

Marica Dugić, Pero Dugić

ISSN 0350-350X

GOMABN 50, 1, 35-45

Stručni rad/Professional paper

UDK 621.899 : 621.892-822.004.15.004.58 : 621.225.2

UTJECAJ ONEČIŠĆENJA NA FUNKCIONALNE KARAKTERISTIKE HIDRAULIČKIH ULJA

Sažetak

U uljnom punjenju sustava za podmazivanje postupno se za vrijeme rada nakupljaju onečišćenja. Njihovo porijeklo može biti iz samog uljnog punjenja kao posljedica razgradnje nekih komponenata aditiva, ili iz vanjskih izvora s kojima je uljno punjenje u dodiru (voda, prašina, čestice trošenja...).

Predmet istraživanja u ovom radu je praćenje u primjeni hidrauličkog ulja u hidrauličkim bagera koji rade na površinskom kopu rudnika mrkog ugljena. Praćena su ispitivanja hidrauličkih ulja u dva bagera gradacije viskoznosti ISO VG 46, a ispunjavaju zahtjeve standarda ISO 6743/4 za HV ulja, te zahtjeve DIN 51524/3. U jednom bageru je praćeno ispitivanje hidrauličkog ulja koje ispunjava zahtjeve DIN 51524/2. Hidraulički sustavi bagera su izloženi teškim uvjetima rada, čestim i velikim promjenama temperatura, protoka i tlaka hidrauličkog ulja, vibracijama i zamoru, u prisutnosti ugljene prašine, pijeska i vlažnog zraka. U radu su prikazani brojni rezultati istraživanja utjecaja pojedinih onečišćenja na funkcionalne karakteristike hidrauličkih ulja, koji pokazuju da su pojedine vrste onečišćenja imale najveći utjecaj na karakteristike pjenjenja i deemulgivnosti.

EFFECT OF CONTAMINATION ON FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF HYDRAULIC OILS

Abstract:

Oil filling in lubrication systems gradually gets contaminated during work. The origin of contamination can be from oil filling itself, as a result of decomposition of some additive components, or from some external source that has contact with oil filling (water, dust, wearparticles...). The subject of research in this paper was observing the hydraulic oil during use in hydraulics of excavator that work on open pit of lignite coal mine. Hydraulic oil with gradation ISO VG 46 has been tested (in two excavators) and, according to its composition, properties and application, they fulfill ISO 6743/4 standard's demands for HV oils, and demands of DIN 51524/3. In one excavator we observed testing of hydraulic oil that fulfills demands of DIN 51524/2.

Hydraulic systems in excavators are exposed to hard working conditions, frequent and large scale changes in temperature, flow and pressure of hydraulic oil, vibrations and fatigue, presence of coal powder, dust and flow of moist air. In this paper are shown numerous test results of how contaminants affect functional characteristics of hydraulic oil, which shows that major affect of some contaminants was on foaming characteristics and deemulgation.

Uvod

U sustavima za podmazivanje za vrijeme rada uljno punjenje je izloženo različitim vanjskim i unutarnjim utjecajima, čijim djelovanjem dolazi do promjena njegovih svojstava. Svi procesi koji ugrožavaju svojstva ulja za vrijeme eksploatacije mogu se podijeliti u dvije grupe: onečišćenja i degradaciju. Onečišćenje ulja, odnosno prisutnost svih tvari koje ne bi trebale biti u ulju, predstavlja veliki problem u hidrauličkim sustavima. Generalno se onečišćenja u ulju mogu svrstati u: 1. krute tvari, 2. tekuće tvari i 3. plinovite (zrak). Onečišćenja mogu biti i biološka u procesu međudjelovanja maziva s okolinom. Što se tiče izvora onečišćenja u uljnom punjenju hidrauličkog sustava, oni mogu biti unutarnji i vanjski. Radi normalnog funkcioniranja cijelog hidrauličkog sustava neophodno je znati karakteristike i izvor onečišćenja, jer određena onečišćenja direktno doprinose razvoju degradacijskih procesa u ulju. Kontrola zaprljanosti hidrauličkog fluida počinje još prije unošenja fluida u sustav. Novi fluid, koji ima dobre fizikalno-kemijske karakteristike, ne mora sam po sebi biti čist. U procesu proizvodnje, manipulacije, transporta i skladištenja ulje je izloženo velikom riziku da bude onečišćeno svim vrstama onečišćenja, što se može dogoditi i u eksploataciji. Radi toga je potrebno uspostaviti rigorozne procedure postupanja s uljem i provjere. Kada ulje prođe ulazne kontrole, upravljanje razinom čistoće ulja postaje odgovornost korisnika. Potrebno je pravodobno uzimati uzorke ulja iz hidrauličkog sustava i slati ih u odgovarajući laboratorij. Nakon određivanja fizikalno-kemijskih karakteristika ulja moguće je ocijeniti stanje ulja i dati preporuku o daljem postupanju s uljem.

