



MONITORING STANJA KROZ TESTOVE ANALIZE ULJA

Perić Sreten¹, Nedić Bogdan²

¹Vojna akademija, Beograd, Srbija, sretenperic@yahoo.com

²Mašinski fakultet Kragujevac, Srbija, nedic@kg.ac.yu

Apstrakt: Postoji veliki broj različitih testova u sklopu analize ulja koji se koriste za procenu njegovog stanja. Testovi moraju da pokriju tri oblasti od interesa: stanje tehničkog sistema, stanje nečistoća u mazivu i stanje maziva. Sa aspekta stanja tehničkog sistema posebnu pažnju treba obratiti na pojavu i trend promene broja metalnih čestica u ulju. Drugi fokus bi bilo stanje maziva, gde je pažnju potrebno usmeriti na znakove koji upućuju na promenu viskoznosti, povećanje oksidacije i trošenje aditiva. Treći fokus bi bilo stanje nečistoća u ulju, gde je potrebno pažnju obratiti na brojnost čestica, sadržaj vode i metalnih nečistoća.

Korišćenjem programa za analizu ulja u slučaju motornih ulja, osigurava se nekoliko prednosti: smanjenje neplaniranog vremena otkaza vozila, poboljšanje pouzdanosti vozila što je od koristi prilikom organizovanja efikasnog plana održavanja, produženje radnog veka motora, optimiziranje intervala zamene ulja i smanjenje troškova održavanja vozila.

U ovom radu će biti prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja fizičko-hemijskih karakteristika uzorkovanih ulja iz motora vozila Mercedes O 345 koja su bila u eksploataciji. Realizovanim ispitivanjima konstatovano je da dolazi do promena fizičko-hemijskih karakteristika ulja za podmazivanje u motoru vozila.

Ključne reči: monitoring, održavanje, analiza ulja, podmazivanje.

1. UVOD

Imajući u vidu da je osnovna uloga maziva da smanji negativne efekte triboloških procesa u pogledu trenja, habanja i rasta temperature u tribomehaničkim sistemima, svi vidovi održavanja uključuju podmazivanje kao veoma značajan deo ukupne procedure [1].

Analiza ulja je široko zastupljen i efikasan alat u programu monitoringa stanja tehničkih sistema. Razvijen je veliki broj uređaja i testova za analizu ulja, a njihovo usavršavanje se i dalje nastavlja, kako bi se omogućio što kvalitetniji monitoring i dijagnosticanje problema nastalih u procesu podmazivanja.

Posebno treba naglasiti značaj monitoringa ulja za podmazivanje sklopova tribomehaničkih sistema motora SUS, koji omogućava da se u ranoj fazi funkcionisanja sistema identifikuju eventualni uzročnici i pojave koji vode ka oštećenju i otkazu.

Savremeni programi za analizu ulja su jednostavni za realizaciju čemu posebno doprinosi razvoj računara i savremene merne opreme. Poslednjih godina se mnogo radi na razvoju novih tehnika za analizu podmazivanja i povećanju

sposobnosti određivanja stanja tehničkog sistema, maziva i nečistoća u ulju.

2. KONTROLNE FIZIČKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE MAZIVIH ULJA

Osnovne fizičko-hemijske osobine na osnovu kojih se određuje kvalitet ulja su:

- **fizičke osobine:** viskoznost, gustina, tačka paljenja, tačka zamucenja, tačka tečenja, isparljivost, emulzivnost, deemulzivnost, penušanje, deaeracija, indeks viskoznosti i dr.
- **hemijske osobine:** neutralizacioni broj (TAN), ukupan bazni broj (TBN), oksidaciona stabilnost, hemijska i termička stabilnost, korozivnost, sadržaj pepela i sadržaj koksa, sadržaj vode, kompaktilnost, toksičnost i dr.

Viskoznost (Viscosity) predstavlja meru unutrašnjeg trenja, koja se ispoljava kao otpor kretanju delića fluida usled dejstva naprezanja na smicanje.

