

ČISTOĆA KOMPONENATA DIZEL MOTORA, KAO BITAN PARAMETAR ODRŽAVANJA KVALITETA I POUZDANOSTI U EKSPLOATACIJI

Dr P. Petrović,
dipl.inž. Lj. Marković,
dipl. inž. N. Radojević,
IMR, Beograd

U toku tehnoloških procesa izrade pojedinih delova dizel motora dolazi do pojava nečistoća koje se manifestuju preko raznih metalnih i drugih opiljaka, zaostatka lepljivih komponenata korišćenjem neadekvatnih sredstava za rezanje i hlađenje, naslaga prašine, ostataka zrnaca od livačkog peska i jezgara, ugljenika od procesa kovanja i dr.

Da bi se sve ove nečistoće otklonile propisan je tehnološki postupak pranja svih komponenata motora, kako u toku eksploatacije ne bi dospеле pre svega u sistem za pomazivanje, a i druge sisteme i time narušila predviđena pouzdanost motora.

U ovom radu dat je prikaz osnovnih smernica tehnoloških postupka pranja komponenata motora i analiza konkretnih rezultata merenja nečistoća i upoređenja sa dozvoljenim vrednostima.

Ključne reči: Dizel motor, nečistoće, kvalitet, održavanje, pouzdanost, pranje, tehnološki postupci, izrada, standard.

UVOD

Proizvodnja dizel motora je veoma kompleksna i obuhvata veoma široku tehnološku zastupljenost procesa u metalnoj industriji. Ta proizvodnja se globalno zasniva na sledećim postupcima: livenje, kovanje, različite vrste mašinskih obrada, presovanje, savijanje, izvlačenje, termičke obrada, zavarivanja i dr.

Proces livenja delova od sivog i modularnog liva odvija se u pesku korišćenjem jezgara za koja se koriste specijalne vrste peska, vezivnih sredstava i premaza, koja imaju i poseban termički tretman (blokovi motora, glave motora, korita, kućišta pumpi za vodu i ulje, bregaste osovine, zamajci, remenice, zupčanici, usisne grane, klipni prstenovi i dr.).

Livenje delova od silumina uglavnom se obavlja u kokilama (metalnim alatima), kao npr.: klipovi, kućica i poklopac razvoda motora, nosač filtera za ulje, kućište pumpi visokog pritiska i dr.

Procesom kovanja izrađuju se neki od delova kao npr.: kolenasta vratila, klipnjače, ventili i podizači ventila, venci zamajaca, razna vrste zavrtnjeva, zupčanici, nosači i tela brizgaljki i dr.

Od sinterovanog materijala se proizvodi manji broj delova, kao npr., sedišta ventila, ogrlice, čaure, neki delovi pumpi visokog pritiska i dr.

Proces mašinske obrade je najzastupljeniji i u najkraćem obuhvata: struganje (grubo i fino), glodanje, rendisanje, brušenje (fino i grubo), bušenje, razvrtanje, honovanje, poliranje, lepoliranje, brijanje i dr.

Limarski radovi i razna savijanja limova i cevi u toplom i hladnom stanju, uz korišćenje raznih postupaka zavarivanja (elektro, gasno, u zaštiti argona, tvrdo i meko lemljenje i dr.).

Termičke obrade: kaljenje, poboljšanje, cementacija, otpuštanje, nitriranje, žarenje, karboniranje, normalizacija, kadmijumizacija i dr.

Takođe su zastupljeni i postupci: pranja, odmašćivanja, konzerviranja, zaštitnog i završnog farbanja, pakovanja, skladištenja, starenja, transporta i dr.

U ovom delu rada navedene su glavne tehnološke operacije pri izradi delova motora, koji se izrađuju po različitim postupcima i uslovima izrade. Svaki od postupaka u većoj ili manjoj meri na delovima ostavlja izvesne nečistoće koje ako se specijalnim postupcima ne otklone mogu da izazovu neželjene posledice u radu motora i time direktno utiču na funkcionalnost, kvalitet održavanja, pouzdanost motora i sl.

