

PRAĆENJE TURBINSKOG ULJA U EKSPLOATACIJI

Aleksandra Josipović¹, Danka Šikuljak, Pero Dugić²

¹*Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet, Zvornik, josipovic.aleksandra@yahoo.com*

²*Rafinerija ulja Modrica, Stepe Stepanovica 49 Modrica, danka@modricaoil.com; pero@modricaoil.com*

Izvod

Pravilno funkcionisanje turbina je u zavisnosti od kvaliteta turbinskih ulja. Glavne funkcije turbinskih ulja su podmazivanje turbinskih postrojenja, hlađenje ležajeva i zupčastih prenosnika turbina, te uklanjanje produkata kontaminacije sa pokretnih dijelova turbina. Za formulacije turbinskih ulja najčešće se koriste ulja mineralne osnove u kombinaciji sa aditivima protiv oksidacije, korozije i trošenja. Najzastupljeniji su inhibitori oksidacije koji određuju životni vijek ulja u sistemu.

U toku rada turbina ulja su izložena nizu nepovoljnih faktora koji vode ka degradaciji ulja. To su visoke temperature, prisustvo vazduha, vode, pare i metala. Pod takvim uslovima dolazi do termičke i oksidacione degradacije ulja što može prouzrokovati cijeli niz problema koji se mogu odraziti na rad i pouzdanost turbinskog sistema. Visoke radne temperature u prisustvu kiseonika i metala kao katalizatora dovode do oksidacije ulja pri čemu se stvaraju u ulju i vodi rastvorivi produkti oksidacije. Daljim hemijskim procesima dolazi do polimerizovanja oksidacionih produkata koji se izdvajaju iz ulja, formirajući lakove i naslage na metalnim površinama.

S obzirom da su ulja osnova pouzdanog rada turbine potrebno je osigurati konstanto praćenje kvaliteta ovih ulja u eksploataciji kako bi se izbjegli eventualni kvarovi u sistemu.

U radu su praćene promjene ulja iz eksploatacije u odnosu na svježe ulje. Korištene su standardne metode za ispitivanje fizičko-hemijskih karakteristika, kao i savremene instrumentalne metode (X-RAY, IR, ICP) kojima su utvrđene hemijske promjene i metali habanja u ulju.

Ključne riječi: turbina, ulje, sistem podmazivanja.

MONITORING OF TURBINE OIL IN THE EXPLOITATION

Aleksandra Josipović¹, Danka Šikuljak, Pero Dugić²

¹*University of East Sarajevo, Faculty of technology, Zvornik, josipovic.aleksandra@yahoo.com*
²*Oil refinery Modrica, Stepe Stepanovica 49 Modrica danka@modricaoil.com; pero@modricaoil.com*

Abstract

The proper functioning of the turbine depends a lot on turbine oil. The main functions of turbine oils is lubrication of turbine installations, cooling of bearings and gears turbines, and removing products of contamination from moving part of the turbine. Turbine oils are mainly formulated from mineral base oils combined with additives against oxidation, corrosion and wear.

During turbine operation, turbine oils are exposed to a number of negative factors that lead to degradation of oil. These are high temperature, presence of air, water, steam and metals. Under such conditions, there is a thermal and oxidative degradation of the oil that can cause a range of problems that can affect the performance and reliability of the turbine system. High temperatures in the presence of oxygen and metals as catalysts cause oxidation of oils producing in oil and water soluble oxidation products. By further chemical processes occurs polymerization of oxidation products which form varnishes and deposits on metal surfaces.

Since oils are basis for the reliable turbine operation, in order to avoid possible failures in the system, it is necessary to ensure constant monitoring of quality of the oil from the exploitation. This paper shows the results of the monitoring of turbine oils from the exploitation, compared to fresh oil. For the examination of physical and chemical characteristics were used standard methods, as well as modern instrumental methods (X-ray, IR, ICP), which determines chemical changes and wear metals in the oil.

Key words: turbine, oil, lubrication system.