Ekperimentalni dio

Pojam hidrauličkog sustava možemo definirati kao cjelinu sastavljenu od većeg broja hidrauličkih komponenti koje imaju zadatak da ulaznu mehaničku energiju transformiraju u hidrauličku, zatim da je transportiraju do mjesta potrošnje, gdje se ponovo pretvara u mehaničku energiju i predaje mehanizmu, stroju ili transportnom sredstvu. Prijenos energije se vrši fluidom, u ovom slučaju mineralnim hidrauličkim uljem.

Predmet istraživanja u ovom radu je praćenje u primjeni hidrauličkog ulja gradacije viskoznosti ISO VG 46, a prema svom sastavu, svojstvima i primjeni ispunjava zahtjeve standarda ISO 6743/4 za HV ulja, te zahtjeve standarda DIN 51524/3 (u dva bagera). U jednom bageru je praćeno hidrauličko ulje koje ispunjava zahtjeve standarda DIN 51524/2.

Ulje je proizvedeno od kombinacije solventno-rafiniranih i hidrokrekiranih baznih ulja s dodacima: aditiva protiv oksidacije, trošenja, korozije, pjenjenja (u bagerima br. 1, 2 i 3) i poboljšavala indeksa viskoznosti (u bagerima br. 2 i 3).

Ulje je korišteno u hidraulici bagera koji rade na površinskom kopu rudnika mrkog ugljena i u kamionima-kiperima za transport ugljena. Oba hidraulička sustava su izložena teškim uvjetima rada, frekventnim i velikim promjenama temperatura, protoka i tlaka hidrauličkog ulja, vibracijama i zamoru u prisutnosti ugljene prašine, pijeska, dotoka vlažnog zraka. Uzorci hidrauličkog ulja koje se nalazi u bagerima su periodično uzimani većinom s mjesta gdje se nalazi povratni ventil. U većini slučajeva su bageri radili do vremena uzimanja uzoraka, ulje je cirkuliralo, tako da se oni mogu smatrati kao prosječni uzorci, ali se nisu uzimali uzorci s dna spremnika, gdje su se nakupljale nečistoće. Konstatirano je da su se poneki uzorci ulja uzimali i iz bagera koji su stajali, s istog mjesta kao i prethodni, tako da se ti uzorci nisu mogli označiti kao reprezentativni, a nečistoće su pale na dno spremnika. Oni su ipak analizirani i dano je mišljenje o stanju ulja. Sadržaj uljnog punjenja se kretao od 1000 L kod bagera s manjim volumenom košare (4 m³), do 2900 L, s volumenom košare od 15 m³. Glavne radne pumpe su klipno-aksijalne. Normalan radni tlak se kretao od 300 do 350 bara. Uobičajena radna temperatura ulja bila je od 70 do 80 °C. Apsolutna veličina otvora filtra u povratnim vodovima je 10 µm. Materijal punjenja filtra je posebna vrsta papira.

U razgovoru s odgovornim osobama za održavanje dobivane su informacije o održavanju cijelog hidrauličkog sustava. To se posebno odnosilo na postupak nabavke i mijenjanja filtera, koji je ponekada bio problematičan, posebno kada se nisu koristili originalni filteri koje rade ozbiljni proizvođači. Dobivene su i informacije o izmjeni i osvježavanju uljnog punjenja, te ostala zapažanja o problemima s uljem i sustavom. Uzorci hidrauličkog ulja su slani na ispitivanje u akreditirani laboratorij za ispitivanje ulja i maziva. Nakon analize ulja dato je stručno mišljenje o stanju ulja.