Promena veličine viskoznosti u toku upotrebe ulja posledica je više razloga. Pri tome može doći do porasta ili opadanja viskoznosti u odnosu na početnu vrednost. Porast veličine viskoznosti

ukazuje na proces oksidacije ulja ili kontaminaciju ulja vodom i nečistoćama, te produktima habanja. Pad viskoznosti ulja može biti posledica mešanja sa uljem niže viskoznosti ili zbog smicanja poboljšivača viskoznosti. Takođe, pad viskoznosti je u korelaciji sa padom temperature paljenja. Uzroci mogu biti visoka temperatura, opterećenje, nekontrolisano dug interval upotrebe, nedovoljna količina ulja u uljnom sistemu, neefikasno hlađenje sistema.

Indeks viskoznosti predstavlja tendenciju promene viskoznosti sa promenom temperature i iskazuje se empirijskim, bezdimenzionalnim brojem. Za vreme eksploatacije poželjno je da promena viskoznosti sa promenom temperature bude što manja.

Gustina (Density) predstavlja odnos mase i zapremine na određenoj temperaturi. Porast gustine mineralnih ulja je u funkciji povećanja molekulske mase, u zavisnosti od preovlađujućeg sadržaja određene vrste ugljovodonika.

Tačka paljenja (Flash Point) mazivog ulja predstavlja onu temperaturu do koje treba zagrejati fluid kako bi se, pod tačno definisanim uslovima ispitivanja, u prisustvu plamena javilo prvo paljenje smeše uljne pare i vazduha, a da nakon toga nema daljeg gorenja.

Kod motornih ulja analizom tačke paljenja utvrđuje se prisustvo goriva u ulju, koje je posledica lošeg rada motora (loš rad karburatora ili brizgaljki). Snižavanje tačke paljenja ukazuje na prodor goriva.

Emulzivnost (Emulsibility) je sklonost fluida da se meša sa vodom i da gradi stabilnu emulziju. Određuje se potrebnim vremenom za potpuno mešanje ulja i vode.

Penušanje (Foaming) se definiše kao sklonost fluida da rastvara vazduh i da gradi penu. Pojava pene u ulju ubrzava oksidacione procese i stimuliše aeraciju, što za posledicu ima intenzivnu kavitaciju, slabo podmazivanje i smanjenje veka upotrebe samog ulja.

Neutralizacioni broj (Neutralization Number – Total Acid Number, TAN) je mera ukupne kiselosti (sadržaj jakih i slabih kiselina). Predstavlja brojnu vrednost količine kalijum hidroksida (KOH) koja je potrebna za neutralizaciju svih prisutnih kiselina u 1g ulja. Izražava se u mgKOH/g ulja. Sveža ulja imaju kiseli karakter, a vrednost TAN-a zavisi od karakteristika aditiva i njihovog procentualnog učešća u masi.

Ukupni bazni broj (Total Base Number – TBN) predstavlja meru alkalnosti od svih materija u ulju koje pokazuju bazne reakcije i obuhvata sve alkalne komponente koje se sastoje iz jakih i slabih baza, pri čemu se pod pojmom podrazumevaju one čija je pH vrednost veća od 10 (pH > 10).

Sagorevanjem goriva u motoru i kondenzacijom formiraju se sumporasta (H_2SO_3) i sumporna (H_2SO_4) kiselina koje deluju agresivno na metalne površine povećavajući stepen korozivnog dejstva ulja. Radi njihove eliminacije motornom ulju se, za vreme procesa proizvodnje, dodaju aditivi koji mu daju bazna svojstva. Vremenom, bazna svojstva ulja slabe, pa se zato određuje ukupni bazni broj kao mera istrošenosti aditiva.

Oksidaciona stabilnost (Oxidation Stability) podrazumeva otpornost ulja na čitav niz složenih hemijskih procesa izazvanih delovanjem kiseonika iz vazduha. Ubrzavanje procesa termooksidacione razgradnje molekula ulja nastaje povećanjem temperature, a posledica toga su produkti oksidacije koji mogu biti u tečnom, polutečnom ili čvrstom stanju, pri čemu najčešće imaju kisela svojstva. Osim ove temperature, brzina oksidacije zavisi i od prisustva vode, metala kao katalizatora i kiselih jedinjenja.

