

SERBIATRIB'07
10th International Conference on Tribology
and
WORKSHOP'07
Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge

**PRILOG DIJAGNOZI TEHNIČKOG STANJA TRIBOLOŠKIH
SKLOPOVA DIESEL MOTORA**

**CONTRIBUTION TO DIAGNOSIS OF DIESEL ENGINE
TRIBOLOGY ASSEMBLIES TECHNICAL CONDITION**

Dr. sc. Hasan Avdić, docent, Dr. sc. Pero Dugić, vanr. prof. Mr. sc. Alija Karić, viši asist.

JU Univerzitet u Tuzli, Rafinerija ulja, Modriča

ABSTRACT

Utvrđivanje stanja tribomehaničkih sistema ima veoma značajnu ulogu u razvoju teorije i prakse trenja, habanja i podmazivanja. U zadnje vrijeme posebna pažnja sa posvećuje razvoju savremenih uređaja i metoda za praćenje promjene stanja tribomehaničkih svojstava u sistemima. Danas se za dijagnosticiranje habanja koriste različite fizičko – hemijske metode. Iskustva u eksploataciji tehničkih sistema i mehanizama pokazala su da je prognoziranje neispravnosti najefikasnije na osnovu parametara koji su pouzdani pokazatelji procesa habanja – čestica koje nastaju habanjem. Analiza uzoraka ulja koja sadrže čestice nastale habanjem omogućava da se u ranim fazama korištenja sistema ocijeni stanje triboloških svojstava.

U ovom radu će biti prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja koja su izvedena na opremi (diesel motori na damper – kamionima) u Rudniku mrkog uglja Banovići, dok su laboratorijska ispitivanja uzoraka ulja izvršena u Rafineriji ulja Modriča.

Ključne riječi: *Dijagnoza, tehničko stanje, tribološki sistem, diesel motor*

ABSTRACT

Determination of tribomechanical systems condition has very important role in development of friction theory and practice, wear and lubrication. Recently, special attention is focused on development of modern devices and methods for monitoring condition changes of tribomechanical characteristics in systems. There are used today different physical and chemical methods for wear diagnosis.

Experience in technical systems and mechanisms exploitation showed that the most effective failure prognosis is according to parameters, particles created as result of wear, which are reliable indicators of wear.

Analysis of oil samples which contain particles, created as results of wear, enable evaluation of system tribology condition in different phases of system exploitation.

In this project, it will be presented results of experimental research, conducted on the equipment (diesel engines of dump trucks) in brown coal mine «Banovici», while laboratory testing of oil samples is conducted in oil refinery «Modrica».

Key words: *Diagnosis, technical condition, tribology system, diesel engine*

1. UVOD

Dijagnostika tribomehaničkih sistema ima veoma značajnu ulogu u razvoju teorije i prakse trenja, habanja i podmazivanja. U posljednje vrijeme, posebna pažnja se posvećuje razvoju savremenih uređaja i metoda za praćenje promjene stanja (dijagnostiku) tribomehaničkih sistema.

Tribološko dijagnosticiranje kao skup sredstava i metoda stalne kontrole stanja tarnih karakteristika pokretnih sprega igra sve veću ulogu u razvoju teorije i prakse trnja, habanja i podmazivanja. Ovo je uslovljeno opštom tendencijom savremene tehnike stvaranja zatvorenih sistema sa tzv. monitoringom, koji mijenjaju svoj rad u zavisnosti od zadatog programa i promjene spoljašnjih uslova. U takvom sistemu ostvaruje se funkcija mjerenja (ocjene) strukturnih parametara tribološkog sistema (TS), neprekidne kontrole, promjene njegovog tehničkog stanja i automatskog upravljanja [1].

2. TEORIJSKA PRETRAŽIVANJA

Oblast koja je ranije bila nazivana "Tehnika podmazivanja" ili u nekim zemljama kao "Trenje, trošenje i podmazivanje", danas se zove Tribologija. Potiče od grčkih riječi TRIBOS-trenje i LOGOS-nauka. Naziv tribologija predložen je 1966. godine od strane engleskog naučnika P. H. Jost-a.

Međunarodni komitet za tribologiju ITC (International Tribology Council) dao je slijedeću definiciju: "Tribologija je naučna i tehnološka oblast (teorija i praksa) koja izučava međusobna dejstva površina u kontaktu pri njihovom relativnom kretanju". S druge strane, postoji i definicija da je tribologija nauka koja se bavi izučavanjem kontakta dvije površine i to s aspekta trenja, trošenja i podmazivanja.

