

PREDNOST HC BAZNIH ULJA U FORMULACIJI TURBINSKIH ULJA

Valentina Petković, Omer Kovač, Mirko Petković
Rafinerija ulja Modriča

1. Uvod

U radu su prikazani uticaji različitih tipova/grupa baznih ulja (HC, SN i kombinacija HC+SN ulja) na oksidacionu stabilnost turbinskih ulja, kao i na ostale relevantne karakteristike koje utiču na vijek trajanja turbinskih ulja u eksploataciji.

Hidrokrekovana bazna ulja dobijaju se rekcijama hidrogenizacije i hidrokrekovanja. Ovako dobijena bazna ulja odlikuju se dobrom termo-oksidacionom stabilnošću, visokim indeksom viskoznosti, niskim sadržajem sumpora te visokim stepenom zasićenih jedinjenja.

Hidrokrekovana bazna ulja grupe III i grupe II su pokazala izvanredna svojstva u formulacijama turbinskih ulja.

2. Turbinska ulja

Osnovna funkcija turbinskog ulja je podmazivanje turbinskih postrojenja hidro, termo i gasnih elektrana koje kao pogonski agregat koriste vodu, ugalj, mazut ili gas. Pored toga, koriste se i za podmazivanje drugih mašina, kao što su lakše opterećeni reduktori, vijčani kompresori i druge tribološke cjeline, ali taj segment primjene turbinskih ulja u ukupnoj potrošnji zauzima manje značajno mjesto. Osim uloge podmazivanja, turbinska ulja imaju ulogu hlađenja ležajeva, zupčastih prenosnika turbine, kao i zaptivanja u cilju obezbjeđivanja pouzdanog rada kontrolnog i regulacionog sistema. Za formulaciju turbinska ulja se najčešće koriste ulja mineralne osnove sa povećanom oksidacionom stabilnošću i aditivima protiv oksidacije, korozije i habanja. Za turbinska ulja je veoma bitna oksidaciona stabilnost zbog katalitičkog dejstva bakra na ova ulja u primjeni. Pošto ova ulja često dolaze u kontakt sa vodom, moraju imati izuzetna deemulziona svojstva-sposobnost dobrog odvajanja vode. Osim toga veoma je važno da turbinska ulja imaju smanjenu tendenciju ka stvaranju pjene i visoku sposobnost izdvajanja vazduha.

U praksi susrećemo tri osnovna tipa turbina: vodene, parne i gasne turbine. Svaka od navedenih turbina ima svoje tipične režime i uslove rada, a to su prije svega širok raspon brzina, opterećenja i temperature. Konstrukcija turbina, uslovi rada, opterećenja, radne temperature, dolijevanje ulja i nečistoće su glavni faktori koji određuju performanse turbinskih ulja i njihov životni vijek.

U tabeli 1. dat je prikaz uslova rada turbinskih ulja.

Vrsta turbine	Vodena	Parna	Gasna
Kritični dijelovi turbine	✚ ležajevi, ✚ usmjeravajuće lopatice, ✚ sistem regulacije	✚ ležajevi, ✚ sistem regulacije	✚ ležajevi, ✚ reduktori, ✚ sistem regulacije
Tipični broj obrtaja, o/min.	❖ 50-600	❖ >3000	❖ 3000-7000
Max. temperatura ulja, °C	➤ 75 - 90	➤ 80 - 150	➤ 150 - 250
Temperatura ulja u spremniku, °C	➤ 40-60	➤ 45-65	➤ 50-95
Nepovoljni uticaji	✓ voda ✓ vazduh	✓ para ✓ vazduh	✓ vazduh ✓ visoka temperatura

Tabela 1. Prikaz uslova rada turbinskih ulja, [2]

Ukoliko je poznat mehanizam hidrodinamičkog podmazivanja kliznih ležajeva, a kod kojih turbinsko ulje u osnovnom tumačenju ne obavlja funkciju podmazivanje (ono razdvaja površine rukavca i posteljice ležaja silom unutrašnjeg pritiska), tada se može postaviti jedno sasvim jednostavno pitanje, a to je: šta je to što turbinsko ulje čini specifičnim?