Sadržaj pepela (Ash Content) je mera sadržaja jedinjenja metala i drugih neorganskih komponentata.

Korozivnost (Corrodibility) – se definiše kao mera agresivnog dejstva nekih komponenti i/ili ulja u celini na elemente mehaničkog sistema.

Sadržaj vode (Water Content) određuje se kod korišćenih ulja, dok kod svežih ulja voda ne bi smela biti prisutna. Sadržaj vode u korišćenom ulju može izazvati brojne negativne posledice: pojavu korozije na komponentama sistema, pojavu penjenja ulja i uljnog mulja, istrošenost aditiva, starenje i oksidaciju ulja, smanjenje debljinje uljnog filma, slabljenje izdržljivosti i razaranje uljnog filma između kontaktnih površina, pojavu kiselih produkata starenja ulja, stvaranje neželjenih emulzija, pojavu mržnjenja slobodne vode itd.

Sadržaj asfaltena (Asphaltene Content) se primenjuje za dijagnostiku stanja ulja i vremena zamene. Asfalten predstavlja smolastu materiju visokih molekulskih masa i obično je proizvod starenja.

Sadržaj goriva u ulju odnosi se prvenstveno na motore SUS. Gorivo smanjuje veličinu viskoznosti i temperaturu paljenja ulja. Zbog mogućnosti da se ugroze uslovi podmazivanja ograničava se dozvoljena razređenost ulja gorivom.

3. REZULTATI ISPITIVANJA I PROMENE KARAKTERISTIKA MOTORNOG ULJA

U okviru ovog dela rada prikazani su rezultati dela eksperimentalnih ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika motornih ulja u Laboratoriji za pogonska sredstva VTI Beograd.

Granice dozvoljenih odstupanja vrednosti pojedinih karakteristika ulja uslovljene su vrstom

ulja, radnim uslovima i internim preporukama proizvođača maziva i korisnika.

U tabeli 1. dato je poređenje dozvoljenih vrednosti promena fizičko-hemijskih karakteristika motornih i menjačkih ulja prema preporukama "Texaco" [1].

Pored promene fizičko-hemijskih karakteristika ulja praćene su i promene produkata habanja. U tom pogledu određena je količina produkata habanja gvožđa (Fe) i bakra (Cu). Poreklo pojedinih elemenata kao produkata habanja u motornom ulju prikazano je u tabeli 2.

Analiza sadržaja različitih metala prisutnih u mazivu je veoma značajna. Čestice metala su

Tabela 1. Dozvoljene vrednosti odstupanja fizičko-hemijskih karakteristika ulja [2]

Karakteristika	Motorno ulje			Menjačko ulje		
	Dobro	Toleriše se	Kritično	Dobro	Toleriše se	Kritično
Viskoznost na 100°C, rast,%	0 do 15	15 do 20	> 20	0 do 10	10 do 15	> 15
Viskoznost na 100°C, pad,%	0 do 15	15 do 20	> 20	0 do 10	10 do 20	> 20
Sadržaj vode, %	Ne sadrži	< 0,2	> 0,2	< 0,04	0,04 do 0,1	> 0,1
Sadržaj goriva, %	0 do 2	2 do 5	> 5			
TAN, rast, %				0 do 5	5 do 10	> 10
TBN, pad, %	0 do 25	25 do 50	> 50			
Sadržaj Fe, ppm	< 75	75 do 100	> 100	< 250	250 do 500	> 500
Sadržaj Cu, ppm	< 30	30 do 50	> 50	< 30	30 do 50	> 50
Sadržaj Pb, ppm	< 30	30 do 50	> 50	< 30	30 do 50	> 50
Sadržaj Al, ppm	< 20	20 do 40	> 40	< 15	15 do 30	> 30
Sadržaj Si, ppm	< 25	25 do 40	> 40	< 30	30 do 100	> 100
Sadržaj Cr, ppm	< 25	15 do 30	> 30	< 10	10 do 20	> 20
FTIR	< 0,3	0,3 do 1	> 1	< 0,3	0,3 do 1	> 1

