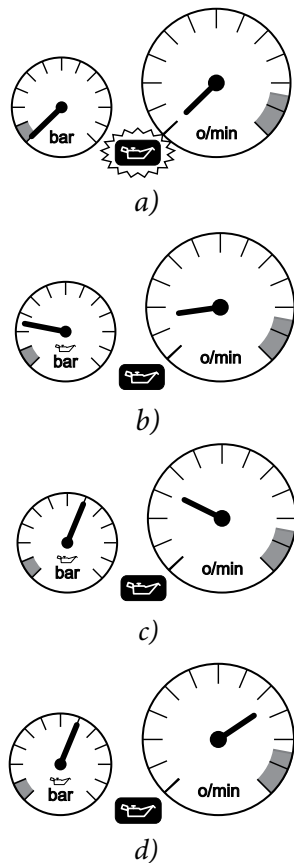
PAŽNJA! Dok je motor vruć, ne sme se doživati rashladna tečnost, naročito kada je uzrok pregrevanja njen nedostatak, inače može doći do termičkih šokova u motoru.

Pregrevanje vazdušno hlađenog motora na prvom mestu se odražava na temperaturu ulja. Uzroke treba potražiti u čistoći rebara cilindara i glave motora te dovodu vazduha za hlađenje (ventilator, pogon ventilatora, limovi za usmeravanje).

Pritisak ulja

Kada se uključi kontakt na motoru koji ne radi, sijalica nedovoljnog pritiska ulja treba da svetli, a kazaljka manometra da je na nuli. Ako sijalica ne svetli, treba proveriti davač, provodnike i sijalicu.

Po startovanju motora, pritisak u sistemu počinje da raste i sijalica se mora ugaziti. Takođe i manometar mora pokazivati porast pritiska (slika 2-11).



Slika 2-11. Karakteristična pokazivanja manometra i lampice nedovoljnog pritiska ulja. (a) Uključeno je paljenje, motor ne radi. Lampica nedovoljnog pritiska svetli. (b) Motor radi na praznom hodu, manometar pokazuje pritisak veći od minimalnog. (c) S povećanjem obrtaja povećava se i pritisak ulja, do vrednosti ograničene regulatorom pritiska. (d) Dalje povećanje broja obrtaja ne dovodi do povećanja pritiska ulja.

U slučaju da sijalica nedovoljnog pritiska ulja nastavi da svetli ili da manometar ne pokazuje odgovarajući pritisak, motor se mora odmah zaustaviti. Treba pro-

veriti nivo ulja i doliti ga prema potrebi. Ako je posle toga situacija ista, mora se potražiti uzrok takvog pokazivanja. Inače, davač nedovoljnog pritiska ulja gasi lampicu čim pritisak ulja pređe neku podešenu vrednost (oko 0,5 bara), pa ostaje nepoznato šta se dešava sa pritiskom ulja u ostalim režimima rada motora.

Nedovoljan pritisak ulja u trajanju od par sekundi nakon starta mogao bi biti posledica pražnjenja filtera za ulje tokom mirovanja motora, ako mu konstrukcija to dozvoljava. Nepovratni ventil u filteru sprečava pražnjenje filtera kada je motor zaustavljen. Ako se lampica nedovoljnog pritiska ulja upali u toku rada motora, motor se mora smesta zaustaviti. U pitanju može biti električna neispravnost davača, ali moguće je i da je zaista došlo do nekog prekida isporuke ulja u sistemu za podmazivanje.

Na motornim vozilima može doći do indikacije niskog pritiska tokom vožnje. Ako se to dešava na krivudavom putu, pri većim ubrzanjima ili usporenjima, ili na velikom nagibu, moguće je da je nivo ulja nizak, pa usisno sito pumpe u nekim trenucima nije potopljeno u ulje. U tom slučaju treba proveriti nivo ulja i doliti ga, po potrebi.