Najveći broj mašinskih sistema ima jedan ili više parova elemenata koji su u međusobnom kontaktu i u stanju rlativnog kretanja. Karakteristike međusobnih kontakata elemenata definisane su međusobnim opterećenjem i oblikom kontaktne površine, vrstom i intenzitetom relativnog kretanja, topografijom površina u kontaktu, vrstama materijala u zoni kontakta, generisanom toplotnom energijom itd. Kontakt dva elementa sa trećim elementom koji ih u manjoj ili većoj mjeri razdvaja naziva se TRIBOLOŠKI SISTEM (TS). Unutrašnji proces tribološkog sistema zove se TRIBOLOŠKI

PROCES (TP) koji najčešće obuhvata trenje i trošenje površina u kontaktu [2].

Praksa eksploatacije mašina i mehanizama pokazala je da je prognoziranje njihovih neispravnosti u nizu slučajeva najefikasnije na osnovu parametara koji su direktni "svjedoci" procesa habanja – čestica koje nastaju habanjem. Proučavanje uzorka ulja koje sadrži čestice nastale habanjem omogućava da se u ranim fazama korišćenja ocijeni stanje TS. U opštem slučaju koncentracija čestica u uzorku i njihova raspodjela po dimenzijama pokazuje brzinu habanja i stepen pohabanosti. Normalnom režimu rada odgovara ujednačena koncentracija sitnih čestica. Nagla pojava krupnih čestica u ulju ukazuje na početak procesa katastrofalnog habanja.

Jedan od najvažnijih dijagnostičkih problema u ovakvim slučajevima jeste uspostavljanje korelacije između parametara čestica habanja i samoga režima habanja. Za kvantitativnu ocjenu habanja važno je da se pravilno odredi mjesto i momenat uzimanja uzorka ulja, kao i mogućnost odvajanja metalnih čestica nastalih habanjem čvrstih čestica drugačijeg porijekla.

Godinama je većina laboratorija, koje su bile angažovane na analitici maziva iz eksploatacije, provjeravala određene fizičko-hemijske promjene kao što su:

- viskoznost na različitim temperaturama,
- temperatura paljenja,
- neutralizacioni broj (kiselinski broj),
- sadržaj goriva,
- sadržaj vode i dr.

Daljim usavršavanjem metoda ta ispitivanja su se proširila i na:

- određivanje kontaminacije maziva česticama metala, kao i
- određivanje samo hemijske promjene ulja i to ne samo kvalitativno već i kvantitativno.

Najznačajnije su danas slijedeće metode:

- gasna hromatografija,
- atomska apsorpciona i emisiona spektroskopija,
- infracrvena spektroskopija,
- ultraljubičasta spektroskopija,
- masena spektroskopija, i
- nuklearna magnetna rezonancija.

Najznačajnije među ovim metodama su prije svega atomska spektroskopija i diferencijalna infracrvena spektrometrija, koje u kombinaciji sa membranskom filtracijom pružaju najveći broj najpouzdanijih podataka.

3. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

3.1. Plan eksperimenta

Istraživanje je obavljeno na površinskim kopovima Rudnika mrkog uglja-Banovići, na damper-kamionima: Terex-MT 3600 B nosivosti 1540 KN int. oznake (5), Mark 36 nosivosti 1540 KN int. oznake (11) i Wabco-170 D nosivosti 1540 KN int. oznake (4).

Za realizaciju funkcije cilja urađeno je sljedeće:

- definirani tehnički sistemi,
- definiran tribološki sistem,
- definirani parametri istraživanja,
- definirana prihvatljiva ograničenja,
- definiran vremenski interval uzimanja uzoraka ulja,
- definirane metode ispitivanja ulja,
- definirana sredstva-uređaji za ispitivanje,
- ispitivanje ulja,
- obrada rezultata ispitivanja,
- analiza izmjerenih veličina-komparacija sa graničnim vrijednostima u cilju donošenja odluke o daljnim aktivnostima službe održavanja,
- zaključna razmatranja.