Tabela 2. Poreklo pojedinih elemenata u motornom ulju

Elementi	Poreklo
Fe	Cilindri, klipovi, ležajevi, zupčanci, podizači ventila, bregasta osovina, kolenasto vratilo, osovine
Al	Klipovi, Al-Sn ležajevi, turbokompresor
Ag	Posrebreni delovi, ležajevi, osovinice
Cr	Hromirani delovi, klipovi, cilindri, podizači ventila, izduvni ventili, klipnjača
Cu	Cu-Pb ležajevi, čaure, hladnjak ulja, bregasta osovina, razvodni mehanizam (ventili sa sistemom za otvaranje i zatvaranje), brizgaljka, regulator
Pb	Cu-Pb ležajevi, benzin, aditivi
Sn	Delovi od bronzne, ležajevi, klipovi
B	Antifriz
Na	Antifriz
Ca	Iz atmosfere
Si	Prašina iz atmosfere
Zn,Mg,Mo	Iz aditiva

Ispitivanje je realizovano periodičnim uzimanjem uzoraka ulja iz motora navedenih vozila. Osim svežeg ulja („nulti“ uzorak), uzeti su uzorci nakon pređenih 10000 km, 20000 km i 30000 km. Nakon pređenih 30000 km izvršena je zamena uljnog punjenja u motorima sva tri vozila.

abrazivne a ponašaju se i kao katalizatori oksidacije ulja. U motornim uljima, poreklo elemenata može biti iz aditiva, od habanja, iz goriva, iz vazduha i tečnosti za hlađenje. Metali iz aditiva mogu biti Zn, Ca, Ba, ili Mg i ukazuju na potrošenost aditiva. Metali koji potiču od habanja su: Fe, Pb, Cu, Cr, Al, Mn, Ag, Sn i ukazuju na povećano habanje u tim sklopovima. Elementi koji potiču iz rashladne tečnosti su Na i B, a povećani sadržaj ukazuje na prodor rashladne tečnosti u mazivo. Povećan sadržaj Si ili Ca, koji potiču iz vazduha, ukazuje na neispravnost filtera za vazduh.

Tabela 3. Tehnički podaci motora Mercedes-Benz, tipa OM 447HLA

Motor marke Mercedes-Benz, tipa OM 447HLA	
Način rada	Četiri takta, turbo dizel (EURO 2)
Broj i raspored cilindara	6, u liniji
Prečnik cilindra, mm	128
Radna zapremina motora, litri	11,97
Stepen kompresije	18 : 1
Nazivna snaga pri 2200 min ⁻¹ , KW	220
Maks. moment, pri 1100 min ⁻¹ , Nm	1100
Min. broj obrtaja praznog hoda, min ⁻¹	600
Nominalni broj obrtaja, min ⁻¹	2500
Maks. dozv. temp. sredst. hlađenja, °C	105
Pritisak motornog ulja, bar	2,5
Pritisak ulja na prazn. hodu motora, bar	0,5
Količina ulja sa prečistačem, litri	25

Za vreme uzimanja uzoraka ulja vodilo se računa o izboru mesta uzorkovanja, što je omogućilo da svaki uzeti uzorak bude reprezentativan. Svaki uzorak je izvučen iz žive zone, tj. zone što bliže elementima u kontaktu. Na taj način izbegnuto je uzorkovanje ulja sa dna kućišta motora (ispusta za pražnjenje), pošto je na dnu najveća koncentracija kontaminata.

Takođe, posebna pažnja posvećena je očuvanju uzoraka od kontaminacije, kako u fazi izdvajanja uzorka tako i fazi manipulacije, što je u potpunosti ispoštovano primenom propisane procedure. U skladu sa time je obezbeđen veoma visok nivo čistoće svih elemenata u lancu sistema za uzimanje uzorka, kao i izdvajanje uzoraka na način koji nije narušio celovitost podataka koje isti nosi o stanju sklopova vozila iz kojih je vršeno uzorkovanje.