NASTAJANJE NEČISTOĆA PRI IZRADI KOMPONENATA DIZEL MOTORA

Kao što je napomenuto u uvodnom delu, uzrok tih pojava nečistoća u motoru je direktna posledica same izrade delova i tehnoloških postupaka koji se primenjuju u toku izrade. Kroz sve faze izrade i pripreme komponenata motora, praktično je nemoguće izraditi potpuno čiste delove i kao takve ih ugraditi u motor.

Procesom livenja glavnih delovima motora, kao što su blok, glava, usisna grana, korito i dr... i pored predviđenog čišćenja odlivaka, ostaju izvesne količine livačkog peska, kao i zrnca jezgara, naročito u uljnim i vodenim kanalima, koji inače nisu dostupni mehaničkom čišćenju.

Kod livenja u kokilama ta pojava je znatno manje izražena ili je uopšte nema, ali ako je neadekvatan ili istrošen alat, nepotpun tehnološki postupak, loš liv i sl. može uticati da se na površinama odlivka stvaraju tzv. "pucne-bobice", koje ako se ne otklone mogu dopreti u sisteme za podmazivanje, napajanje gorivom ili hlađenje motora.

Kod otkivaka je takođe predviđeno mehaničko čišćenje naslaga ugljenika, odnosno gareži, čiji zaostaci takođe tokom rada motora mogu dopreti u sistem podmazivanja.

Kod svih mašinskih obrada i postupaka postoji mogućnost zaostatka, u zavisnosti od obrade različitih vrsta i veličina strugotina, opiljaka, metalne prašine i sl. Pored toga, neadekvatna primena alata i režima obrade, uz korišćenje takođe neodgovarajućih sredstava za hlađenje i podmazivanje može prouzrokovati dodatne probleme u vidu kvaliteta obrađenih površina i stvaranja dodatnih naslaga u vidu laka, smola, masnoća i drugih neželjenih posledica.

Procesi presovanja, izvlačenja, zavarivanja, savijanja i sl. takođe dovode do mikro oštećenja površina, stvaranja nečistoća i šljake, koje se takođe mogu u toku rada motora pojaviti u nekom od sistema, a posebno je to nepoželjno u sistemu za podmazivanje.

Termičke obrade i zaštite zbog postupaka na višim i visokim temperaturama i primene potrebnih sredstava za obavljanje željenog postupka, takođe mogu izazvati mikro naslage na površinama delova, koje ako se ne otklone, mogu imati negativne posledice po rad motora.

Pored nastajanja nečistoća putem izrade delova, postoje i druge mogućnosti stvaranja određenih naslaga, najčešći slučaj je taloženje prašine na delove, naročito pri dužem

skladištenju. Zbog navedenih uzroka nastajanja nečistoća, neophodno je različitim tehnološkim postupcima propisati režime otklanjanja nečistoća, npr.: sredstva za pranje, temperatura, pritisak, vreme i dr.

Međutim i pored propisanih režima, praktično je nemoguće otklanjanje svih mogućih nečistoća delova motora, pa mnogi svetski proizvođači, između kojih i Industrija motora Rakovica, doneli su propise o dozvoljenim masenim količinama nečistoća u zavisnosti od tipa motora.

STANDARDI KOJI SE ODNOSI NA ČISTOĆU KOMPONENATA MOTORA I VOZILA

Poznati svetski proizvođači automobila i motora početkom 90-tih godina počeli su intenzivnije da posvećuju pažnju nastajanju, otklanjanju i analizi pojava nečistoća komponenata motora. U tom kontekstu, da bi efekat bio što bolji dobavljači su osnovali udruženje pod okriljem Instituta IPA iz Štutgarta (Institut Produktionstechnik und Automatisierung Fraunhofer). U okviru udruženja su dobavljači: Audi, Bosch, BMW, Castrol, Daimler-Chrysler AG, Hydac, Porsche Henkel, Siemens, VW i dr.

Rezultat aktivnosti udruženja je nastajanje standarda koji obuhvataju sve aspekte površinske čistoće komponenata, koji su definisani u TECSA pravilniku.