3.2. Definiranje tehničkih sistema

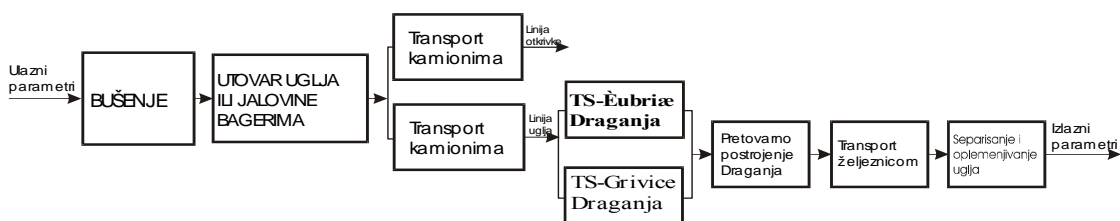
U procesu eksploatacije uglja, RMU – Banovići primjenjuju se rudarske mašine i uređaji vrlo velikih kapaciteta, što rezultira velikim količinama iskopanih mineralnih sirovina.

RMU – Banovići dugi niz godina vrši eksploataciju po projektovanoj tehnologiji koja

se kontinuirano usavršava, te na bazi vizije tehnološkog razvoja dolazi do povećanja kapaciteta, koji su u skladu sa zahtjevom tržišta. Sistem površinske eksploatacije u suštini predstavlja određeni poredak izvođenja rudarskih radova na otkrivci, dobivanju mineralne sirovine i na pomoćnim radovima. Time je obezbijeđen planirani kapacitet površinskog kopa i maksimalno iskorištavanje kapaciteta rudarske opreme. Sistem površinske eksploatacije, ili tehnološki proces površinske eksploatacije čine dva osnovna proizvodna procesa:

- proizvodni proces "OTKRIVKA", i
- proizvodni proces "DOBIVANJE MINERALNE SIROVINE – UGLJA".

U banovićkom bazenu se primjenjuje diskontinuirani (ciklični) sistem površinske eksploatacije (bušilice-bageri-damper kamioni u proizvodnom procesu "OTKRIVKA", i bušilice-bageri-damper kamioni-transportne trake-željeznički vagoni-separisanje uglja u proizvodnom procesu "DOBIVANJE MINERALNE SIROVINE – UGLJA") kako je prikazano na sl. 1. Diskontinuirani sistemi površinske eksploatacije se primjenjuju na površinskim kopovima sa srednje čvrstim i čvrstim stijenama. Za izvođenje radnog procesa bagerovanja (kopanje i utovar) na tim kopovima se stijene otkrivke ili mineralne sirovine razaraju bušačko-minerskim radovima ili buldozerima sa riperima, takođe, ti sistemi se primjenjuju i na mnogim površinskim kopovima koji imaju ograničen period eksploatacije.



Slika 1. Sistem površinske eksploatacije uglja

Za transport otkrivke i uglja u RMU-Banovići se koriste damper kamioni čije su karakteristike i tip navedeni u tabel 1.

Tabela 1. Tehničke karakteristike damper-kamiona

Red. broj	Tip kamiona	Kom	Vrsta pogona	Snaga motora [KW]	Nosivost [KN]
1	Terex-MT-3600 B	5	Diesel-električni	1194	1540
2	Wabco-170-D	2	Diesel-električni	1194	1540
3	Mark-36	4	Diesel-električni	1194	1540

U ovom radu će, zbog ograničenosti prostora, biti prikazani rezultati istraživanja samo za damper Terex MT-3600 B. Za svaki stroj u RMU – Banovići uredno se vode vremenske slike stanja. Vremenska slika stanja je rezultat procesa rada i procesa izvođenja postupaka održavanja i predstavlja osnovnu podlogu za istraživanje efektivnosti sistema u procesu rada. Analiza vremenske slike stanja damper-kamiona TEREX MT 3600 B je pokazala da je kritični podsistem sa stanovišta broja i dužine trajanja stanja "U OTKAZU" diesel motor. U ove damper – kamione su ugrađeni diesel motori CUMMINS-KTA 50 C snage 1194 [KW] pri 1900 ° / min. Iskustva u eksploataciji su pokazala da se novo ugrađeni motori generalno remontuju nakon što izrade u prosjeku 18.000 – 20.000 moto sati. Poslije izvršenog generalnog remonta ovi motori izrade 7.000 moto sati. Proizvođač daje garanciju na nov motor jednu godinu i produženu garancije na neke podsklopove i elemente kao što su blok motora i radilica. U toku garantnog roka potrebno se strogo pridržavati uputstava proizvođača o eksploataciji i održavanju motora. Proizvođač je propisao uputstva za održavanje i praćenje rada motora u eksploataciji. Tako se, po tom uputstvu zamjena ulja vrši nakon svakih 250 sati rada motora. U ovim motorima se koristi motorno ulje 15W-40 koje ima karakteristike koje su u skladu sa karakteristikama koje je propisao proizvođač. Ocjena stanja motora u eksploataciji vrši se preko praćenja radnih parametara kao što su: pritisak, temperatura, broj obrtaja i dr. Da bi produžili vijek motora odnosno smanjili broj i dužinu trajanja zastoja praćenje samo radnih parametara nije dovoljno. Potrebno je uvesti novu metodu održavanja a to je održavanje po stanju. U tu svrhu je uvedena jedna nova dijagnostička metoda utvrđivanja stanja diesel motora – postupak kontrole produkata habanja i sagorijevanja.