Tabela 4. Rezultati ispitivanja nultih uzoraka ulja

Motorno ulje VALVOLINE, SAE klasifikacije: SAE 10W-40; API klasifikacije: CF ACEA E4				
Viskoz. 100°C(cSt)	Viskoz. 40°C (cSt)	Indeks viskoz.	Tačka Paljenja (°C)	TB N
14,37	94,96	136	210	10,7

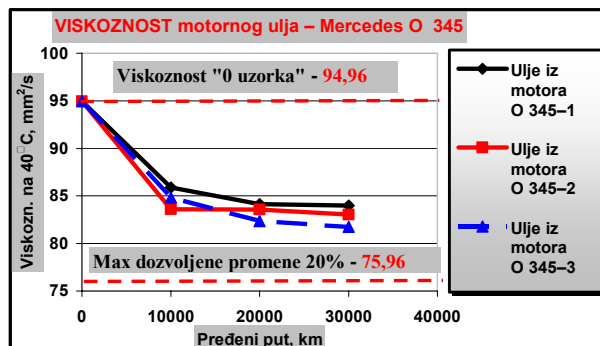
Tabela 5. Rezultati ispitivanja korišćenih uzoraka ulja iz motora razmatranih m/v

Karakteristika	Broj uzor.	Motor O 345-1	Motor O 345-2	Motor O 345-3
Viskoznost na 40°C, mm ² /s	0	94,96	94,96	94,96
	1	85,87	83,61	84,81
	2	84,16	83,59	82,35
	3	84	83,04	81,76
Viskoznost na 100°C, mm ² /s	0	14,37	14,37	14,37
	1	12,67	13,15	12,78
	2	12,64	12,99	12,64
	3	12,61	12,55	12,38
Tačka paljenja, °C	0	210	210	210
	1	206	204	205
	2	202	201	202
	3	200	199	201
TBN, mg KOH/g	0	10,7	10,7	10,7
	1	10,1	10,3	10
	2	9,42	9,65	9,87
	3	8,6	8,7	7,1
Nerastvorno u pentanu, [%]	1	0,09	0,08	0,05
	2	0,22	0,18	0,15
	3	0,31	0,27	0,25
	Nerastvorno u benzenu [%]	1	0,13	0,11
2		0,19	0,16	0,15
3		0,37	0,32	0,30
Sadržaj Fe, (ppm)		1	13,5	11,8
	2	13,7	13,6	12,5
	3	37,4	19,8	14,8
Sadržaj Cu, (ppm)	1	1,3	1,3	1,3
	2	1,5	2,3	3,3
	3	1,9	2,5	3,9

U motorima je korišćeno motorno ulje VALVOLINE kvaliteta API CF i ACEA E4, gradacije SAE 10W-40. Zadatak je bio provera pravilnosti intervala zamene motornog ulja na 30000 km, pravilnost izbora sredstva za podmazivanje, redovnost praćenja kvaliteta ulja i njihov uticaj na funkcionisanje motora. Analizom je ustanovljeno da su promene karakteristika

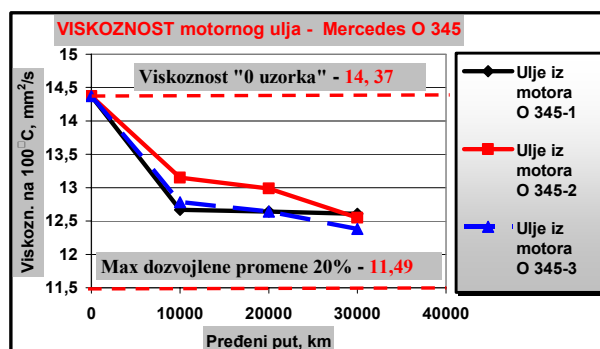
motornog ulja očekivane i da se kreću u okviru dozvoljenih granica.

Karakteristike nultih uzoraka motornih ulja VALVOLINE, SAE klasifikacije SAE 10W-40 i API klasifikacije CF i ACEA E4 prikazane su u tabeli 4, a u tabeli 5 rezultati korišćenih uzoraka ulja.