Paljenje lampice na niskim obrtajima, posebno kada je motor zagrejan, govori o povećanim zazorima u pumpi za ulje ili u ležajevima motora, ili o nedovoljnom zaptivanju regulacionog ventila. Zbog pada viskoziteta zagrejano ulje počinje mnogo lakše da ističe kroz te zazure. Uzrok bi mogao biti i pogrešan viskozitet ulja za datu primenu. Videti deo o pritisku ulja u poglavlju o dijagnostici.

MOTORNO GORIVO

U uputstvu za korišćenje motora uvek stoji podatak o potrebnim karakteristikama goriva. Upotrebljeno gorivo ih mora zadovoljavati ili prevazilaziti. Upotreba neodgovarajućeg goriva u najgorem slučaju može dovesti do teških oštećenja motora.

Motorni SUS se napajaju tečnim i gasovitim gorivima na bazi ugljovodonika (jedinjenja ugljenika i vodonika, C_xH_y). Osim ugljovodonika, u gorivima se u mnogo manjoj količini mogu nalaziti i kiseonik, azot i sumpor. Najpogodnija goriva za pogon motora SUS, posebno onih za pogon motornih vozila, jesu tečna goriva, prvenstveno zbog lakog transporta i uskladištenja. Najviše se primenjuju tečna goriva dobijena preradom nafte – benzin i dizel gorivo.

Goriva za benzinske motore

Motorni benzin je gorivo namenjeno pogonu benzinskog motora. Najvažnija motorska karakteristika benzina je njegova otpornost prema detonaciji.

Prilikom sabijanja smeše benzina i vazduha dolazi do njenog zagrevanja koja se tada ne sme upaliti sama od sebe. Zato je pritisak na kraju takta sabijanja benzinskih motora ograničen otpornošću goriva na detonantno sagorevanje.

Što je temperatura smeše viša, veća je opasnost od samopaljenja, bilo da je svećica već bacila varnicu ili ne. Ako se samopaljenje javi posle varnice, sudariće se dva fronta plamena i javlja se detonacija. Kakvi su uslovi potrebni da dođe do te neželjene pojave zavisi od otpornosti smeše na detonaciju. Otpornost benzina na detonaciju označava se **oktanskim brojem (OB)**. Što gorivo ima veći oktanski broj, veća mu je otpornost na detonaciju. Stoga benzinski motori sa višim stepenom kompresije i prehranjivani motori zahtevaju visokooktanski benzin. Minimalni OB goriva koji se sme koristiti u nekom motoru propisuje njegov proizvođač. Benzini sa višim OB od propisanog smeju se koristiti, bez štetnih posledica (ali ni posebnih prednosti) po motor. Motori opremljeni elektronskom regulacijom, ako imaju senzor detonacije (engl. *knock sensor*) mogu koristiti gorivo nešto nižeg OB od nominalnog, s tim da će upravljačka jedinica korigovati prepaljenje, koliko je u njenim mogućnostima, da ne dođe do detonantnog sagorevanja.

Benzini sa oktanskim brojem 91, 95 ili 98 ne razlikuju se po kvalitetu, sadržaju oktana ili nekakvoj snazi koju će omogućiti motoru da razvije, već samo po njihovoj otpornosti na detonaciju i ceni. Sadržaj oktana kod svih goriva je zapravo isti – nula. Oktan je veoma skupo hemijsko jedinjenje koje ima OB 100 i koristi se samo pri laboratorijskom određivanju OB benzina. Otpornost benzina na detonaciju povećava se dodavanjem aditiva izuzetno otpornih na detona-



Slika 2-12. Sjajne naslage na sondi znak su prisustva olova na senzoru, zbog upotrebe olovnog benzina. Olovo oštećuje materijale od kojih su napravljeni senzor i katalizator (*Magneti Marelli*).

ciju – antidetonatora. Dodavanje otrovnih aditiva na bazi olova, tzv. etil-fluida (tetraetil-olovo i tetrametil-olovo), počelo je još dvadesetih godina. U Evropi se s tim prestalo 2000. godine, mada se bilo zadržalo na nekim tržištima još nekoliko godina. Bezolovni benzini sadrže aditive koji se baziraju na nemetalnim jedinjenjima.