Odgovor se može naći u poznavanju;

- ✓ zahtjeva koje turbinsko ulje mora da zadovolji sa stanovništva karakteristika i radnog mjesta za podmazivanje,
- ✓ konstrukcije sistema za podmazivanje,
- ✓ specifičnih karakteristika konstrukcije turbinskog postrojenja kao i njihove vrijednosti,
- ✓ uslova eksploatacije,
- ✓ specifičnih karakteristika konstrukcije turbinskog postrojenja i njegove vrijednosti,
- ✓ složenog postupka zamjene ležaja kod otkaza (vrijeme i sredstva), i
- ✓ visoke vrijednosti uljnog punjenja.

3. Pregled specifikacija

U svijetu postoje specifikacije koje se najčešće primjenjuju, a koje su definisane ISO, ASTM, IP, BS i DIN- standardima.

Kvalitet turbinskih ulja propisan je sledećim specifikacijama: ISO 8068, ASTM D 4304, DIN 51515 Dio 1 i 2, BS 489.

Osim toga veliki svjetski proizvođači imaju svoje sopstvene standarde (OEM) kojima se bliže definišu potrebne karakteristike koje turbinsko ulje mora da zadovolji za upotrebu na turbinama koje su proizveli. Tako su poznate specifikacije od sledećih proizvođača:

- GEK turbine specification,
- Mitsubishi Heavy Industry Turbine Specifications: 600-87182,
- US Seel Turbine Standard Requirements, OEM Turbine Specification,
- Simens:TLV 9013 04/01,
- GEC Alsthom: TDI 039, TDI 126, NBA P50001,
- US Military MIL-PRF-17331J.

Najčešće turbinska ulja moraju da ispune zahtjeve više različitih specifikacija. S obzirom da novije specifikacije u skladu sa uslovima primjene pooštavaju kriterijume za kvalitetom turbinskih ulja, pred proizvođačima je zadatak da definišu formulacije koje će zadovoljiti traženi kvalitet, prije svega u pogledu produženja vijeka trajanja.

4. Eksperimentalni dio

U prvom dijelu ovog rada izvršena su glavna fizičko-hemijska ispitivanja hidrokrekovanih baznih ulja kao i solvent neutral baznih ulja. U drugom dijelu rada formulisana su turbinska ulja od navedenih baznih ulja i odgovarajućeg tipa aditiva, te su urađena opsežna ispitivanja i doneseni zaključci.

4.1 Mineralna bazna ulja

Mineralna bazna ulja dobijaju se različitim postupcima obrade frakcija sirove nafte, a mogu da se podijele na: konvencionalna, hidrorafinisana, hidrokrekovana i hidroizomerizovana bazna ulja. Podjela, prema dominantnom strukturnom sastavu nafte iz koje su dobijena mineralna bazna ulja, je sledeća:

- ❖ Naftenska bazna ulja
- ❖ Parafinska bazna ulja.

Za razliku od procesa solventne rafinacije gdje dolazi do izdvajanja nepoželjnih jedinjenja iz osnovne smješe ugljovodonika, kod procesa hidrokrekovanja (hidroobrade) dolazi do transformacije nepoželjnih jedinjenja u poželjne ugljovodonične smješe. Ovako dobijena bazna ulja (HC ulja) odlikuju se dobrom termo-oksidacionom stabilnošću, visokim indeksom viskoznosti, niskim sadržajem sumpora, visokim stepenom zasićenih jedinjenja, .

Za formulaciju turbinskih ulja viskoznih gradacija ISO VG 32, 46 i 68 korišćena su bazna ulja koja su namiješana u sledećem odnosu:

- TU 32 HC; 100% HC 1,
- TU 32 SN; 100% SN 1,

- TU 46 HC; 100% HC 2,
- TU 46 SN; 60% SN 1+ 40% SN 2,
- TU 68 SN; 20% SN 1+ 80% SN 2,
- TU 68 (HC+SN); 51% HC 2 + 49% SN 3.

U tabeli 2. su date osnovne fizičko-hemijske karakteristike navedenih hidrokrekovanih baznih ulja – HC i solvent neutral baznih ulja - SN.