Slika 1. Promena viskoznosti na 40°C motornog ulja iz autobusa Mercedes O 345 [3]

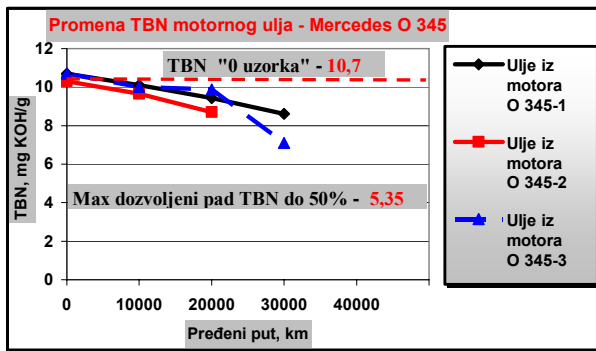
Na slici 1. prikazana je promena viskoznosti na 40°C uzorkovanih motornih ulja u toku eksploatacije. Vidljiv je pad viskoznosti tokom pređenih prvih 10000 km za ulja iz sva tri motora, a nakon ovog perioda viskoznost ostaje približno konstantna do kraja intervala izmene uljnog punjenja. Pad viskoznosti za celokupan period eksploatacije ulja je 11,54% za prvo vozilo, 12,55% za drugo i 13,9% za treće vozilo. To je daleko ispod dozvoljene granice od 20% (tabela 1).



Slika 2. Promena viskoznosti na 100°C motornog ulja iz autobusa Mercedes OM 345 [3]

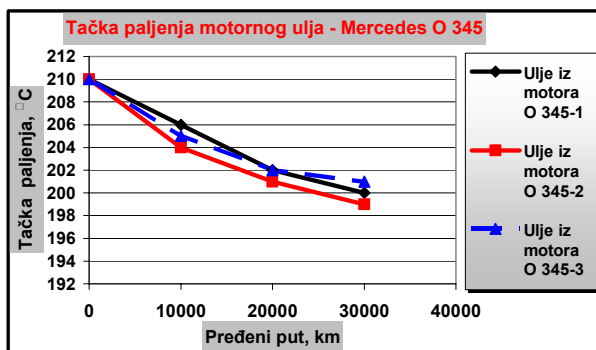
Na slici 2. prikazana je promena viskoznosti na 100°C uzorkovanih motornih ulja. Pad viskoznosti za celokupan period eksploatacije ulja je 12,24% za prvo vozilo, 12,66% za drugo i 13,84% za treće vozilo, što je takođe ispod dozvoljene granice.

Do pređenih 30000 km vrednost TBN-a (slika 3) nije prekoračila dozvoljene granice. Pad TBN za celokupan period eksploatacije ulja je 19,61% za prvo vozilo, 18,69% za drugo i 33,64% za treće vozilo, što je ispod dozvoljene granice od 50% (tabela 1).

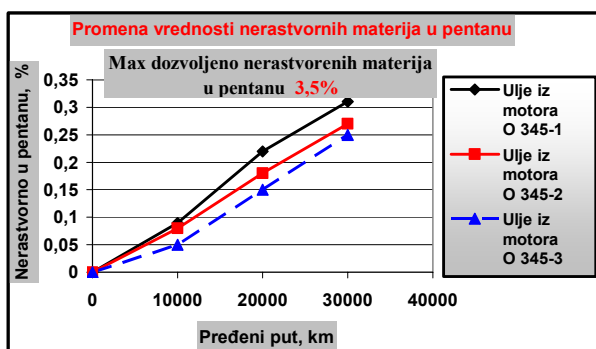


Slika 3. Promena TBN motornog ulja iz autobusa Mercedes O 345 [3]

Najveći pad vrednosti tačke paljenja (slika 4) je 10°C za prvo vozilo, 11°C za drugo vozilo i 9°C za treće vozilo, što je ispod dozvoljenih 20%. Ovo ukazuje da nije došlo do prodora goriva u sistem za podmazivanje (sistem za napajanje gorivom je ispravan i motor je u dosta dobrom stanju).