Benzinski motori opremljeni katalizatorima izduvnih gasova bezuslovno traže upotrebu bezolovnog benzina. Katalitički konvertori su veoma osetljivi na olovo i sumpor u produktima sagorevanja i ne treba velika količina olovnog benzina da bi se oštetio i uništio plemeniti materijal u katalizatoru, čineći ga neupotrebljivim. Takođe i lambda-sonda trpi posledice upotrebe goriva sa olovom (slika 2-12).

Benzinski motori stare konstrukcije, čija su ventilska sedišta od nelegiranog gvožđa, ili su izrađena direktno u materijalu glave (od sivog liva), oslanjali su se na zaštitno svojstvo antidetonacionog aditiva, etil-fluida, koji se taloži na površinama prostora za sagorevanje i u izduvnom sistemu, stvarajući talog sive boje što se mogao videti i na unutrašnjim površinama izduvne cevi (slika 2-13). Povlačenjem „olovnog“ benzina sa tržišta, u motorima se više ne može formirati taj talog. Međutim, velik broj benzinskih motora iz prekatalizatorske ere i upotrebe bezolovnih benzina već imaju ugrađena sedišta od legiranog sivog liva. O tome koliko je skraćenje veka izraženo u kilometrima kada se u motoru stare konstrukcije koristi bezolovno gorivo, nema čvrstih podataka, s obzirom na to da na habanje ventilskih sedišta i ventila utiču i drugi faktori. U svakom slučaju, postoje ekološki pogodni aditivi za gorivo koji imaju zaštitnu funkciju kao nekadašnji etil-fluid (tzv. *Lead Substitute* aditiv).



Slika 2-13. Talog na izduvnoj cevi koji potiče od primene olovnog benzina – takođe znak dobrog stanja motora i potpunog sagorevanja.

Prema podacima NIS Petrola iz 2007. godine, njihov benzin sa olovom (MB-95) imao je 400 mg olova po litru, dok je sadržaj sumpora bio 1000 mg/kg. Bezolovni benzin BMB-95 ima sadržaj olova najviše 13 mg/l, a sumpora najviše 650 mg/kg.

Upotreba olovnog benzina za odmašćivanje i pranje delova bila je, nažalost, veoma rasprostranjena, i pored zvanične zabrane. Aditiv tetraetil-olova se resorbuje preko kože, čak i kada se koriste lična zaštitna sredstva. Olovo spada u kumulativne otrove (otrov koji se trajno zadržava u organizmu), a procenjena smrtonosna doza je samo 0,5 g.

Goriva za dizel motore

Dizel je gorivo za motore sa samostalnim upaljenjem smeše. Ono se mora samo upaliti kada se ubrizga u ugrevani sabijeni vazduh i najvažnija motorska karakteristika dizel goriva jeste sklonost ka samopaljenju. Temperatura samopaljenja goriva je temperatura na kojoj se dizel gorivo u prisustvu vazduha pali samo od sebe. U slučaju dizel goriva ta temperatura mora biti niža od temperature vazduha na kraju takta sabijanja. Pokazatelj sklonosti ka samopaljenju je **cetanski broj (CB)**.

Dizel gorivo treba što lakše da se upali u sabijenom vazduhu, tj. upaljenje goriva treba što manje da kasni od trenutka kada brizgaljka počne ubrizgavanje odmerene količine goriva. Cetanski broj goriva ukazuje na to kašnjenje – što je CB veći, kašnjenje je manje. Preporučljivo je da CB goriva za savremene brzohode dizel motore bude oko 50, ali to ne piše na pištolju za sipanje goriva.