Pregled laboratorijskih testova za analizu rabljenih hidrauličkih ulja

Analiza rabljenih ulja se bitno razlikuje od analize novih ulja i cilj joj je da u procesu praćenja stanja osigura informacije potrebne za dijagnostiku stanja ulja koje se koristi, kao i sustava koji se podmaže, a na osnovi onečišćenja i degradacije ulja. Analizu rabljenih hidrauličkih ulja možemo podijeliti u tri kategorije:

1. analiza fizikalno-kemijskih svojstava ulja
2. analiza zaprljanosti ulja
3. analiza produkata trošenja

Mjerenje kinematičke viskoznosti na 40 i 100 °C, (rađeno po metodi BAS ISO 3104), te izračunavanje indeksa viskoznosti (BAS ISO 2909), jesu najvažnije metode za određivanje fizikalnih svojstava kod analize rabljenih ulja. Pad viskoznosti za 10 % od početne vrijednosti već ukazuje na početak degradacije ulja. Kako je hidrauličko ulje u sustavu bagera izloženo velikom opterećenju, djelovanjem sila smicanja dolazi do trajnog pada viskoznosti zbog kidanja molekula polimera.

Određivanje točke paljenja rabljenog ulja se koristi za određivanje eventualne prisutnosti isparivih zaprljanja, ali i nastalih kemijskih promjena u hidrauličkom ulju, kao što je polimerizacija. Određivanje točke paljenja je rađeno po normi ISO 2592. Nagla promjena neutralizacijskog broja pokazuje da postoji problem promjene radnih uvjeta, ili da je ulje dostiglo kraj svog uporabnog vijeka. U radu je korištena norma ISO 6618.

Pjenjenje ulja, odnosno sklonost ulja da optapa zrak i da s njim gradi pjenu, određivano je po metodi norme ASTM D 892. Pjena vrlo nepovoljno utječe na kvalitetu podmazivanja, prijenos snage, i time ima za posljedicu poremećaje u radu hidrauličkog sustava, povećano trošenje, ubranu oksidaciju i starenje ulja. Radi čestih problema sa stvaranjem pjene u spremniku hidrauličkog ulja, posebno kod bagera, umjesto na tri temperature, kako nalaže metoda (24, 94, 24 °C), test pjenjenja je proširen i na ispitivanja na najčešće dostignutoj radnoj temperaturi, na 75 °C. Sposobnost otpuštanja zraka praćena je po normi ISO 9120, i možemo reći da je to jedno od najvažnijih svojstava hidrauličkog ulja u hidrauličkim sustavima. Ta karakteristika je narušena posebno kod bagera s manjim uljnim spremnikom i može uzrokovati neželjene pojave u hidrauličkom sustavu, kao što su smanjenje noseće sposobnosti uljnog filma, gubitak kontrole upravljanja hidrauličkog sustava i pojačanu oksidaciju ulja.

Analiza zaprljanosti ulja je zasnovana na pokazateljima zaprljanosti ulja čvrstim i tekućim onečišćenjima, koja mogu biti unutarnjeg i vanjskog porijekla, a koja svojom prisutnošću izravno ugrožavaju pouzdanost hidrauličnog sustava i ubrzavaju propadanje ulja. Zaprljanje hidrauličkih ulja vodom predstavlja veliku opasnost za hidraulički sustav, jer predstavlja uzrok ubrzane degradacije. Voda uzrokuje hidrolizu nekih aditiva, pojačanu koroziju i trošenje. Voda u hidrauličkom ulju uzrokuje brže starenje i oksidaciju ulja, nastajanje kiselih produkata oksidacije, pojavu pjenjenja i uljnog mulja. Karl-Fischer testom su analizirani uzorci za koje se sumnjalo da imaju male količine vode, izražene u ppm. Detekcija manjih količina vode u ulju (ispod 500 ppm) je rađena i FTIR testom, budući da voda apsorbira na oko 3400 cm^{-1} .