1. UVOD

Turbine su uređaji u kojima se vrši pretvaranje energije radnog fluida u mehanički rad. Turbina zajedno sa radnom mašinom čini turboagregat, a svi elementi od izvora energije, preko turboagregata zajedno sa pripadajućim cjevovodima, pumpama i izmjenjivačima toplote nazivaju se jednim imenom turbinsko postrojenje. Cijeli niz uslova, kao što su turbinska oprema, radni ciklusi turbina, postupak održavanja, radne temperature, moguća kontaminacija sistema postavljaju pred turbinska ulja jedinstvene zahtjeve koje ova ulja moraju da ispune. S obzirom da se radi o sistemu sa velikom zapreminom rezervoara, u kojima se vrši povremeno dosipanje ulja, ova ulja karakteriše izuzetno dug period zamjene. Ukoliko nema značajnije kontaminacije iz spoljašnjih uslova, radni vijek ulja prvenstveno zavisi od njegove oksidacione stabilnosti. Na pogoršanje oksidacione stabilnosti prije svega utiču visoke temperature, voda i kontaminacija nečistoćama (1). Voda pogoršava oksidacionu stabilnost ulja, doprinosi koroziji i nastanku rđe koja dalje djeluje kao katalizator oksidacije. Visoke temperature takođe skraćuju radni vijek ulja ubrzavajući proces oksidacije. Uslijed degradacije turbinskih ulja dolazi do nastanka slabih kiselina i netopivih spojeva koji se talože na vitalnim dijelovima turbina. Jako oksidovana turbinska ulja mogu izazvati cijeli niz problema u turbinskom sistemu (2, 3). Kako se radi o izuzetno skupim agregatima neophodno je da se vrši kontinuirana međukontrola kvaliteta ulja.

U ovom radu su predstavljeni rezultati praćenja promjena fizičko-hemijskih karakteristika ulja u eksploataciji. Cilj rada je bio da se utvrdi potreban kontinuet provjere kvaliteta ulja i prošireni parametri koji se trebaju pratiti radi dobijanja što bolje slike o kvalitetu ulja u sistemu.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Materijali i metode ispitivanja

U radu su prikazani rezultati praćenja promjena karakteristika turbinskog ulja u eksploataciji u periodu od četiri godine. Vršeno je praćenje promjene gustine, viskoznosti i kiselinskog broja. Ulja su korištena za podmazivanje turbinskih postrojenja K-300-240-1, nominalne snage od 300 MW (4).

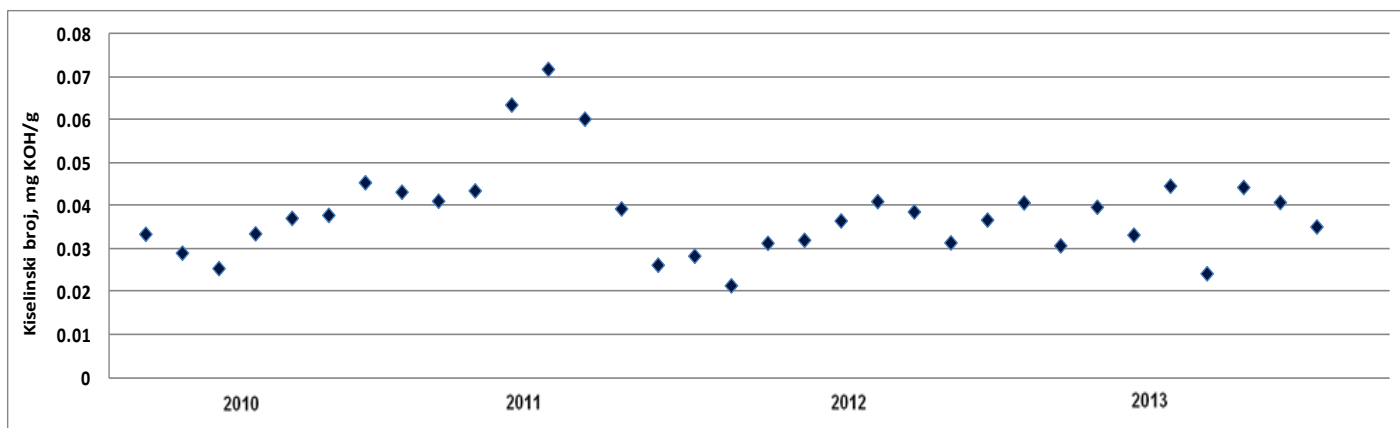
Pored toga, prikazani su i rezultati potpune analize turbinskog ulja iz sistema, kao i svježeg ulja, uz objašnjenje važnosti pojedinih fizičko-hemijskih karakteristika koje se rade kod ovog tipa ulja. Ispitivanje ulja je vršeno prema standardnim metodama navedenim u tabeli 2. S obzirom da se radi o klasičnim, često korištenim metodama, nije bilo potrebe za opisivanjem metoda.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 i na dijagramima 1, 2 i 3 su prikazani rezultati praćenja promjena karakteristika turbinskog ulja u eksploataciji.