Skup standarda (VDA, ISO 18413, ISO/DIS 12345, ISO 16232, ISO/DIS4407, ISO 11171, ISO 4406, ISO TR 10949, ISO218, ISO TR 386, DIN 25410, VDI 2083-4) tretiraju problematiku čistoće komponenata motora i njihovih goriva, delova automobila, metode za mikroskopska istraživanja, čistoću hidrauličnih fluida, kontrolu čišćenja i ispiranja, merne metode, sredstva za čišćenje, stepen zaprljanosti, metode kalibracije, čistoće navoja, klasifikacije stepena čistoće površina, dokumentaciju, zahteve izveštaja i dr.

DOZVOLJENE VREDNOSTI NEČISTOĆA KOMPLETNIH MOTORA I NJEGOVIH POJEDINIH KOMPONENATA

Poznati svetski proizvođači da bi održali visok standard kvaliteta motora, primenom različitih postupaka obezbeđuju minimalne nečistoće.

Jedan od njih, Perkins za svoje motore dozvoljava sledeće nivoe nečistoća, koje su prikazane u tabeli 1. Dozvoljene vrednosti se kvantifikuju kroz vrednosti nečistoća kompletnog motora, kao i nečistoće u kanalima, cevovodima i drugim delovima koji se nalaze u ulju ili kroz koje cirkuliše ulje za podmazivanje.

TIP MOTORA	DOZVOLJENA VREDNOST (g)
6.288/6.305	0.750
6.354 (S46 IMR)	0.850
4.99/4.108	0.500
4.270/4.300	0.750
4.236 (S44 IMR)	0.750
4.203 (M34 IMR)	0.750
3 CILINDRA	0.750
V.8.510	1.000
3.152 (M3 IMR)	0.750
D.3.152 (DM 33 IMR)	0.750

Tabela 1. Dozvoljena vrednost nečistoća Perkinsovih dizel motora

Opšti dozvoljeni nivoi za pojedine delove motora prikazani su u tabeli 2.

METODOLOGIJA ISPITIVANJA NEČISTOĆA MOTORA

Provera čistoće motora vršena je po procedurama Perkins-a (QCP- QUALITY CONTROL PROCEDURE 10,11,53,59,60.), koje se ukratko sastoje u sledećem.

- Motori se svrstavaju u grupe po tipovima,
- Vršiti se izbor motora, koji se predhodno dobro opere posebnim rastvaračem, uz demontažu delova koji podležu ispitivanju. Dalje, se prenosi do prostorije gde se vrši ispitivanje,
- Izabrani tip motora, dopremljen u prostoriju sa navedenom opremom, kao takav je spreman za ispitivanje, odnosno demontažu posebnih delova i pranje u posudama sa trihloretilenom,
- Nakon pet minuta stajanja u posudu odliva se višak tečnosti u drugu posudu, a ostatak, posle ubrzanog sušenja odvaja se suva materija, meri na adekvatnoj vagi, a zatim deponuje u staklene epruvete,
- Svaki deo ima svoje posebne zahteve pri proveru, na primer zatvaranje otvora vodenih i uljnih kanala bloka i glave motora, radilice i slično.
- U okviru provere čistoće motora uglavnom podležu sledeći delovi motora:
 - brizgaljke i delovi sistema za ubrizgavanje goriva,
 - poklopac glave i glava motora, sa pratećim delovima sklopa (ventili, opruge, poklopci, ogrlice, ventili, podizači, cevi, priključci, podloške i dr.),

- prečistač ulja, ventili, sve cevi i priključci, podloške i dr. usisna grana, cevi i drugi delovi sistema,
- odlivak glave motora,
- korito i predprečistač za ulje,