Analiza deemulzivnosti (sposobnost ulja da oslobađa vodu i da ne gradi emulziju) nam daje podatak za koje će vrijeme, izraženo u minutama, doći do potpunog razdvajanja vode i ulja. Analiza je rađena po normi ISO 6614, na 54 °C. Kako u hidrauličko ulje kod spomenutih bagera voda može najčešće dospjeti u spremnik hidrauličkog sustava kondenzacijom, kao posljedica razlike temperature u atmosferi i spremniku za ulje, ili radi oštećenih dijelova u sustavu, radi se o manjim količinama vode koje se mogu reducirati prečišćavanjem. U manjim spremnicima je potrebno osigurati ulje više razine deemulzivnosti.

Za određivanje koncentracije čestica metala u hidrauličkom ulju nastalih mehaničkim trošenjem, a zatim onečišćenjem i razgradnjom aditiva, upotrebljena je atomska apsorpcijska spektroskopija (AAS) i kvalitativna ED XRF rendgenska analiza.

Određivanje stupnja onečišćenja i kodiranje razreda (klasa) čistoće rađeno je u skladu s normom ISO 4406/99.

Tablica 1: Preporučene vrijednosti razine čistoće hidrauličkih ulja kod ispitivanih sustava

Vrsta hidrauličkog sustava	Minimalna razina čistoće (ISO 4406)	Minimalna zahtijevana razina filtracije, μm
Visoki tlak, 250-400 bar	15/12	5-10
Normalni tlak, 150-200 bar	16/13	10-12

Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FT-IR) posebno je značajna kod određivanja vrste onečišćenja u rabljenom ulju, kao što su produkti oksidacije ulja, voda, gorivo i drugo, te upoređivanje s novim uljem.

Tablica 2: Kritične vrijednosti kod analiziranih hidrauličkih ulja iz eksploatacije

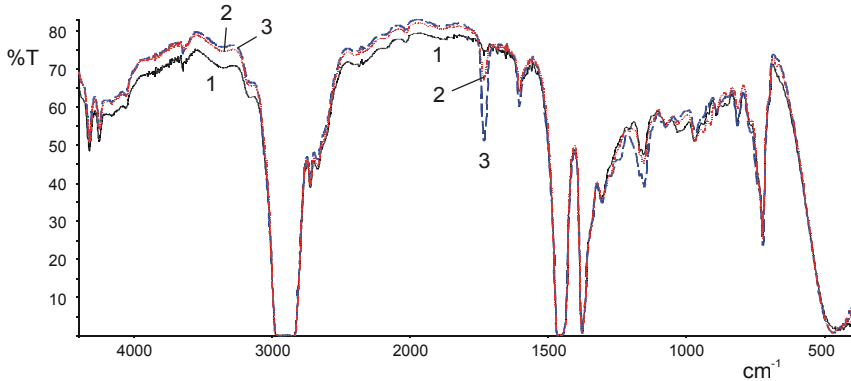
Testovi analize ulja	Metoda / Norma	Alarmirajuće vrijednosti
sadržaj silicija	AAS	15 ppm
sadržaj bakra	AAS	12 ppm
sadržaj željeza	AAS	26 ppm
broj čestica	ISO 4406/99	15/12
ukupni kiselinski broj (TAN)	ISO 6618	porast za 25 % od svježeg
voda	Karl-Fisher	0,1 % maks.
viskoznost	ISO 3104	+10% do -10% od početne ISO VG
točka paljenja	ISO 2592	pad za 30 °C
netopljiva onečišćenja	ASTM D 893	> 0,1 %
izdvajanje vode	ISO 6614	> 30 minuta
penjenje, sekv.	ASTM D 892	tendencija > 450 ml, stabilnost > 10 min ml
izdvajanje zraka (50 °C)	ISO 9120	> 5-20 min

Rezultati i rasprava

Rezultati analiziranih uzoraka hidrauličkog ulja (ispunjava zahtjeve DIN 51524/2) iz sustava bagera br. 1 (količina uljnog punjenja: 2900 L; radni tlak: 350 bara), dani su u tablicama 3 i 4, i prikazani su na slikama 1 i 2.