Praksa eksploatacije tehničkih sistema je pokazala da je prognoziranje njihovih neispravnosti u nizu slučajeva najefikasnije na osnovu parametara koji su direktni svjedoci procesa habanja – čestica koje nastaju habanjem. Proučavanje uzorka ulja koje sadrži čestice nastale habanjem omogućava da se u ranim fazama korišćenja ocijeni stanje triboloških sklopova. U opštem slučaju koncentracija čestica u uzorku i njihova raspodjela po dimenzijama pokazuje brzinu habanja i stepen pohabnosti. Normalnom režimu rada odgovara

ujednačena koncentracija sitnih čestica. Nagla pojava krupnih čestica u ulju ukazuje na početak procesa katastrofalnog habanja.

3.3. Definiranje triboloških sistema

Eksperimentalna istraživanja su obavljena u eksploatacionim uslovima na kliznim ležajevima (ležećim i letećim) koljenastog vratila diesel motora Cummins KTA 50C koji su ugrađeni u damper kamione koji su predmet ovih istraživanja. Tribološke sisteme, u konkretnom slučaju, čine rukavci radilice (ležeći-glavni i leteći), njima pripadajući klizni ležajevi (košuljice-polutke) i sredstvo za podmazivanje (ulje).

3.4. Definiranje vremenskih intervala uzimanja uzoraka ulja

Uzorkovanje ulja u eksploataciji je najkritičniji aspekt njegove analize sa ciljom prikupljanja podataka koji služe kao osnova za dijagnostiku stanja podmazanog sistema, kako sa aspekta stanja triboloških sklopova, tako i sa aspekta stanja ulja za podmazivanje.

U literaturi su preporučeni intervali uzorkovanja ulja za podmazivanje. Tako da je za dizel motore preporučen interval uzorkovanja 150 – 500 radnih sati. Ove preporuke se odnose na tipičnu opremu koja radi u prosječnim uslovima. Obzirom da tehnički sistemi koji su predmet ovih eksperimentalnih istraživanja rade u teškim uslovima rada (geomehanički, vremenski i drugi) potrebno je pri određivanju dinamike uzorkovanja uzeti u obzir i druge uticajne faktore.

Ti faktori se odnose na različite posljedice otkaza, eksploatacione uslove sa aspekta režima rada i uslova okruženja, starosti sistema, starost maziva, definisane tolerancije promjene stanja ulja i sistema u cjelini.

U cummins dizel motorima po preporukama proizvođača ulje se mijenja svakih 250 moto sati, tako da se i taj faktor mora uzeti u obzir prilikom određivanja dinamike uzorkovanja.

Uzimajući u obzir faktore kao što su: težina posljedica otkaza, eksploatacioni uslovi, starost sistema i period zamjene ulja za ova eksperimentalna istraživanja utvrđena je slijedeća dinamika uzorkovanja – uzima se uzorak novog ulja, zatm se uzima uzorak nakon izrađenih 100, 150, 200 i 250 moto sati kada se vrši zamjena ulja, zatim se procedura ponavlja.