Naziv dela	Dozvoljena vrednost (g)
Prečistač za gorivo	0,005
Cevi za gorivo	0,003
Adapter prečistača za ulje (uljni kanali)	0,005
Turbokompresor - usisna strana	0,003
Dovodna cev za ulje u turbokompresor	0,003
Turbokompresor	0,015
Balanse	0,025
Cevi hladnjaka kroz koje cirkuliše ulje	0,005
Hladnjak za ulje gde ulje teče oko cevi	0,030
Dovodne cevi pumpe za ulje	0,005
Sklop cilindarske glave	0,015
Poklopac glave cilindra — sklop	0,015
Bregasta osovina	0,010
Korito motora	0,015
Pumpa za ulje	0,025
Usisna grana	0,015
Izduvna grana	0,015
Klipnjača i klipni sklop (posle pranja)	0,010
Cevi za ulje	0,005
Prečistač za ulje	0,005
Sklop kućice razvoda — uključujući i zupčanike	0,025
Cilindarski blok	
uljni kanali	0,005
blok bez uljnih kanala	0,055
poklopci ležaja kolenastog vratila	0,020
Odlivak cilindarske glave	
usisni kanali	0,015
izduvni kanali	0,015
gornja površina	0,010
Kolenasto vratilo	
uljni kanali	0,005
kolenasto vratilo bez uljnih kanala	0,010

Tabela 2. Dozvoljene vrednosti nečistoća pojedinih delova motora

- pumpa za ulje, usisne cevi, osovina pumpe, predprečistač, opruge i dr.,
- kućica razvoda, prednji poklopac, zupčanici, pomoćni pogon, vijci i dr.,
- klipovi i klipnjače, poklopci ležajeva, vijci, navrtke, klipni prstenovi i dr.,
- kolenasto vratilo,
- blok motora, poklopci ležajeva kolenastog vratila, vijci, limeni osigurači, zadnja zaptivača kolenastog vratila, prelivni ventil, cev za nalivanje ulja sa sitom i vijcima i dr.

Podaci o proveri čistoće upisuju se u specijalne formulare, koji se pričinaju uz konačan izveštaj o ispitivanju.

POSTUPCI ZA OTKLANJANJE NEČISTOĆA DELOVA DIZEL MOTORA

Postupci za pranje, odnosno, otklanjanje nečistoća delova motora mogu biti različiti i uz korišćenje različitih sredstava.

Linije za čišćenje uglavnom se formiraju po vrsti delova, kako bi proces bio što efikasniji. Najbrži i najjednostavniji postupak za otklanjanje krupnijih i mikro čestica je korišćenje vazduha pod pritiskom. Međutim u mnogim slučajevima taj postupak nije i dovoljan, pa je neophodna primena drugih postupaka.

TECSA pravilnik definiše elemente kontrole čistoće, koji obuhvata vizuelni pregled, ultra zvučne metode, ispiranje pod povišenim pritiskom, metode za ispiranje raspršivanjem i vibriranjem, filtriranje, graviometriju, mikroskopiju i dr. Isti pravilnik definiše izbor neutralnih sredstava za ispiranje, njegovu temperaturu i temperaturu okoline, metodu ispiranja i njene parametre, vreme ispiranja, količinu sredstva za ispiranje i dr.

Uz primenu svih zahteva pravilnik TECSA u načelu za pojedine komponente dozvoljava maksimalnu vrednost (C_n), manju od 10% u odnosu na maksimalnu izmerenu vrednost (C_i).

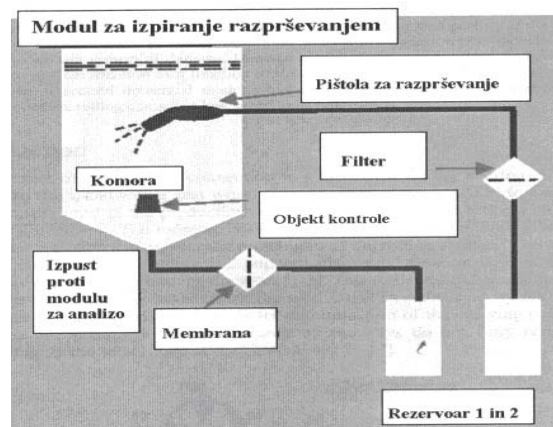
$$C_n < 0,1 \sum_{i=1}^n C_i \quad (n\text{-broj uzoraka})$$

Za pojedine delove koriste se specijalne posude za pranje korišćenjem trihloroetilena.