Druga važna osobina dizel goriva jeste njegova postojanost na niskim temperaturama, izražena preko temperature zamucenja i temperature stinjanja, što ima direktne veze s filtrabilnošću goriva. **Temperatura zamucenja** je temperatura na kojoj počinje kristalizacija vode i izdvajanje parafina, što rezultira zagušenjem filtera i prekidom dobave goriva u motor. Zavisno od uslova, zamucenje može početi na temperaturama oko nule ili čak iznad. Temperatura zamucenja goriva treba da bude nekoliko stepeni ispod najniže temperature koja se može očekivati u radnoj sredini motora. **Temperatura stinjanja** je temperatura na kojoj gorivo, uslovno rečeno, prestaje da teče. Dizel goriva koja zadovoljavaju današnje standarde već su odgovarajuće formulisana u pogledu postojanosti na niskim temperaturama, pa je dodavanje benzina, motornog ulja, alkohola ili kerozina dizel gorivu potpuno nepotrebno i nije preporučljivo. Benzin smanjuje cetanski broj dizel goriva i podiže temperaturu sagorevanja i postoji opasnost od oštećenja elemenata sistema za napajanje gorivom i samog motora. Po potrebi, postoje namenski formulisani aditivi koje treba dodati na vreme, tj. pre pojave suviše niskih temperatura.

Sumpor je hemijski vezan u dizel gorivu, sa sadržajem koji zavisi i od sastava sirove nafte. Tokom sagorevanja nastaje štetno jedinjenje sumpor-dioksid (SO_2), koje sa vlagom formira kiseline. Najviše kiselina nastaje u radu nezagrejanog motora. Iz godine u godinu, granica najvećeg dozvoljenog sadržaja sumpora u gorivu pomera se naniže, kako i motori sa oksidacionim katalizatorima za smanjenje emisije čestica čađi iziskuju upotrebu goriva s malim sadržajem sumpora, tzv. evro dizel (vozila napravljena posle 1999. godine, bez katalizatora ili sa njim, ili s filterom čestica). Isto važi i za katalizatore za smanjenje azotovih oksida u izduvu. Sadržaj sumpora je evropskim regulativama trenutno ograničen na 0,2%. Prema podacima rafinerije NIS Petrola iz 2007. godine, evro dizel gorivo sadrži 50 mg/kg (0,05%) sumpora, dok je u njihovom dizel gorivu D-2 (za pogon dizel motora privrednih vozila i industrijskih dizel motora, motora proizvedenih do 1999. bez katalizatora) sadržaj čak 10.000 mg/kg (1%). U uputstvu za upotrebu proizvođač navodi najveći sadržaj sumpora u gorivu, a s tim u vezi i korekciju uslova održavanja (skraćenje intervala zamene ulja i upotrebu ulja s višim TBN). Dizel motori s katalizatorima izduvnih gasova traže upotrebu goriva sa sadržajem sumpora od najviše 0,05%.

Motore kojima je propisano gorivo evro dizel ne smeju se napajati D-2 dizel gorivom, dok je obrnut slučaj prihvatljiv, tj. evro dizel gorivo u motoru za koji je dovoljan i D-2.

Od ostalih osobina treba spomenuti **viskozitet**, zbog gubitaka unutar pumpe visokog pritiska i raspršivanja, i sadržaj nečistoća zbog opasnosti od zapušavanja mlaznica brizgača i mehaničkih oštećenja sistema za ubrizgavanje goriva. U pogledu sadržaja **mehaničkih nečistoća**, D-2 ima čak 30 puta viši sadržaj u odnosu na goriva s malim sadržajem sumpora.

Biodizel je gorivo na bazi obnovljivih izvora energije, dakle ne na bazi fosilnih sirovina, ali je po hemijskom sastavu sličan dizel gorivu. Pri proizvodnji biodizela iz biljnog ulja se izdvajaju dve supstance – metil estar masnih kiselina (engl. *Fatty Acid Methyl Ester, FAME*) i glicerol, nusproizvod koji se koristi u druge svrhe. Naravno, da bi biodizel mogao da se koristi kao gorivo za motore, mora se proizvoditi u skladu sa specifikacijama propisanim evropskim standardom EN 14214.

Cetanski broj biodizela odgovara cetanskom broju evro dizela, a energetski sadržaj mu je oko 10% manji u odnosu na fosilno gorivo. Ostale prednosti biodizela su da je biološki razgradiv, teško zapaljiv, neotrovan i ne sadrži sumpor niti aromatična jedinjenja. Na niskim temperaturama biodizel ima lošija svojstva u poređenju s dizel gorivom, te su mu potrebni posebni aditivi.