3.5. Definiranje broja i načina uzorkovanja ulja

Radi dobijanja reprezentativnog uzorka, obzirom da nereprezentativan uzorak neminovno čini neuspješnim sve dalje korake u proceduri analize, rezultira pogrešnom dijagnozom stanja i predstavlja osnovu za donošenje pogrešnih zaključaka i preduzimanje pogrešnih aktivnosti održavanja, utvrđeno je da se uzorci uzimaju sa tri damper kamiona iste nosivosti koji rade u približno istim uslovima. Za svaki damper uzeto je po deset uzoraka, znači dva puta je ponovljena procedura, zbog ograničenih mogućnosti uzimanja uzoraka obzirom da je uzorkovanje vršeno u fazi eksploatacije dampera.

Prilikom uzorkovanja ulja (određivanje lokacije, procedure i sredstva za uzimanje uzoraka) poštovana su pravila koja su detaljno opisana u teorijskom dijelu.

3.6. Definiranje metoda ispitivanja ulja

Postoji veliki broj različitih testova unutar analize ulja koji se koriste u procjeni stanja. Testovi moraju pokriti tri oblasti od interesa:

- stanje tehničkog sistema,
- stanje nečistoća u mazivu, i
- stanje maziva.

Termin "analiza ulja" prihvaćen u industriji može se shvatiti na način da je primarna oblast od interesa analiza stanja maziva, dok je u stvarnosti, to u stvari monitoring stanja tehničkog sistema.

Sa aspekta stanja tehničkog sistema posebnu pažnju treba obratiti na pojavu i trend promjene broja metalnih čestica u ulju. Drugi fokus bi bilo stanje maziva, gdje je pažnju potrebno obratiti na znakove koji upućuju na promjenu viskoznosti, povećanje oksidacije i trošenja aditiva. Treći fokus bi bilo stanje nečistoća u ulju, gdje je potrebno pažnju obratiti na brojnost čestica, sadržaj vode i metalnih nečistoća. Teorijski, analize ulja podijeljene su u tri klase. U stvarnosti sve tri klase monitoringa stanja su međusobno povezane i moraju se posmatrati kao cjelina.

Uobičajeno je da se u praksi govori o konvencionalnoj ili klasičnoj laboratorijskoj tehnici i metodologiji kontrole kvaliteta maziva s jedne i, s druge strane o modernoj instrumentalnoj tehnici koja je posljednjih godina toliko usavršena da u potpunosti pruža željene podatke. S obzirom na kompleksnost ove

problematike, u praksi se, naravno u zavisnosti od opremljenosti pojedinih laboratorija, koriste kombinovano sve poznate metode ispitivanja promjena svojstava maziva u toku eksploatacije. Godinama je većina laboratorija provjeravala određene fizičko – hemijske promjene kao što su:

- viskoznost na različitim temperaturama,
- temperatura paljenja,
- neutralizacioni broj (kiselinski broj),
- sadržaj nerastvorenih materijala u organskim rastvaračima,
- sadržaj goriva,
- sadržaj vode,
- boja.

Daljim usavršavanjem metoda ta ispitivanja su se proširila i na određivanje kontaminacije maziva sa česticama metala kao i određivanje same hemijske promjene ulja i to ne samo kvalitativno već i kvantitativno.

Najznačajnije su danas slijedeće metode:

- gasna hromatografija,
- atomska apsorpciona i emisiona spektroskopija,
- infracrvena spektroskopija,
- ultraljubičasta spektroskopija,
- masena spektroskopija,
- nuklearna magnetna rezonancija.

U ovom radu primjenjene su metode:

a) Za određivanje promjena fizičko – hemijskih karakteristika ulja:

- Kinematička viskoznost (mm^2/s) na temperaturama $40\text{ }^\circ\text{C}$ i $100\text{ }^\circ\text{C}$ - ispitivanje izvršeno prema standardu BAS ISO 3104 i DIN 51562,
- Indeks viskoznosti – ispitivanje izvršeno prema standardu BAS ISO 2909 i ASTM D 2207,
- Tačka paljenja – ispitivanje izvršeno prema standardu ISO 2592 i ASTM D 92,
- Totalni bazni broj (TBN) (mgKOH/g) – ispitivanje izvršeno prema standardu BAS ISO 3771,
- Neutralizacioni broj (TAN) (mgKOH/g) – ispitivanje izvršeno prema standardu ASTM 664,

b) Za određivanje sadržaja metala (Fe, Cu, Al, Pb) (mg/kg – ppm) – ispitivanje izvršeno prema standardu ASTM D 5863 odnosno primjenjena je atomska apsorpciona spektrometrija.