Fizičko-hemijska karakteristika	Metoda	Bazno ulje HC 1	Bazno ulje HC 2	Bazno ulje SN 1	Bazno ulje SN 2	Bazno ulje SN 3
Viskozitet na 40°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	33,21	42,63	32,54	82,48	112,91
Viskozitet na 100°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	6,02	7,01	5,42	9,68	11,88
IV	BAS ISO 2909	128	124	100	94	93
Tačka tečenja, (°C)	BAS ISO 3016	-9	-7	-9	-12	-5
Tačka paljenja, (°C)	ISO 2592	246	256	213,3	256	268
Boja, (ASTM)	ISO 2049	L1,5	L2,0	200	L1,0	L1,5
Kbr, (mgKOH/g)	ISO 6618	0,005	0,005	0,18	0,005	0,005
Koks, (%m/m)	ISO 6615	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04
Deemulgivnost na 54°C, (min.)	ISO6614	2'(40:40:0)	2'(40:40:0)	2'(40:40:0)	8'(40:40:0)	5'(40:40:0)
Sadržaj sumpora, %m/m	ISO 8754	0,0023	0,0029	0,334	0,148	0,0015
IR analiza:						
Ca, (%m/m)	CEI IEC 590	3,55	4,14	6,59	5,9	6,49
Cp, (%m/m)		67,45	68,25	63,43	63,43	63,43
Cn, (%m/m)		29	27,61	29,98	30,67	30,08
Gustina na 15°C, (kg/m ³)	ASTM D5002	842,6	850,1	868,2	884,0	880,0

Tabela 2. Prikaz fizičko hemijskih karakteristika baznih ulja

4.2 Aditivi

U postupku formulacije turbinskih ulja viskoznih gradacija ISO VG 32, 46 i 68 korišćen je bezpepelni multifunkcionalni paket aditiva (PA). Osnovni sastav ovog multifunkcionalnog aditiva je kombinacija oksidacionog inhibitora, korozivnog inhibitora i metal deaktivatora. Ovaj aditiv je od strane proizvođača ispitan i označen kao efikasan u konc. od 0,50 %m/m. Njegovom primjenom u formulaciji turbinskih ulja obezbjeđuju se veoma visoke performanse, kao što su:

- ✓ visoka oksidaciona stabilnost,
- ✓ dobra termička stabilnost,
- ✓ izvrsna hidrolitička stabilnost,
- ✓ dobra deemulzivna svojstva,
- ✓ sprečavanje formiranja taloga, i
- ✓ dobru zaštitu od korozije i rđe.

4.3 Ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika turbinskih ulja

Ispitivanje turbinskih ulja vršeno je u Ispitnoj Laboratoriji Rafinerije ulja Modriča, koja je akreditovana prema zahtjevima standarda BAS ISO/IEC 17025, prema standardnim metodama navedenim u tabeli 3.1, 3.2, 3.3, a posebna pažnja je posvećena ispitivanju oksidacione stabilnosti koja direktno utiče na vijek trajanja maziva.

4.3.1 Testovi oksidacione stabilnosti

Na svim formulisanim turbinskim uljima izvršena su ispitivanja oksidacione stabilnosti u skladu sa sledećim standardnim metodama:

- ASTM D 943 koja se u stručnim krugovima navodi kao TOST metoda (*Turbine Oil Stability Test*),
- IP 280, Oksidacione stabilnosti turbinskih ulja, IP 280 (*CIGRE test*), i
- ASTM D 2272, *RPVOT (Rotating Pressure Vessel Oxydation Test – Test oksidacije pomoću rotirajuće bombe pod pritiskom)*,
 - a) Oksidaciona stabilnost ulja po ASTM D 943, (TOST)

Metoda ASTM D 943 se koristi za ocjenu oksidacione stabilnosti inhibiranih ulja za turbine u prisustvu kiseonika, vode, metala (Cu i Fe) pri povišenoj temperaturi.

Princip metode je sledeći: uzorak ulja 300 (ml) sa 60 (ml) destilovane vode reaguje sa kiseonikom čiji je protok $3 \pm 0,1$ L/h u prisustvu Cu-Fe katalizatora (dupli namotaj) na temperaturi od $95 \pm 0,2$ °C. Test traje dok vrijednost TAN-a (kiselinskog broja) ne dostigne 2 mgKOH/g ulja ili više. Broj sati do dostizanja 2 mgKOH/g predstavlja vijek/vrijeme oksidacije. Za praćenje ovog testa svakih sedam dana se uzima uzorak test ulja (turbinsko) i to 3 ml iz oksidacione ćelije sa kondenzatorom kako bi se pratila promjena kiselinskog broja tj. oksidacija. Da bi se tokom testa održavao konstantan nivo ulja u test tubama po potrebi se dodaje destilovana voda.