Biodizel je moguće mešati u bilo kojem odnosu s dizel gorivom, a mešavine se označavaju sa BD-XX ili B-XX, gde XX označava udeo biodizela u mešavini. Na primer, BD-20 označava mešavinu sa 20% biodizela i 80% dizel goriva, a BD-100 ili B-100 je oznaka za čist biodizel.

Ako se koriste mešavine ili se naizмениčno upotrebljavaju biodizel i klasično dizel gorivo, uz poštovanje osnovnih pravila, ne bi trebalo biti problema u radu motora. Pri upotrebi čistog biodizela BD-100 kvaliteta prema EN 14214, neophodno je slediti fabričke preporuke vezane za kvalitet goriva koji se može koristiti u datom motoru i shodno tome prilagoditi režim održavanja. Na starijim tipovima dizel motora će možda morati da se izvrši zamena određenih komponenti sistema za napajanje gorivom (creva i gumeni delovi). Prema jednom biltenu *Filter Manufacturers Council*-a iz aprila 2006. godine, savremeni konvencionalni filteri za gorivo pogodni su za upotrebu sa 20%-nom mešavinom biodizela (BD-20).

Gasovita goriva

Gasovita goriva za napajanje benzinskih, tj. Oto motora imaju sledeće dobre osobine:

- lako se mešaju sa vazduhom, stvarajući homogenu smešu,
- dobro sagorevaju, bez dima i čađi, ne ostavljajući taloge u motoru,
- emisija izduvnih gasova je bolja u odnosu na motore napajane tečnim gorivima,
- ne razređuju motorno ulje jer su u gasovitom stanju,
- otpornija su na detonaciju.

Glavni nedostatak gasovitih goriva je transport i distribucija, osim u slučaju tečnog naftnog gasa (TNG), koji je u našoj zemlji najrasprostranjenije gasovito gorivo za motornim vozilima. TNG je mešavina propana i butana, koji na sobnoj temperaturi prelazi u tečno stanje pri relativno niskim pritiscima (2–20 bar). U vozilskim motorima rezervoar za TNG manje ili više zauzima koristan prostor u vozilu i povećava mu masu. Takođe, postoje različiti podaci o uticaju na habanje ventilskih sedišta i ventila. Osim karakteristika goriva, tu treba uzeti u obzir i prilagođenost motora napajanju alternativnim gorivom i pravilnu podešenost sistema za napajanje, kao veoma bitne faktore na proces sagorevanja. Stacionarni gasni motori za pogon različitih postrojenja, kao što su pumpe, generatori i rudarski liftovi, obično se nalaze na lokacijama gde postoji kontinualno napajanje gasom.

Aditivi za gorivo

Posebni aditivi za benzin i za dizel gorivo (namenjeni naknadnom dodavanju u rezervoar) razlikuju se po načinu upotrebe, koncentraciji i svrsi. Uglavnom su namenjeni za:

- čišćenje sistema za napajanje gorivom, sprečavanje korozije i taloga,
- čišćenje brizgaljki, naslaga sa ventila i iz prostora za sagorevanje,
- sprečavanje taloženja i/ili smrzavanja vode u gorivu,
- spuštanje tačke kristalizacije (izdvajanja parafina) u dizel gorivu.

U uputstvu za korišćenje motora trebalo bi da stoji da li je ili nije dozvoljena upotreba aditiva za čišćenje sistema – što je posebno bitno u slučaju najsavremenijih motora, a naročito savremenih dizel motora s direktnim ubrizgavanjem, koji iziskuju upotrebu kvalitetnog goriva.

Neki aditivi za benzin mogu biti namenjeni stalnoj upotrebi (tzv. *Octan Booster*, *Lead Substitute* itd.), a za druge je predviđeno da se koriste svakih nekoliko hiljada kilometara (aditivi za čišćenje sistema). Aditivi za koje se tvrdi da povećavaju OB goriva ne povećavaju snagu motora, jer ni upotreba goriva sa većim OB ne povećava snagu motora, ali doprinose sprečavanju nepravilnog sagorevanja koje umanjuje snagu motora.