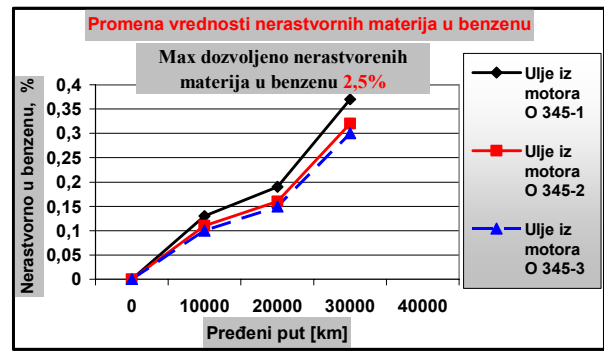
Slika 4. Promena tačke paljenja motornog ulja iz autobusa Mercedes O 345 [3]



Slika 5. Promena vrednosti nerastvorenih materija u pentanu motornog ulja iz autobusa Mercedes O 345 [3]

Nerastvorni ostaci nastali nakon tretmana sa pentanom su produkti oksidacije i mehaničke nečistoće, dok nerastvorni ostaci nastali nakon tretiranja benzenom su nerastvorne materije kao što su koks, kamenac, prašina, čađ, čestice habanja kontaktnih površina tribomehaničkih sistema motora SUS i druge mehaničke nečistoće.

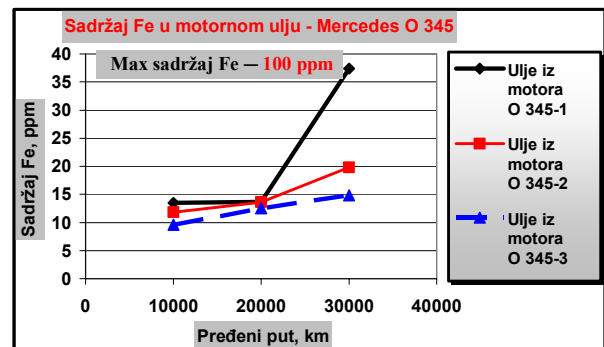
Prikaz promene vrednosti nerastvornih materija u pentanu i benzenu dat je na slikama 5. i 6.



Slika 6. Promena vrednosti nerastvorenih materija u benzenu motornog ulja iz autobusa Mercedes O 345 [3]

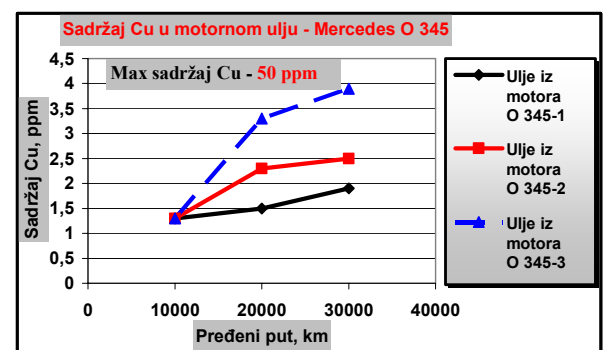
Sadržaj nerastvorenih materija u ulju je zanemarljiv u odnosu na dozvoljene vrednosti odstupanja. Maksimalno nerastvorenih materija u pentanu je 0,31% za prvo vozilo, 0,27% za drugo vozilo i 0,25% za treće vozilo (dozvoljeno je do 3,5%).

Maksimalno nerastvorenih materija u benzenu je 0,37% za prvo vozilo, 0,32% za drugo vozilo i 0,30% za treće vozilo (dozvoljeno je do 2,5%).



Slika 7. Sadržaj produkta habanja Fe u motornom ulju iz autobusa Mercedes O 345 [3]

Sadržaj gvožđa (slika 7), kao produkta habanja, u uljnom punjenju do kraja eksploatacionog ispitivanja je imao rastući trend i na poslednjem uzorkovanju, nakon pređenih 30000 km, je iznosio 37,4 ppm (37,4%) od maksimalno dozvoljene vrednosti za prvo vozilo; 19,8 ppm (19,8%) za drugo vozilo i 14,8 ppm (14,8%) za treće vozilo. To je u znatnoj meri su ispod dozvoljene granice (100 ppm) za sva tri vozila.



Slika 8. Sadržaj produkta habanja Cu u motornom ulju iz autobusa Mercedes O 345 [3]

Sadržaj bakra (slika 8), kao produkta habanja, u uljnom punjenju je imao rastući trend i na poslednjem uzorkovanju, nakon pređenih 30000 km, je iznosio 1,9 ppm (3,8%) od maksimalno dozvoljene vrednosti za prvo vozilo; 2,5 ppm (5%) za drugo vozilo i 3,9 ppm (7,8%) za treće vozilo. Može se zaključiti da je sadržaj bakra daleko ispod dozvoljene granice od 50 ppm.