Najčešći postupak pranja, odnosno otklanjanja nečistoća je upotreba specijalnih kada, uz korišćenje posebno namenjenih sredstava koja se zagrevanju do propisane temperature, u zavisnosti od dela motora.

Za manje delove motora, kao što su: klipovi, klipnjače, osovine, bregasta vratila, zupčanici, ležajevi, poklopci ležajeva, košuljice i sl. u cilju

dekontaminacije mogu se koristiti uređaji tzv. CTU (Contamination Test Unit) koji u specijalnim komorama uz korišćenje sredstava za čišćenje raspršivanjem vrše dekontaminaciju delova motora. Jedan modul takvog uređaja za ispiranje raspršivanjem prikazan je na slici 1.



Slika 1. CTU – Modul za ispiranje raspršivanjem

REZULTATI MERENJA NEČISTOĆA DIZEL MOTORA IMR-a

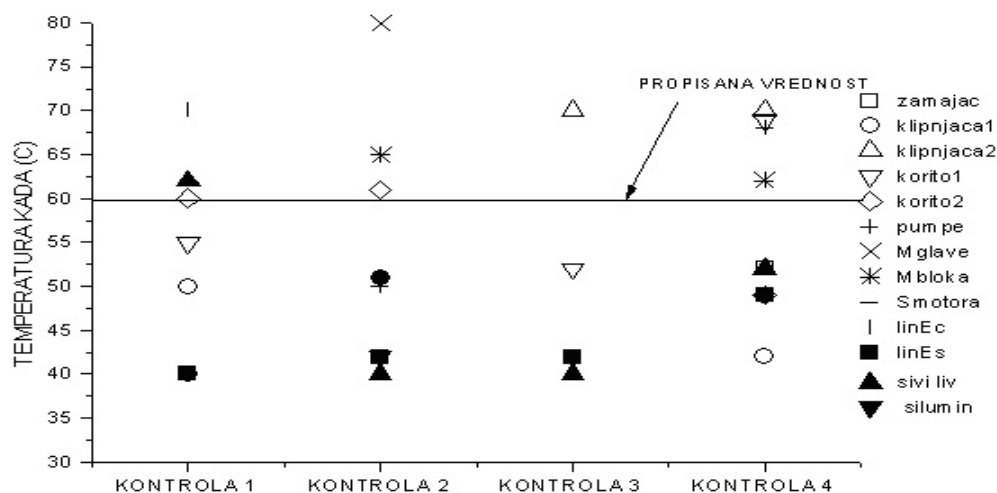
U Industriji motora Rakovica merene su nečistoće nekih komponenata motora. Koristeći propisanu metodologiju merenja izvršena je uporedna analiza izmerenih nečistoća, u odnosu na dozvoljene vrednosti.

Rezultati merenja nečistoća na delovima od pet uzoraka, jednog najzastupljenijeg tipa motora IMR-a, prikazani su u tabeli 3.

Na slici 2 prikazan je opseg radnih temperatura kada za pranje nekih komponenata motora.

S obzirom da su ispitivanja nečistoća dosta komplikovana i zahtevaju angažovanje većeg broja učesnika, pa se iz tih razloga i vrše povremeno, ali nameće se konstatacija da se pojavama nečistoća na komponentama motora mora posvetiti mnogo veća pažnja.

Na delovima jednog drugog tipa motora takođe su merene nečistoće motora čiji su rezultati prikazani u tabeli 4. Iz ove tabele se vidi da su za pojedine delove motora nedozvoljene vrednosti po nekoliko puta veće od dozvoljenih, što potvrđuje predhodne konstatacije, da se i kod ovog tipa motora pojavljuje nedozvoljeno visok nivo nečistoća na delovima koji su u sistemu podmazivanja. Iz dva uzorka ulja iz filtera, izvršene su laboratorijske analize u kojima su pronađene ukupne nečistoće težine 1,6776g i 0,6116g, uglavnom metalnih oksida i pepela u iznosu 1,2g i 0,4g. Sastav nečistoća je uglavnom od metalnih magnetičnih opiljaka različitih oblika i veličina, uz izvesno prisustvo gareži.