Tablica 3: Rezultati FT-IR analize iz sustava bagera br. 1

Svojstvo	Oznaka uzorka	
	oznaka 2 (slika 1)	oznaka 3 (slika 1)
Oksidacija DIN (1719 cm^{-1})	0,966 Aps/cm	2,486 Aps/cm
Nitracija / Oksidacija (1640 cm^{-1})	0,992 Aps/cm	1,960 Aps/cm
Oksidacija / Sulfatacija (1150 cm^{-1})	2,527 Aps/cm	8,826 Aps/cm
Nitracija DIN (1630 cm^{-1})	0,680 Aps/cm	0,452 Aps/cm
Dizel (810 cm^{-1})	0,0	1,898 %

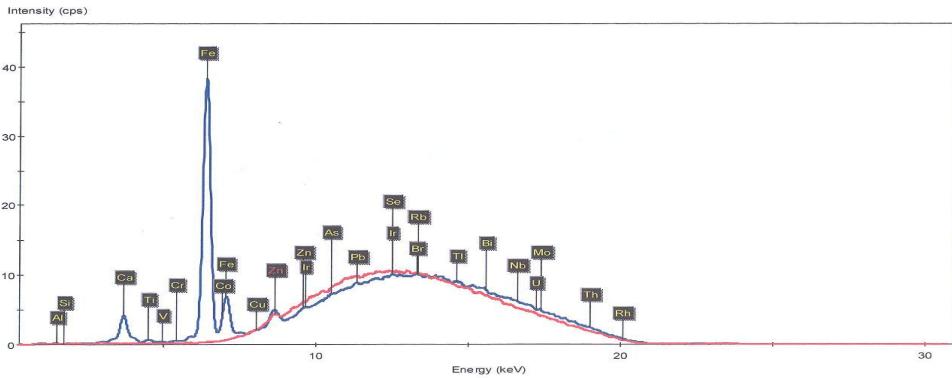


Slika 1: Usporedni FTIR snimci svježeg ulja i analiziranih uzoraka rabljenog ulja iz sustava bagera broj 1 br.;
(1) – svježe ulje, (2) – ulje nakon 5 mjeseci rada, (3) – ulje nakon 10 mjeseci rada

Tablica 4: Rezultati analiziranih uzoraka svježeg ulja i rabljenog ulja iz sustava bagera br.1

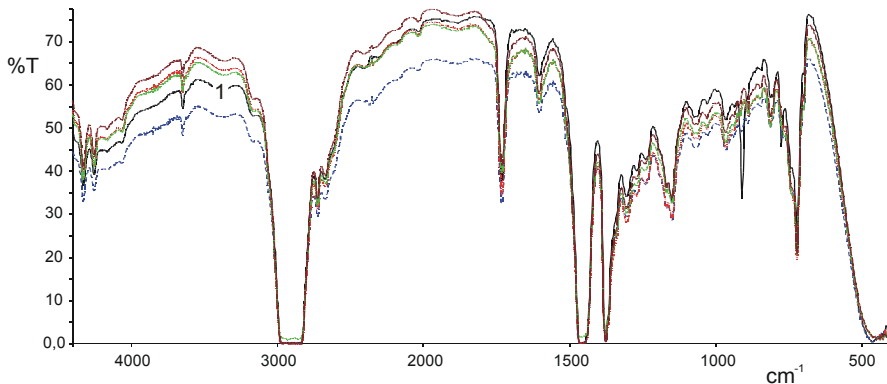
Svojstvo	jedinica	uzorak 1, svježe	uzorak 2	uzorak 3
Viskoznost pri 40 °C	mm ² /s	46,80	42,7	39,23
Viskoznost pri 100 °C	mm ² /s	7,10	6,53	6,09
Indeks viskoznosti	-	110	103	99
Neutralizacijski broj	mg KOH / g	0,27	0,26	0,2
Točka paljenja	°C	237	231	219
Točka tečenja	°C	-17	-17	-15
Sklonost pjenjenju / stab.				-
faza I, 24°C		50/0	350/10	400/50
faza II, 94°C	ml	30/0	90/0	40/0
faza III, 24°C		35/0	210/0	570/230
faza IV, 75°C		25/0	60/0	60/0
Klasa zaprljanosti,				
Δ 4 μm	klasa	14	18	23
Δ 6 μm		15	16	21
Δ 14 μm		11	11	16
Deemulgivnost, 54 °C (ulje, voda, emulzija)	min, ml	30(40/40/0)	37(40/40/0)	60(4/0/76)
Izdvajanje zraka	min	5,0	7,6	8,9
Sadržaj vode, vizualno	-	nema	nema	ima

Analizirajući uzete uzorke iz sustava bagera br. 1 i usporedbom sa svježim uljem, možemo zaključiti da je rabljeno ulje onečišćeno: produktima trošenja (blag porast koncentracije željeza), produktima oksidacije (vidljivo nakon FT-IR analize) koji su u porastu, unosom značajne količine dizelskog goriva (cisterna iz koje je dolijevano hidrauličko ulje prethodno je korištena za transport dizelskog goriva), što je uzrokovalo porast nečistoća, a to je sve utjecalo na pogoršanje karakteristika pjenjenja, deemulgivnosti i otpuštanja zraka.