Rezultati provedenog oksidacionog testa (TOST) su navedene u tabelama 3.1, 3.2 i 3.3, a predstavljeni su i na dijagramima.

b) *Test oksidacije pomoću rotirajuće bombe pod pritiskom po ASTM D 2272, (RPVOT)*

Ova ispitna metoda koristi bombu sa kiseonikom pod pritiskom za procjenu oksidacione stabilnosti novih turbinskih ulja ili turbinskih ulja u upotrebi, koja imaju jednak sastav tj. (bazna ulja i aditivi) u prisustvu vode i namotaja bakarnog katalizatora, na temperaturi od 150 °C. Ispitno ulje, voda i namotaj bakarnog katalizatora, smješteni u pokriven stakleni sud, smještaju se u bombu opremljenu priborom za mjerenje pritiska. Bomba se puni kiseonikom da pritisak na mjerачu pokaže 620 kPa (6,2 bara), i smještena je u uljno kupatilo konstantne temperature podešeno na $150 \pm 0,1$ °C ili na metalnu ploču podešenu na $150 \pm 0,1$ °C i rotira aksijalno brzinom od 100 rpm (obrtaja u minuti) pod uglom od 30° u odnosu na podlogu. Broj minuta potreban da se dostigne određen pad pritiska na mjerачu predstavlja oksidacionu stabilnost ispitnog uzorka. Test je završen nakon pada pritiska većeg od 175 kPa (1,75 bara) ispod maksimalnog pritiska. Pad pritiska od 175 kPa obično, ali ne uvijek, ukazuje na period brzog pada pritiska tipa indukcije. Rezultati provedenog oksidacionog testa (RPVOT) predstavljeni su u tabelama 3.1, 3.2 i 3.3.

c) *Oksidacione stabilnosti turbinskih ulja, IP 280 (CIGRE test)*

Ispitna metoda IP 280 je namijenjena da daje mjeru tendencije starenja turbinskih ulja u specifičnim uslovima oksidacije. Princip metode je sledeći:

- u uzorka ulja 25 g se dozira bakarni i željezni naftenat kao katalizator,
- suvi kiseonik prolazi 164 h kroz reakcione tube sa uljem - protok kiseonika je $1 \pm 0,1$ L/h,
- temperatura testa je $120 \pm 0,5$ °C.

Stepen pogoršanja se izražava kao totalni oksidacioni produkti (TOP), % m/m. Gdje su: *Totalni produkti oksidacije (TOP)*, isparljive kiseline (VA), rastvorljive kiseline (SA) i sadržaj taloga (S).

Isparljive kiseline: voda koja je služila za apsorpciju isparljivih kiselina uz indikator fenolftalein titriše se sa alkoholnim rastvorom 0,1M KOH nakon završetka testa, a izraz je sledeći:

$$VA = \frac{A * 5.61 * M}{25} \dots\dots\dots(4.1)$$

Rastvorljive kiseline: prikupi se rastvor n-heptana nakon filtracije taloga u 500 ml odmjernog suda i dopuni do oznake n-heptanom. Zatim se odrede 3 (tri) kiselinska broja sa 100 ml ovog rastvora, a izraz za proračun je sledeći:

$$SA = \frac{A * 5.61 * M}{5} \dots\dots\dots(4.2)$$

Talog: Smješu 25 g ostarenog ulja i 300 ml n-heptana ostaviti sa da stoji 24 sata, zatim se filtrira kroz predhodno izvagan guč lončić. Isprati sa 150 ml n-heptana. Talog se sušiti do konstantne mase, (a). Talog ostao na zidovima tube rastvoriti se u hloroformu, sušiti i vaga, (b).