Slika 2. Prikaz temperatura kade za pranje delova motora

NAZIV DELA	MERENJE	
	br. uz.	nečis. veća doz. puta
Cilindarski blok	5	5.73
Uljni kanali	5	18.496
Kučište radilice	5	2.931
Poklopac ležaja	5	9.615
Glava cilindra	5	9.42
Usisni kanali	5	5.187
Izduvni kanal	5	8.54
Gornja strana	5	17.76
Radilica	5	13.76
Uljni kanali	5	17.325
Bez uljnih kanala	5	12.23
Poklopac gl.sklop	4	24.9
Bregasta	5	23.7
Korito	5	23.9
Usisna grana	5	13.54
Klip sa klipnjačom	5	14.748
Cev za ulje	4	5.7
Kučica razvoda	5	6.674
Ležajevi	5	7.04
Klackalica	5	27.25
Ventil podizač	5	31.68
Preč.za ulje	5	10.808
Pumpa za ulje	4	9.58
Izduvna grana		
Osovina klackalica	5	3.97

Tabela 3. Izmerene vrednosti nečistoća komponentata najzastupljenijeg tipa motora IMR-a

Laboratorijskom analizom ulja i pored prisustva većeg udela nečistoća od dozvoljenih, ulje je zadržalo svoje viskozne karakteristike, na 50⁰ C je 63 cm²/s, a na 98,7⁰ C je 13,8 cm²/s, bez sadržaja goriva i vode, nerastvoreno u benzinu-0,59, a nerastvoreno u benzolu-0,42, što znači da aditivi nisu bili istrošeni.

Ovakve konstatacije se ne mogu prihvatiti u svim uslovima ispitivanja i nekontrolisanim količinama nečistoća, jer u protivnom njihovo

prisustvo može uticati na viskozitet ulja, pre svega na povećanje, što bi znatno umanjilo efekat podmazivanja motora i time ugrozilo dalje funkcionisanje motora.

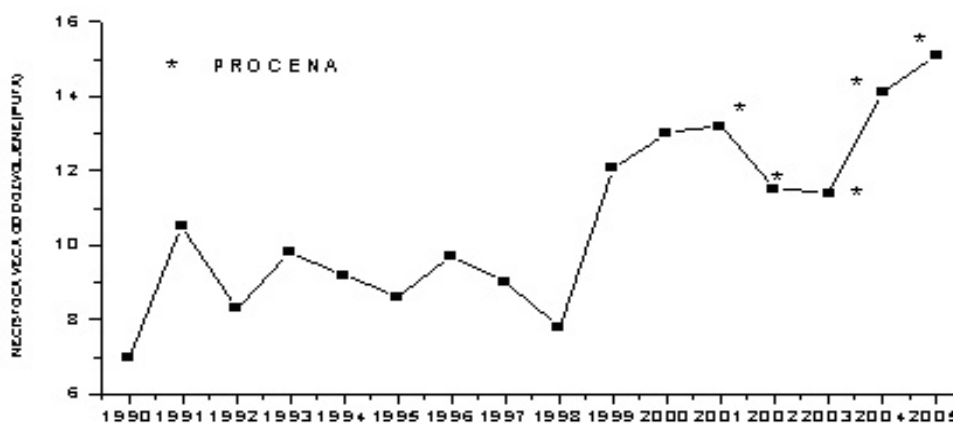
Dijagramom na sl. 3 dat je prikaz ukupnih nečistoća jednog iz familije najzastupljenijih motora IMR-a, u našoj zemlji za period od petnestak godina u nazad. Sa ovog dijagrama se vidi da je prisustvo ukupnih nečistoća iznad dozvoljenih vrednosti i da se moraju preduzeti potrebne akcije u cilju redukcije istih kako bi se poboljšao kvalitet motora, a time i njegovu funkcionalna pouzdanost.