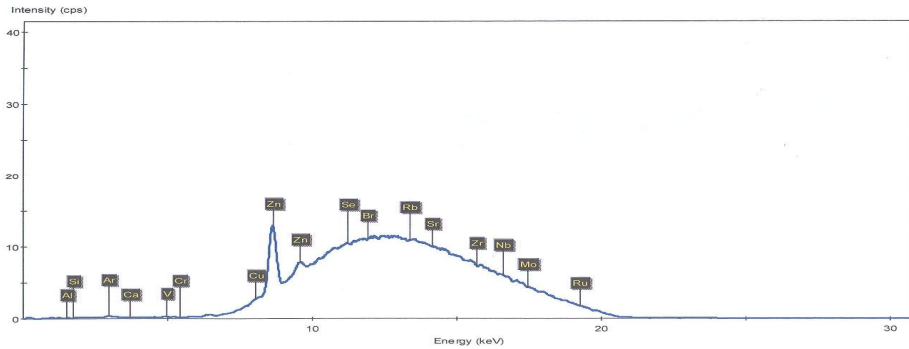


Slika 2: Kvalitativna EDXRF rendgenska analiza (donja linija – uzorak br. 2, gornja linija – uzorak br. 3)

Rezultati analiziranih uzoraka hidrauličkog ulja (DIN 51524/2) iz sustava bagera br. 2 (količina uljnog punjenja: 800 L; radni tlak: 250 bara), dani su u tablicama 5 i 6, i prikazani su na slikama 3 i 4.



Slika 3: Usporedni FT-IR snimci svježeg ulja (oznaka 1, puna linija) i analiziranih uzoraka rabljenog ulja iz sustava bagera broj 2



Slika 4: Kvalitativna EDXRF rendgenska analiza uzorka rabljenog ulja br. 5 iz sustava bagera br. 2

Tablica 5: Rezultati FT-IR analize ulja iz sustava bagera br. 2

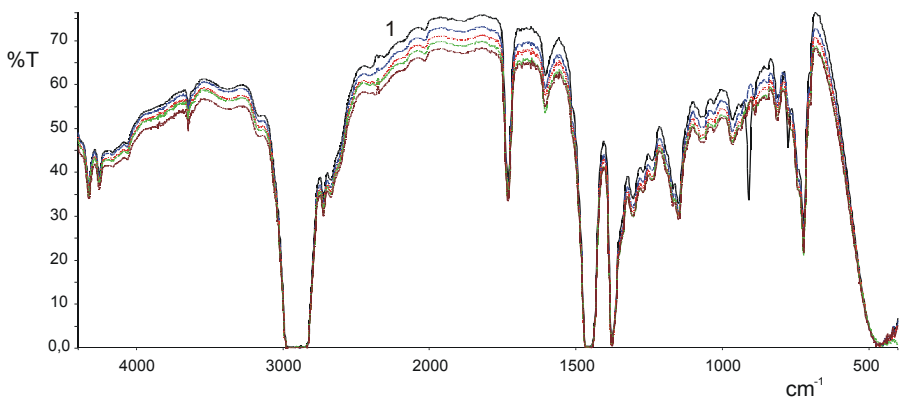
Svojstvo	2	3	4	5
Oksidacija DIN (1719 cm ⁻¹)	0,573 Aps/cm	0,685 Aps/cm	3,580 Aps/cm	4,044 Aps/cm
Nitracija / Oksidacija (1640 cm ⁻¹)	1,571 Aps/cm	2,902 Aps/cm	3,755 Aps/cm	2,984 Aps/cm
Oksidacija / Sulfatacija (1150 cm ⁻¹)	0,145 Aps/cm	0,102 Aps/cm	2,545 Aps/cm	3,503 Aps/cm
Nitracija DIN (1630 cm ⁻¹)	0,680 Aps/cm	0,452 Aps/cm	0,680 Aps/cm	0,798 Aps/cm
Dizel (810 cm ⁻¹)	0,0	0,0	0,988 %	2,013 %