$$Ukupan\ talog: S(\%m/m) = \frac{(a + b)}{25} * 100 \dots\dots\dots(4.3)$$

Totalni produkti oksidacije (TOP-a) se računaju pomoću sledećeg izraza:

$$TOP(\%m/m) = \frac{180(SA + VA)}{561} + S \dots\dots\dots(4.4)$$

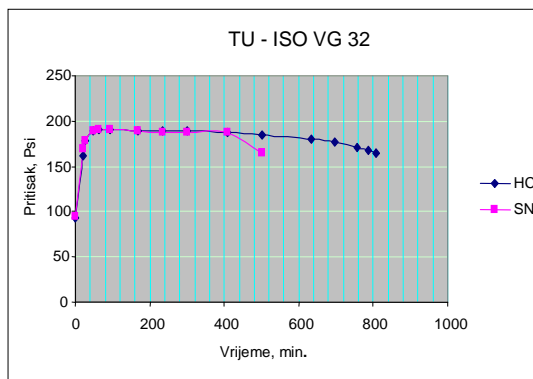
Rezultati provedenog oksidacionog testa (CIGRE) predstavljeni su u tabelama 3.1, 3.2 i 3.3.

4. 4 Turbinska ulja viskozne gradacije ISO VG 32

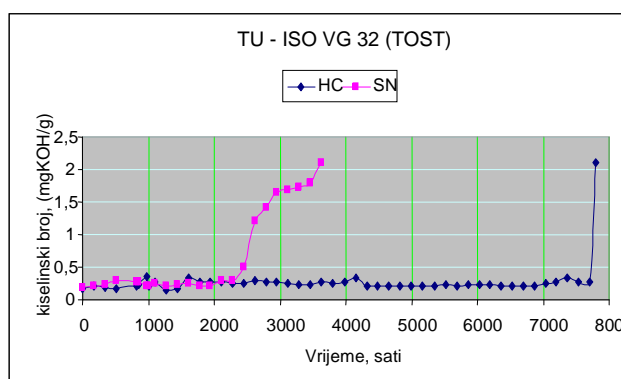
U tabeli br. 3.1 prikazane su fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja viskozne gradacije ISO VG 32, gdje je uzorak TU 32-HC formulisan korišćenjem HC baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva, a uzorak TU 32-SN je formulisan korišćenjem SN baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva.

Fizičko-hemijska karakteristika	METODA	TU 32-HC	TU 32-SN	Zahtjev ISO 8068
				ISO VG 32
Viskozitet na 40°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	32,81	32,54	28,8 - 35,2
Viskozitet na 100°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	5,96	5,42	-
IV	BAS ISO 2909	128	100	min. 90
Tačka tečenja, (°C)	BAS ISO 3016	-7	-9	max. -6
Tačka paljenja, (°C)	ISO 2592	238,8	213,3	min. 170
Voda po KF, (ppm)	ISO 12937	49,6	200	max. 200
Kbr, (mgKOH/g)	ISO 6618	0,16	0,18	max. 0,2
Pjenjenje na: 24°C, (ml/ml) 94°C, (ml/ml) 24°C, (ml/ml)	ISO 6247	30/0 10/0 30/0	280/0 30/0 170/0	max. 450/0 50/0 450/0
Deemulgivnost na 54°C, (min.)	ISO 6614	5'(40:40:0)	5'(40:40:0)	max. 30 min.
Korozija na Cu, (3h, 100°C), klasa	ASTM D 130	1a	1a	max. 1
SIV na 50°C, (min.)	ISO 9120	1	3	max. 5
RPVOT, (min.)	ASTM D 2272	808	500	Navodi se
Oksidaciona stabilnost - ukupni TOP, (%m/m) - talog, (%m/m)	IP 280	0,25 0,08	0,35 0,17	0,4 0,25
Oksidaciona stabilnost, TOST: - vrijeme za Kbr = 2 (mgKOH/g)	ASTM D 943	7800 h	3600 h	min. 3500 h

Tabela 3.1. Fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja ISO VG 32



Slika 1.1. Promjena pritiska u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(RPVOT)