3.7. Rezultati eksperimenta

U narednim tabelama su prikazani rezultati istraživanja fizičko-hemijskih karakteristika ulja i prisustvo mehaničkih nečistoća u ulju. Ovdje su prikazani samo rezultati za diesel motor CUMMINS- KTA 50 C koji je ugrađen u damper Terex MT 3600 B interna oznaka 5. Laboratorijska ispitivanja ulja su izvršena u Rafineriji ulja Modriča.

Tabela 2. Fizičko - hemijske karakteristike ulja

x	y	visk40	visk100	IV	TP	TBN	TAN
0	0 msat	103,12	13,82	136	234	8,89	2,89
2	100 msat	103,97	14,01	136	224	9,4	3,08
3	160 msat	103,84	14,17	139	218	9,4	3,17
4	200 msat	102,86	14,11	140	222	9,43	3,22
5	243 msat	102,79	14,03	138	224	9,38	3,22
6	0 msat	110,07	14,59	136	237	10,18	2,71
7	100 msat	104,37	14,09	137	228	9,7	3,08
8	200msat	104,17	14,06	137	230	9,7	3,19
9	246 msat	103,85	14,05	137	235	9,8	3,18

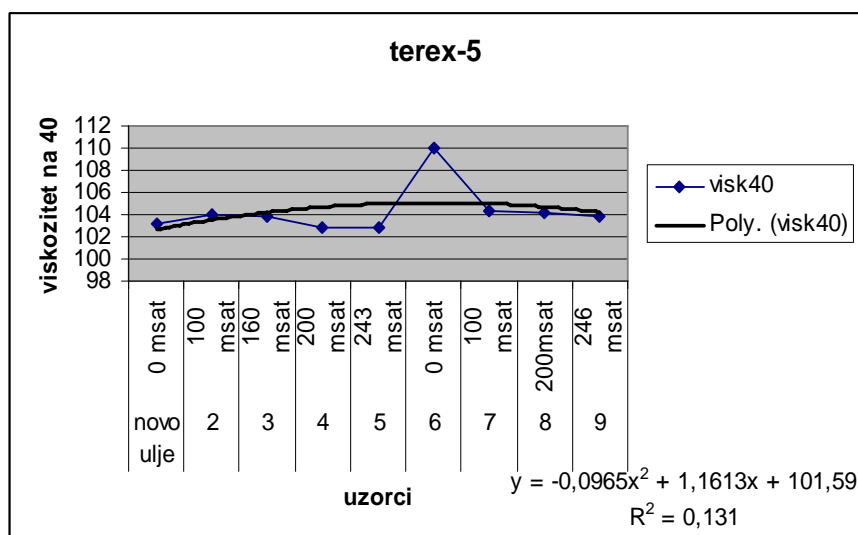
Tabela 3. Prisustvo mehaničkih nečistoća u ulju

Fe	Cu	Pb	Na	Al	K	Cr	msat
11,85	1,92	5,96	21,95	0	25,5	0	33271
7,11	0,91	1,98	4,84	4,57	5,37	0	33371
5,68	0,61	1,99	5,07	4,58	5,13	0	33431
9,13	0,69	2,52	6,1	5,74	6,81	0	33471
5,85	0,7	1,87	5,13	11,34	6,35	0	33514
11,48	0,88	0	17,94	0	17,92	0	33750
3,89	0,8	1,24	5,23	6,79	4,94	0	33850
4,95	0,41	1,9	5,22	29,98	7,1	0	33950
5,43	0,41	2,53	7,64	18,09	7,08	0	33998

Nakon laboratorijskih ispitivanja ulja i obrade podataka izvršena je regresiona analiza za svaku karakteristiku posebno radi određivanja trenda odnosno uspostavljanja matematičkih modela promjene karakteristika ulja i prisustva mehaničkih nečistoća (prisustvo metala) sa vremenom eksploatacije ulja.