Tablica 6: Rezultati analize ulja iz sustava bagera br. 2

Karakteristika	jedinica	1, svježe	2	3	4	5
Viskoznost pri 40 °C	mm ² /s	45,83	41,01	40,53	42,73	41,89
Viskoznost pri 100 °C	mm ² /s	7,92	6,89	6,76	6,99	6,76
Indeks viskoznosti	-	144	126	127	122	117
Neutralizacijski broj	mg KOH/g	0,37	0,29	0,29	0,26	0,32
Točka paljenja	°C	227	226	221	222	218
Točka tečenja	°C	-25	-25	-23	-21	-21
Sklonost pjenjenju / stab. faza I, 24 °C	ml	10/0	50/5	100/50	850/530	800/600
faza II, 94 °C		0/0	20/0	60/10	150/10	650/470
faza III, 24 °C		5/0	30/0	100/30	650/550	660/570
faza IV, 75 °C		0/0	10/0	50/10	250/30	750/550
Klasa zaprljanosti	klasa					
Δ 4 μm		13	18	20	22	22
Δ 6 μm		14	15	17	20	20
Δ 14 μm		11	12	13	14	15
Deemulgivnost, 54 °C (ulj, voda, emulzija)	ml	11	25	25	35	37
Izdvajanje zraka	min	4	6	6,5	7	9
Sadržaj vode, vizualno	-	nema	nema	nema	ima	nema

Analizirajući uzorke (u četiri navrata) iz sustava bagera br. 2 i uspoređivanjem sa svježim uljem, možemo zaključiti da je rabljeno ulje onečišćeno produktima trošenja (blag porast koncentracije cinka), produktima oksidacije (vidljivo nakon FT-IR analize) koji su u porastu, unosom male količine goriva (cisterna iz koje je dolijevano hidrauličko ulje i u ovom slučaju prethodno je korištena za transport dizelskog goriva), što je uzrokovalo porast nečistoća, a to je sve utjecalo na značajno pogoršanje karakteristika pjenjenja, deemulgivnosti i otpuštanja zraka. Poseban problem kod ovog bagera je pjenjenje ulja, koje je predstavljalo problem u radu.

Rezultati analiziranih uzoraka hidrauličkog ulja (DIN 51524/3) iz sustava bagera br. 3 (količina uljnog punjenja: 2400 L; radni tlak: 350 bara), dani su u tablicama 7 i 8, i prikazani su na slici 5.



Slika 5: Usporedni FT-IR snimci svježeg ulja (oznaka 1, puna linija) i analiziranih uzoraka rabljenog ulja iz sustava bagera broj 3

Tablica 7: Rezultati FTIR analize ulja iz sustava bagera br. 3

Svojstvo	2	3	4	5
Oksidacija DIN (1719 cm^{-1})	0,154 Aps/cm	0,390 Aps/cm	1,538 Aps/cm	1,600 Aps/cm
Nitracija / Oksidacija (1640 cm^{-1})	0,000 Aps/cm	0,160 Aps/cm	0,624 Aps/cm	0,680 Aps/cm
Oksidacija / Sulfatacija (1150 cm^{-1})	0,748 Aps/cm	1,511 Aps/cm	1,783 Aps/cm	1,790 Aps/cm
Nitracija DIN (1630 cm^{-1})	0,0 Aps/cm	0,452 Aps/cm	0,520 Aps/cm	0,680 Aps/cm
Dizel (810 cm^{-1})	0,0	0,890 %	1,230 %	2,090 %

Analizirajući uzorke hidrauličkog ulja (u četiri navrata) iz sustava bagera br. 3 i uspoređivanjem sa svježim uljem, možemo zaključiti da je rabljeno ulje onečišćeno produktima trošenja i oksidacije (vidljivo nakon FT-IR analize) koji su u porastu, unosom značajne količine goriva (cisterna iz koje je dolijevano hidrauličkog ulja i u ovom slučaju prethodno je korištena za transport dizelskog goriva), što je uzrokovalo porast nečistoća. Sve je to utjecalo na značajno pogoršanje karakteristika pjenjenja, deemulgivnosti i otpuštanja zraka.