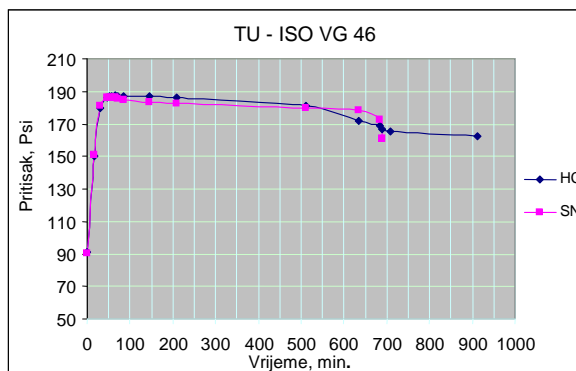
Slika 1.2. Promjena kiselinskog broja u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(TOST)

4.5. Turbinska ulja viskozne gradacije ISO VG 46

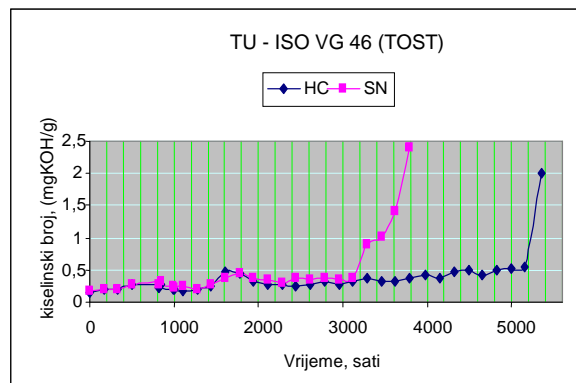
U tabeli br. 3.2 prikazane su fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja viskozne gradacije ISO VG 46, gdje je uzorak TU 46-HC formulisan korišćenjem HC baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva, a uzorak TU 46-SN je formulisan korišćenjem SN baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva.

Fizičko-hemijska karakteristika	METODA	TU 46-HC	TU 46-SN	Zahtjev
				ISO 8068 ISO VG 46
Viskozitet na 40°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	45,62	45,13	41,4 - 50,6
Viskozitet na 100°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	7,22	6,62	-
IV	BAS ISO 2909	119	97	min. 90
Tačka tečenja, (°C)	BAS ISO 3016	-10	-12	max. -6
Tačka paljenja, (°C)	ISO 2592	246,8	225	min. 170
Voda po KF, (ppm)	ISO 12937	51,8	64	max. 200
Kbr, (mgKOH/g)	ISO 6618	0,19	0,17	max. 0,2
Pjenjenje na: 24°C, (ml/ml) 94°C, (ml/ml) 24°C, (ml/ml)	ISO 6247	10/0	40/0	max. 450/0
		10/0	30/0	50/0
		50/0	150/0	450/0
Deemulzivnost na 54°C, (min.)	ISO 6614	5'(40:40:0)	12'(40:40:0)	max. 30 min.
Korozija Cu, (3h, 100°C)	ASTM D 130	1a	1a	max. 1
SIV na 54°C, (min)	ISO 9120	1,5	2,8	max. 5
RPVOT, (min.)	ASTM D 2272	912	690	Navodi se
Oksidaciona stabilnost: - ukupni TOP, (%m/m) - talog, (%m/m)	IP 280	0,11 0,018	0,42 0,19	0,5 0,3
Oksidaciona stabilnost, TOST: - vrijeme za Kbr = 2 (mgKOH/g)		ASTM D 943	5350 h	3750 h

Tabela 3.2. Fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja ISO VG 46



Slika 2.1 Promjena pritiska u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(RPVOT)



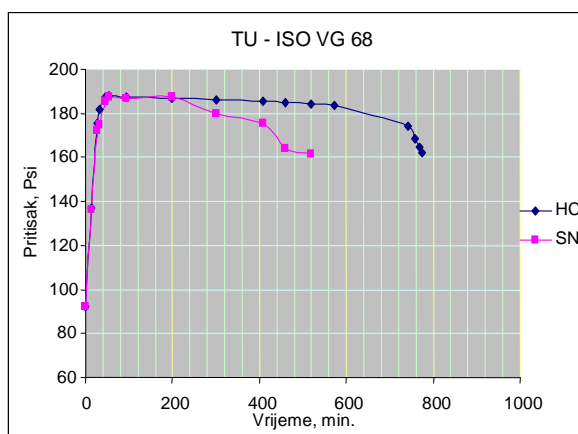
Slika 2.2 Promjena kiselinskog broja u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(TOST)