U uzorcima nije bilo pojave vode kao nepoželjnog kontaminata u ulju.

4. ZAKLJUČAK

- analizirano motorno ulje vrši svoju osnovnu funkciju i zadovoljava predvideni interval zamene od 30000 km u motorima EURO 2 kategorije. Ovo je ustanovljeno analizom karakterističnih fizičko-hemijskih osobina ulja i produkata habanja (Fe i Cu);
- evidentan je pad viskoznosti tokom pređenih prvih 10000 km, a nakon ovog perioda viskoznost ostaje približno konstantna do kraja intervala izmene uljnog punjenja. Maksimalni pad viskoznosti ulja iz sva tri motora je značajno ispod dozvoljene granice od 20%;
- nakon pređenih 30000 km vrednost TBN-a nije prekoračila dozvoljene granice za uzorke ulja iz sva tri motora;
- sadržaj nerastvorenih materija u ulju je zanemarljiv u odnosu na dozvoljene vrednosti, jer nema značajnije prisutnosti oksidacionih produkata i mehaničkih nečistoća;
- mali pad tačke paljenja pokazuje da nema značajnijeg prodora goriva u sistem podmazivanja;

- sadržaj gvožđa i bakra je u znatnoj meri ispod dozvoljene granice za sva tri vozila;
- nakon pređenih 30000 km ulje je zamenjeno, isključivo po preporuci proizvođača o izmeni uljnog punjenja.

Razvijena metodologija ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika ulja za podmazivanje, upotpunjena monitoringom ulja može se koristiti za identifikaciju karakteristika i stanja elemenata tribomehaničkog sistema. Ovaj pristup izučavanja triboloških procesa daje znatne prednosti u odnosu na ispitivanja u realnim uslovima. Međutim, njegova primena je moguća u uslovima kada uzorkovanje ulja za podmazivanje ne narušava funkcionisanje realnog sistema. Utvrđivanje osnovnih uzročnika otkaza i njihova eliminacija, potpunom kontrolom određenih pojava, definiše proaktivno održavanje, kao novu metodu koja smanjuje troškove održavanja i produžava vek trajanja sredstva.

LITERATURA

- [1] A. Rac: Maziva i podmazivanje mašina, Mašinski fakultet Beograd, 2007. god.
- [2] M. Babić: Monitoring ulja za podmazivanje, Kragujevac, 2004.
- [3] S. Perić: „Doprinos razvoju metoda dijagnostike stanja sa aspekta fizičko-hemijskih i triboloških karakteristika ulja kod motornih vozila“ doktorska disertacija (radni materijal)
- [4] Important Tests in Oil Analysis, National Tribology Services Inc., Application Note 20, www.natrib.com.

CONDITION MONITORING THROUGH OIL ANALYSIS TESTS

Abstract: *There are many different types of oil analysis tests that are used to evaluate lubricants. The tests must cover three areas: technical system condition, contamination condition, and lubricant condition. From the technical system condition aspect, the specific focus would be to look for the presence and trending of any wear metals. The second focus would be the lubricant condition. From that aspect, the focus would be to look at the evidence of viscosity change, increase in oxidation, and signs of additive depletion. The third focus would be the contaminant condition. Emphasis should be placed on particle counts, water content, and contaminant metals.*

Using Oil Analysis programs for engine oils has several benefits: reduction of unscheduled vehicle downtime, improvement of vehicle reliability, help in organizing effectiveness of maintenance schedules, extension of engine life, optimization of oil change intervals and reduction of cost of vehicle maintenance.

In this project, it will be presented results of experimental research physically-chemical characteristics oil was sampled from engines of vehicles, Mercedes O 345, that were exploited. During realized investigations it was concluded that changes in physically-chemical characteristics of lubricant in engine appear.

Keywords: *monitoring, maintenance, Oil Analysis, lubrication.*