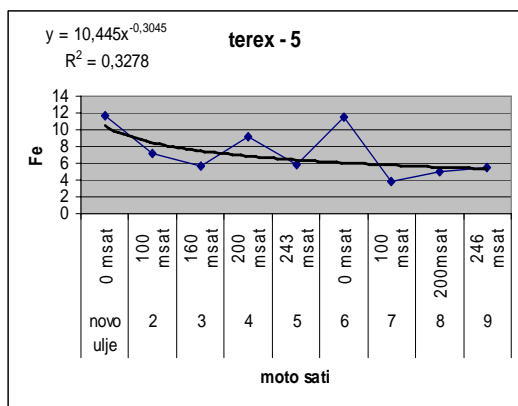
U ovom radu akcenat je dat određivanju trenda prisustva metala u ulju radi dijagnosticiranja stanja triboloških sistema disel motora.

Na slijedećoj slici je prikazana zavisnost promjene viskoziteta u odnosu na vrijeme eksploatacije ulja:

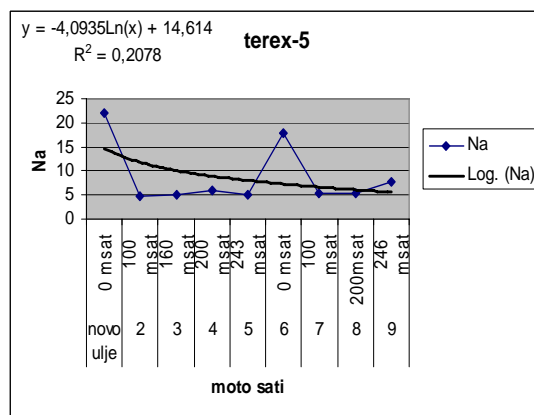


Slika 2. Viskozitet na 40°

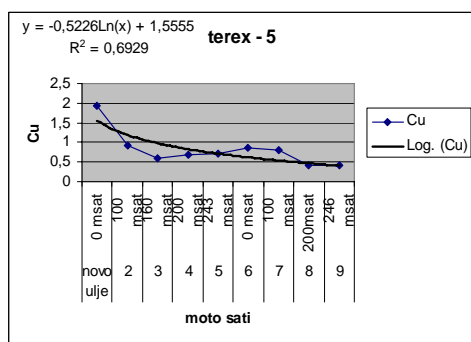
Na narednim slikama je prikazana zavisnost promjene prisustva metala u odnosu na vrijeme eksploatacije ulja:



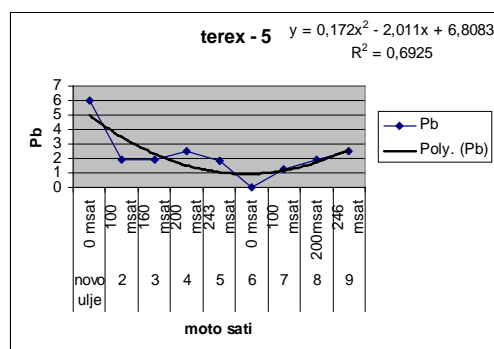
Slika 3. Prisustvo Fe u ulju



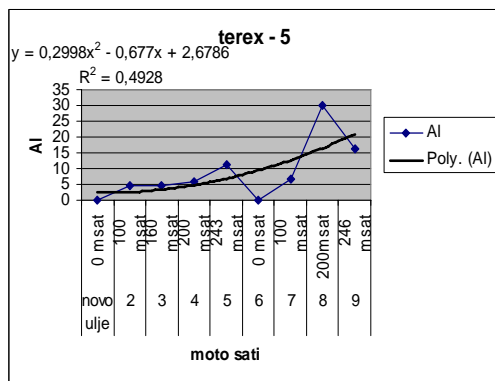
Slika 4. Prisustvo Na u ulju



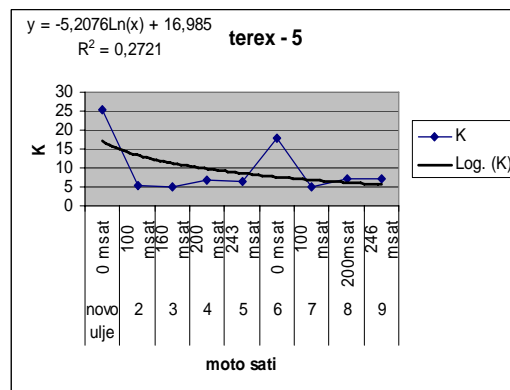
Slika 5. Prisustvo Cu u ulju



Slika 6. Prisustvo Pb u ulju



Slika 7. Prisustvo Al u ulju



Slika 5. Prisustvo K u ulju

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U RMU-Banovići trenutno je u eksploataciji 40 motora CUMMINS, od toga 17 motora je ugrađeno na damper kamione nosivosti 1000-1700 [KN]. Za svaki motor se svakodnevno vodi vremenska slika stanja. Takođe za svaki tip ovih motora je urađena baza podataka koja u sebi sadrži osnovne tehničke podatke sa svim potrebnim uputstvima (uputstvo za servisiranje,