4.5 Turbinska ulja viskozne gradacije ISO VG 68

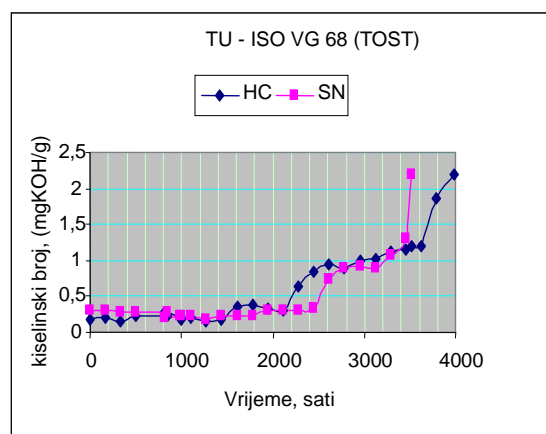
U tabeli br. 3.3 prikazane su fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja viskozne gradacije ISO VG 68, gdje je uzorak TU 68-(HC+SN) formulisan korišćenjem HC i SN baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva, a uzorak TU 68-SN je formulisan korišćenjem SN baznog ulja i 0,5 %m/m aditiva.

Fizičko-hemijska karakteristika	METODA	TU 68 - (HC+SN)	TU 68-SN	Zahtjev ISO 8068
				ISO VG 68
Viskozitet na 40°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	63,82	63,37	61,2 - 74,8
Viskozitet na 100°C, (mm ² /s)	BAS ISO 3104	8,67	8,75	-
IV	BAS ISO 2909	108	111	min. 90
Tačka tečenja, (°C)	BAS ISO 3016	-6	-9	max. -6
Tačka paljenja, (°C)	ISO 2592	266,3	256,5	min. 170
Voda po KF, (ppm)	ISO 12937	67,9	183	max. 200
Kbr, (mgKOH/g)	ISO 6618	0,2	0,30	max. 0,2
Pjenjenje na: 24°C, (ml/ml) 94°C, (ml/ml) 24°C, (ml/ml)	ISO 6247	20/0 15/0 25/0	150/0 20/0 290/0	max. 450/0 50/0 450/0
Deemulgivnost na 54°C, (min.)	ISO 6614	10'(40:40:0)	10'(40:40:0)	max. 30 min.
Korozija na Cu, (3h, 100°C), klasa	ASTM D 130	1a	1a	max. 1
SIV na 54°C, (min.)	ISO 9120	2,8	5,8	max. 6
RPVOT, (min.)	ASTM D 2272	774	520	Navedi se
Oksidaciona stabilnost: - ukupni TOP, (% m/m) - talog, (% m/m)	IP 280	0,084 0,02	0,16 0,04	0,5 0,3
Oksidaciona stabilnost, TOST - vrijeme za Kbr = 2 (mgKOH/g)	ASTM D 943	3980 h	3520 h	min. 2500 h

Tabela 3.3. Fizičko-hemijske karakteristike turbinskih ulja ISO VG 68



Slika 3.1. Promjena pritiska u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(RPVOT)



Slika 3.2. Promjena kiselinskog broja u zavisnosti od vremena trajanja oksidacionog testa-(TOST)

5. Diskusija rezultata

Rezultati ispitivanja prikazani u tabelama pokazuju da se sve propisane karakteristike nalaze u okviru predviđenih standarda. Ispitivana turbinska ulja pokazuju puno veće vrijednosti indeksa viskoznosti od propisanih, čime se postiže manja promjena viskoznosti sa promjenom temperature, a samim tim bolje podmazivanje u širem temperaturnom intervalu. Osim toga sva ispitivana ulja pokazuju izuzetna deemulziona svojstva. Očigledno je da ulja u kojima ima i klasičnih baznih ulja imaju nešto slabija deemulziona svojstva. Sva ispitivana ulja imaju smanjenu tendenciju ka stvaranju pjene, a takođe i brzo izdvajanje već prisutnog vazduha, što je od velikog značaja u primjeni turbinskih ulja.

Na osnovu oksidacionog toka (TOST) prikazanog na predhodnim dijagramima, može se zapaziti da u dugom vremenskom intervalu ne dolazi do značajnijih oksidacionih promjena i da su periodi dostizanja granične propisane vrijednosti kiselinskog broja od 2 mgKOH/g, za sva ulja, daleko iznad propisanih vrijednosti - ISO VG 32/ 46/ 68 - 3500h/3000h/2500h.