Aditivi se smeju upotrebljavati samo u skladu sa uputstvom proizvođača. Obratiti pažnju na ekološke posledice upotrebe ovih materija zbog moguće izmene sastava izduvnih gasova – to je teško uočljivo tokom eksploatacije motora.

Fabrički predviđeni aditivi

Aditivi koji se moraju obavezno koristiti u određenim dizel motorima jesu sredstva koja služe za obradu izduvnih gasova. Jedno od njih je **Cerin**, koji je namenjen putničkim automobilima proizvođača PSA. Prvi je bio model Peugeot 607 sa HDI motorom iz 2000. godine. Nakon toga se počeo primenjivati i u drugim modelima. Aditiv Cerin se ubrizgava zajedno sa gorivom, radi eliminisanja čađi iz izduvnih gasova. Aditiv utiče da se čestice vezuju za materijal u filteru čestica. Takva vozila imaju poseban rezervoar i sistem za ubacivanje aditiva u sistem za napajanje. Kapacitet rezervoara je toliki da je dopunjavanje potrebno nakon nekoliko desetina hiljada pređenih kilometara.

Sa uvođenjem EURO 5 normi za dizel motore privrednih vozila, uvedeno je sredstvo sa trgovačkim nazivom **AdBlue**, rastvor 32,5% uree u destilovanoj vodi (hemijski naziv za ureu je karbamid, a formula $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$). Urea ne spada u opasne supstance, niti u fiziološki ili

ekološki nepogodne. Deluje korozivno na čelik, gvožđe, aluminijum, nikel i obojene metale, pa ako se prospe mora se oprati, po mogućnosti toplom vodom.

Aditiv se posebnim sistemom automatski ubrizgava u izduvni sistem dizel motora, u cilju smanjenja emisije azotnih jedinjenja koja se na drugi način više nisu mogla umanjiti, npr. konstruktivno. Ubrizgavanjem u vrele izduvne gasove, *AdBlue* se najpre razlaže na vodu i ureu. Na temperaturi od oko 200 °C, urea se transformiše u amonijak, koji se sakuplja u katalizatoru. Ako se u gasovima pojave azotovi oksidi, dolazi do reakcije i azotovi oksidi se obrađuju tako da nastaju azot i vodena para. Da bi se taj rastvor mogao koristiti, motor mora imati sistem koji omogućava obradu izduvnih gasova metodom SCR (engl. *Selective Catalytic Reduction*). Automatsko doziranje se vrši zavisno od uslova rada motora (3–4% od potrošenog goriva). *AdBlue* se ne dodaje gorivu, nego se sistem napaja iz posebnog rezervoara, kapaciteta dovoljnog za više hiljada kilometara. Ovom metodom obrade izduvnih gasova motor može efikasno raditi u širokom dijapazonu radnih režima, uz pravilno sagoravanje i optimalnu potrošnju goriva.

Upotreba motora sa praznim sistemom ubrizgavanja rastvora *AdBlue*, osim nezadovoljavajuće emisije, prema podacima proizvođača moguća je, ali je vozač upozoren odgovarajućim signalom. Druga opcija je da vozilo bude putem OBD onemogućeno za dalje kretanje. Neodgovarajući rastvor uree ili dodavanje obične vode u rezervoar za aditiv dovodi do oštećenja katalizatora!