remonte i ostalo). Prema uputstvima proizvođača na svim motorima se redovno vrše: dnevni pregledi, servisi, manje, srednje i velike opravke. Redovno se vrši dijagnosticiranje radnih parametara motora. U ovom radu je prikazano dijagnosticiranje stanja triboloških sklopova motora primjenom dijagnostičkih metoda kontrole produkata habanja (kontrola mehaničkih nečistoća u motornom ulju). Rezultati koji su dobijeni primjenom ovih dvije dijagnostičkih metoda su zadovoljavajući.

Nedostatak atomske apsorpcione spektroskopije je taj što ona ne daje podatke o veličini (krupnoći) menaničkih nečistoća nego samo o količini.

Daljna istraživanja treba usmjeriti na izradu programa dijagnosticiranja triboloških sklopova motora u cilju produženog intervala zamjene ulja, dužeg rada motora i prognoziranje rada motora u budućnosti.

5. LITERATURA

[1] Adamović Ž.: Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1996.,

[2] Ekinović S.: Osnovi tribologije i sistema podmazivanja, Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 2000.,

[3] Avdić H., Tufekčić Dž.: Opravdanost uvođenja tehničke dijagnostike u RMU-Banovići,

9. Međunarodno savjetovanje HDO-ODRŽAVANJE 2003, Opatija, 2003.,

[4] Avdić H., Tufekčić Dž.: Dijagnosticiranje stanja visokoproduktivnih tehničkih sistema u rudarstvu

10. Međunarodno savjetovanje HDO-ODRŽAVANJE 2004, Opatija, 2004.,

[5] Avdić H., Tufekčić Dž., Karić A.: Vibration Influence on operational status of complex technical

systems, 2nd DAAAM International Conference on ATDC 03, Tuzla, 2003.,

[6] Avdić H.: Doprinos računarskoj algoritmicizaciji pogodnosti održavanja složenih tehničkih sistema

Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Tuzla, 2001.

[7] Avdić H.: Analiza efektivnosti složenih tehničkih sistema, 2. Međunarodni skup RIM, Bihać, 1999.,

[8] Avdić H.: Prilog analizi pogodnosti održavanja složenih tehničkih sistema, 2. Međunarodni skup

Revitalizacija i modernizacija proizvodnje, Bihać, 1999.,

[9] Avdić H., Tufekčić Dž., Šelo R.: Uticaj pogodnosti održavanja na pouzdanost sustava, 6. Međuna-

rodno savjetovanje HDO-ODRŽAVANJE 2000, Opatija, 2000.,

[10] Avdić H., Tufekčić Dž., Šelo R.: Uticaj pogodnosti održavanja na operativnu gotovost, 5.

Međunarodni naučno-stručni skup TMT 2000, Zenica, 2000.,

[11] Avdić H., Tufekčić Dž.: Ocjena pogodnosti održavanja složenih tehničkih sistema, 3.

Međunarodni skup Revitalizacija i modernizacija proizvodnje, Bihać, 2001.,

[12] H. Avdić; Dž. Tufekčić: Uticaj pogodnosti ispitivanja i dijagnostike na pogodnost održavanja

složenih tehničkih sistema, 8. Međunarodno savjetovanje proizvodnog strojarstva, Brijuni, 2002.,

[13] H. Avdić; Dž. Tufekčić: Analiza strukture vremena održavanja složenih tehničkih sistema, 8.

Međunarodno savjetovanje HDO-ODRŽAVANJE 2002, Opatija 2002.,

[14] H. Avdić; Dž. Tufekčić; A. Karić: Influence of qualitative characteristics of technical construction

on maintainability, 6. International research/expert conference TMT 2002, Neum, 2002.,

[15] H. Avdić; Dž. Tufekčić: DIJAGNOZA TEHNIČKOG STANJA TRIBOLOŠKIH SKLOPOVA DIESEL MOTORA

CUMMINS-50C, 8. International research/expert conference TMT 2004, Neum 2004.