Međutim, kod turbinskih ulja (viskozne gradacije ISO VG 32 i 46) formulisanih na bazi hidrokrekovanih baznih ulja grupe III, taj period je i do 2 - 3 puta duži.

Period dostizanja granične propisane vrijednosti kiselinskog broja od 2 mgKOH/g, za formulisano turbinsko ulja ISO VG 68 (kombinacija HC i SN ulja), je takođe iznad propisanih vrijednosti od 2500 h.

Na osnovu rezultata oksidacionog testa (CIGRE), može se zapaziti da u propisanom vremenskom intervalu i uslovima testa ne dolazi do značajnijih oksidacionih promjena i da su periodi dostizanja granične propisane vrijednosti ukupnih produkata oksidacije (TOP) od 0,4% m/m, 0,5% m/m, 0,5 % m/m, za sva ulja viskozne gradacije ISO VG 32, 46 i 68, ispod propisanih vrijednosti. Takođe je evidentno da je za turbinska ulja formulisana na bazi HC ulja ta vrijednost (TOP) znatno manja u odnosu na ulja koja su formulisana na bazi SN ulja. Ova činjenica se može objasniti u sposobnosti HC ulja da dobro rastvaraju nastale produkte oksidacije i sposobnosti da ih drži dugo dispergovanim.

Kod turbinskih ulja formulisanih na bazi hidrokrekovanih baznih ulja grupe III, taj sadržaj/vrijednost je i do 2 puta manja kada je u pitanju sadržaj taloga, a za TOP i do 4 puta.

Na osnovu rezultata oksidacionog testa (RPVOT), može se zapaziti da u propisanim uslovima testa vrijeme potrebno da se zabilježi pad pritiska od 175 kPa kreće iznad 750 min., i to za sva ulja tj. viskozne gradacije ISO VG 32, 46 i 68, a koja su formulisana na bazi HC ulja.

6. Zaključci

1. Sva ispitivana turbinska ulja u potpunosti ispunjavaju zahtjeve specifikacija, npr. ISO 8068, DIN 51515, ASTM D 4304, BS 489.

2. Ispitivana turbinska ulja (viskozne gradacije ISO VG 32, 46 i 68) formulisana na bazi hidrokrekovanih baznih ulja pokazuju izvanredna deemulziona svojstva, smanjenu tendenciju ka stvaranju pjene, a takođe i brzo izdvajanje već prisutnog vazduha.

3. Turbinska ulja viskozne gradacije ISO VG 32 i 46 formulisana na bazi hidrokrekovanih baznih ulja imaju puno bolja oksidaciona svojstva u odnosu na klasična SN ulja, a samim tim i duži period zamjene.

4. Turbinska ulja viskozne gradacije ISO VG 68 formulisana na bazi HC i SN ulja imaju takođe bolja oksidaciona svojstva u odnosu na klasična SN ulja, a samim tim i duži period zamjene!

5. Korišćeni paket aditiva u konc. od 0,5 % m/m pokazao se veoma efikasnim u HC uljima, a naročito je to izraženo na testu RPVOT.

6. Turbinska ulja formulisana sa HC uljima zadovoljavaju većinu OEM specifikacija proizvođača turbina u pogledu zahtjeva za RPVOT.

Literatura:

[1] S.M. Sokolović: „Tehnologija proizvodnje i primena tečnih maziva“ N. Sad, 1998.

[2] F.N. Farkas, K.Baumann, T. Leimeter: „Poboljšanje termooksidacione stabilnosti ulja za plinske turbine“ Goriva i maziva, 47,3: 209-231, 2008.

[3] V. Savić, M. Jocanović: „Karakteristike, primjena i održavanje čistoće turbinskih i transformatorskih ulja“ N. Sad, 2005.

[4] ISO 8068 (Sept. 2006), ASTM, IP, DIN 51515 Teil 1,2.

[5] ASTM D 943: „Standard Test Method for Oxidation Characteristics of Inhibited Mineral oils“, 2002.

[6] ASTM D2272: „Standard Test Method for Oxidation Stability of Steam Oil Rotating Pressure Vessel