REŽIMI RADA MOTORA

Režim rada motora zavisice od vrste i namene potrošača, pa je zato bitno da motor bude usaglašen sa gonjenim agregatom. Pod režimima rada motora, na prvom mestu se podrazumevaju vrednosti opterećenja (obrtnog momenta i snage) i brzinskog režima (broj obrtaja u minuti), kao i položaj regulišućeg organa – komande gasa. Po tom osnovu, na motoru postoje dve vrste promene opterećenja:

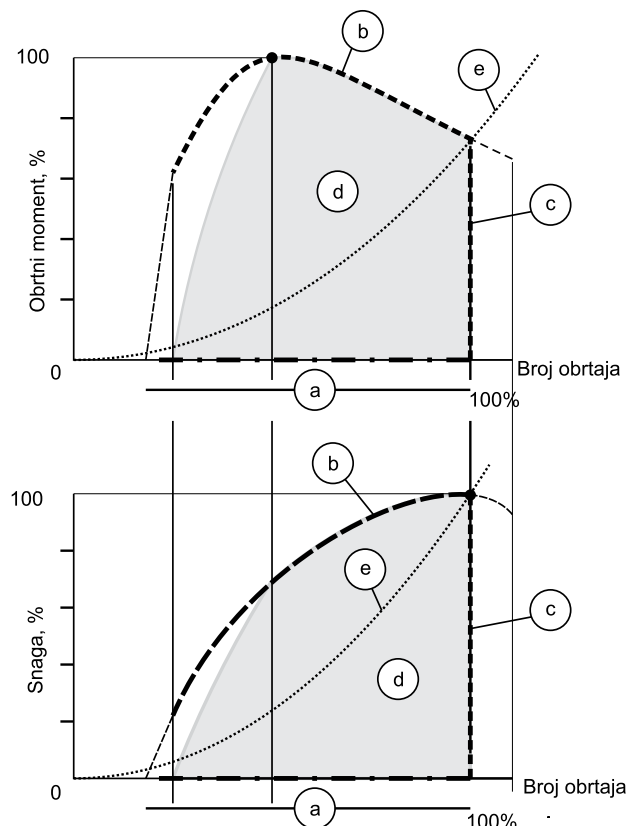
- unutrašnje promene koje utiču na odvijanje radnog procesa (promena količine punjenja cilindra) – što se reguliše komandom gasa;
- spoljašnje promene, tj. promena spoljašnjeg otpora na koju utiče priključeni potrošač.

Snaga koju motor razvija teži da se uravnoteži sa spoljašnjim opterećenjem. Za nepromenjen položaj komande gasa, ako se spoljašnje opterećenje poveća, motor će početi da usporava do nekog ravnotežnog stanja na nižim obrtajima. U slučaju da ne postoji takvo stanje, tj. odnos obrtaji/obrtni moment za taj položaj gasa, motor će usporavati dok se ne zaustavi.

Takođe, ako se spoljašnje opterećenje smanji, motor će početi da ubrzava do nekog novog ravnotežnog stanja. Zakon promene obrtaja motora zavisno od opterećenja za neki položaj gasa, zavisno od oblika krive momenta, tj. od vrste i konstrukcije motora.

Kada se gas poveća ili smanji, motor pri istom spoljašnjem opterećenju ubrzava ili usporava, opet do postizanja nekog ravnotežnog stanja. Odziv na promenu gasa takođe zavisno od vrste i konstrukcije motora. Kako fabrike daju obično samo dijagrame koji se odnose na maksimalan položaj regulišućeg organa (pun gas), oblik krive snage i obrtnog momenta na delimičnim opterećenjima i to promenljivim u vremenu, mogu se samo pretpostaviti. Odatle i razlike u „ponašanju“ različitih motora sa približnim ili istim nazivnim karakteristikama.

Od potrošača kojeg pokreće motor zavisice koliki obrtni moment pri kojim obrtajima motor treba da ostvari, tj. gonjeni uređaj svojim otporima diktira neku zavisnost parametara snage motora – obrtnog momenta i broja obrtaja. Takođe će zavisiti kako će se parametri menjati u vremenu. Na osnovu toga se mogu navesti neka karakteristična područja izlaznih karakteristika motora (slika 2-14):



Slika 2-14. Radno polje motora: dijagram snage i obrtnog momenta i različiti vidovi režima spoljašnjih opterećenja (teorijski, na primeru dizel motora): (a) prazan hod motora; (b) kriva punog opterećenja (pun gas); (c) generatora (n = const); (d) oblast pogona motornih vozila; (e) propelerska kriva.