Poseban problem i kod ovog bagera je pjenjenje ulja, koje je predstavljalo veliku poteškoću u radu cijelog hidrauličkog sustava. Kako bi se popravila važna karakteristika ulja, pjenjenje, u spremnik hidrauličkog ulja kod sva tri bagera periodično je dodavan antipjenušavac, sugerirano je redovnije mijenjanje i ugradnja originalnih filtra, a kada je bilo moguće, ulje je na mjestu rada profilirano pomoću mobilne opreme za filtraciju.

Tablica 8: Rezultati analize ulja iz sustava bagera br. 3

Svojstvo	jedinica	1, svježe	2	3	4	5
Viskoznost pri 40 °C	mm ² /s	45,87	42,32	40,65	41,15	40,72
Viskoznost pri 100 °C	mm ² /s	8,04	7,05	6,82	6,92	6,84
Indeks viskoznosti	-	143	127	125	127	126
Neutralizacijski broj	mg KOH/g	0,33	0,29	0,25	0,26	0,32
Točka paljenja	°C	227	226	221	222	221,5
Točka tečenja	°C	-25	-25	-23	-21	-21
Sklonost pjenjenju/stab. faza I, 24 °C	ml	0/0	30/5	100/50	450/330	600/300
faza II, 94 °C		0/0	20/0	60/10	450/10	550/370
faza III, 24 °C		5/0	10/0	50/30	450/250	660/570
faza IV, 75 °C		0/0	10/0	30/5	250/30	450/250
Klasa zaprljanosti, Δ 4 μm	klasa	13	14	16	21	20
Δ 6 μm		14	14	15	18	18
Δ 14 μm		11	12	13	14	14
Deemulgivnost, 54 °C (ulj, voda, emulzija)	ml	11	25	25	35	37
Izdvajanje zraka	min	4	6	6	6,5	7
Sadržaj vode, vizualno	-	nema	nema	nema	ima	ima

Zaključci

Kod sva tri odabrana bagera iz čijeg sustava su uzimani uzorci ulja za analizu radi praćenja zaprljanosti hidrauličkog ulja, utvrđeno je pregledom sustava na mjestu rada bagera i analizom uzoraka ulja sljedeće:

- iako bageri rade u prisutnosti ugljene prašine i ostalih onečišćenja, osnovni izvor onečišćenja potječe iz cisterne kojom se do bagera doprema hidrauličko ulje,
- onečišćenja koja nastaju unutar sustava zbog teških uvjeta rada, doprinose bržoj oksidaciji ulja i stvaranju oksidacijskih produkata,
- zbog neredovitog mijenjanja filtra i ugradnje filtra koji nisu originalni, veći dio čvrstih nečistoća zajedno s produktima oksidacije ulja znatno utječe na pogoršanje deemulzacijskih svojstava, otpuštanje zraka i pjenjenje ulja.

Literatura/Refereces

1. M. Babić, Monitoring ulja za podmazivanje, Kragujevac, 2004.
2. T. Mang, W. Dresel, Lubricant and lubrication, Weinheim, 2007.
3. A. Sasaki, Contaminants in used oils and their problems, Engineering Tribology, Vol. 220, 2006.

UDK	ključne riječi	key words
621.899	uklanjanje uzroka onečišćenja maziva	lubricant contamination cause removal
621.892-822	hidraličko ulje mineralne osnove	hydraulic mineral based oil
.004.15	gledište učinka u primjeni produkta	efficiency of use viewpoint
.004.58	praćenje stanja maziva tijekom uporabe	product condiotion in use monitoring
621.225.2	hidraulički motori s povratnim klipovima	reciprocating piston hydraulic motors

Autori/Authors

Marica Dugić, dipl. ing.; dr. Pero Dugić, dipl.ing.tehn.;
 Rafinerija ulja Modriča, Modriča, Bosna i Hercegovina
 e-mail: majad@modricaoil.com

Primljeno/Received

18.9.2009.

Prihvaćeno/Accepted

31.5.2010.