ZAKLJUČAK

Očigledno je da se prisustvu nečistoća u motorima domaćih proizvođača mora posvetiti mnogo više pažnje nego do sada, što potvrđuju i poznati svetski proizvođači automobila i motora. Neki dobijeni rezultati nivoa prisustva nečistoća u motoru su dosta visoki i potencijalno mogu uticati na povećano habanje svih kliznih i rotirajućih elemenata, a time i na smanjenja pritiska podmazivanja i ugrožavanja funkcionalnosti rada motora. Iz istih razloga može doći i do degradacije kvaliteta ulja, pre svega povećanja viskoziteta i smanjenja ili potpune blokade funkcije filtera za ulje, što takođe može dovesti u pitanje funkcionisanje, pa i otkazivanje rada motora. Da bi se sve ove mogućnosti eliminisale zbog nedozvoljenog prisustva nečistoća u motoru, celokupnu problematiku moraju pratiti važeći standardi kako bi se zahtevi tehnoloških postupaka i kriterijuma nivoa nečistoća u motoru u potpunosti ispunili i time u znatnoj meri poboljšao kvalitet održavanja i pouzdanosti rada motora.

Deo ili sklop motora čija je nečistoća kontrolisana	Ukupna dozvoljena vrednost nečistoća (gr.)	Prva kontrola nečistoća (gr.)	Nečistoća veća od dozvoljene (puta)	Druga kontrola nečistoća (gr.)	Nečistoća veća od dozvoljene (gr.)
Blok motora	0,005	0,761	9,5	0,603	7
Ležajevi	0,005	0,015	3	0,014	2,8
Kolenasto vratilo	0,015	0,070	4,5	0,044	3
Korito motora	0,015	0,210	14	0,084	5,6
Cev za ulje	0,005	0,058	11,6	0,055	11
Sklop klipova i klipnjača	0,010	0,086	8,6	0,074	7
Glava motora	0,040	0,886	22	0,365	9,12
Poklopac glave	0,015	0,155	13	-	-
Bregasta osovina	0,010	0,036	3,6	0,015	1,5

Tabela 4. Izmerene vrednosti nečistoća komponenta jednog tipa motora IMR-a



Slika 3. Odnos izmerenih i dozvoljenih nečistoća na jednom tipu motora IMR-a

LITERATURA

- /1/ Quality control procedure – QCP 011 “Engine and component cleanliness checks”
- /2/ Izveštaji o stanju unutrašnje čistoće delova motora IMR-a
- /3/ P.Petrović “Parametri koji utiču na tribološke karakteristike motorskog mehanizma” (V međ. konferencija o tribologiji, časopis “Tribologija u industriji”, vol. 19, No 3).
- /4/ Lj. Marković, P. Petrović, Lj. Stojanov, S. Bogojević i dr. “Eksploatacija dizel motora sa stanovišta primene kvaliteta dizel goriva”, (Časopis “Održavanje mašine i opreme – OMO br. 1/1999. Beograd)
- /5/ Anela Krajnc „ Surface prity of parts and components in automotive industry, 7th conference and exhibition Innovative Automotive Technology „ IAT 05., , 21-22 04. 2005g. Bled , Slovenija.

CLEANLINESS COMPONENTS OF DIESEL ENGINES, AS AN ESSENTIAL PARAMETER OF QUALITY MAINTENANCE AND RELIABILITY IN EXPLOATATION

During technological processes of manufacture of individual Diesel – engine parts appear impurities, such as various metal and other chips, remainings of sticky components due to application of unsuitable cutting and cooling agents, deposits of dust, rests of grains from foundry sand and cores, carbon from the forging process, etc. In order to eliminate all these impurities, a technological procedure is prescribed for washing all engine componets, so that during operation the impurities do not get into lubricating system, first of all, as well as into other systems, jeopardizing thereby the foreseen reliability of engines. In this work, a review is given of the basic guidelines of technological procedure of washing of engine components and an analysis of concrete results of measure of impurities, as well as a comparison with allowed values.

Key words: Diesel engine, impurities, quality, maintenance, reliability, washing, technological procedures, manufacture, standard..