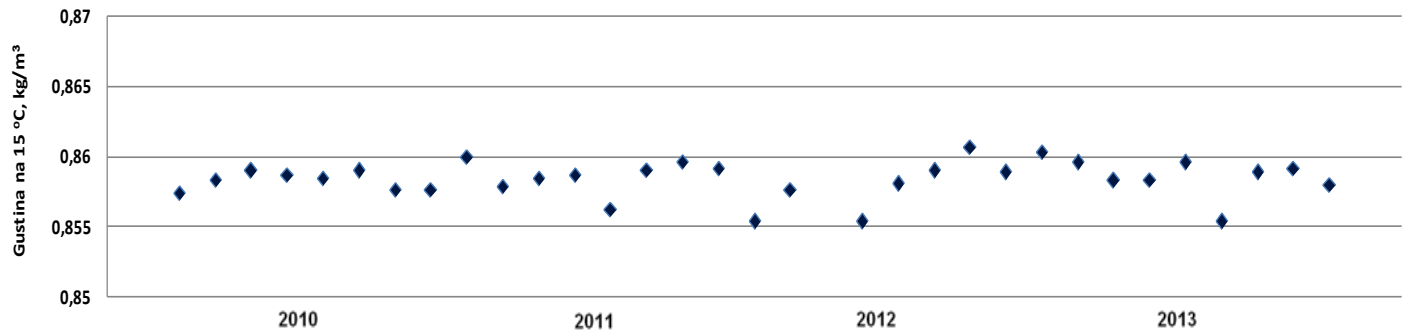
Tabela 1. Promjene gustine, viskoznosti i kiselinskog broja turbinskih uljau eksploataciji
Table 1. Change of density, viscosity and acid number of turbine oils in the exploitation

Godina	2010			2011			2012			2013		
K-ke Mjesec	Kbr. mgKOH/g	ρ , 15° C kg/m ³	ν , 40° C mm ² /s	Kbr. mgKOH/g	ρ , 15° C kg/m ³	ν , 40° C mm ² /s	Kbr. mgKOH/g	ρ , 15° C kg/m ³	ν , 40° C mm ² /s	Kbr. mgKOH/g	ρ , 15° C kg/m ³	ν , 40° C mm ² /s
Januar	0,0335	857,3	29,41	0,0412	859,9	34,83	0,0284	859,1	33,20	0,0333	858,3	31,21
Februar	0,0291	858,3	30,00	-	-	-	0,0215	855,3	32,59	0,0447	859,5	31,99
Mart	0,0255	858,9	32,39	0,0436	857,8	34,22	0,0314	857,6	32,59	0,0243	855,3	31,05
April	0,0336	858,6	23,47	0,0636	858,4	33,20	0,0321	859,9	32,79	-	-	-
Maj	0,0372	858,4	30,39	0,0719	858,6	30,79	0,0366	855,3	32,59	0,4440	858,8	32,59
Jun	0,0379	858,9	31,79	-	-	-	0,0411	858	32,59	0,0409	859,1	31,39
Jul	-	-	-	-	-	-	0,3870	858,9	31,99	0,0352	857,9	32,21
Av gust	0,0455	857,6	32,59	-	-	-	0,0315	860,6	31,79			
Septembar	-	-	-	0,0603	856,2	31,79	0,0368	858,8	30,99			
Oktobar	0,0433	857,6	34,22	-	-	-	0,0408	860,3	31,41			
Novembar	-	-	-	0,0394	859	32,39	0,0308	859,5	28,83			
Decembar	-	-	-	0,0263	859,6	33,20	0,0398	858,2	31,87			



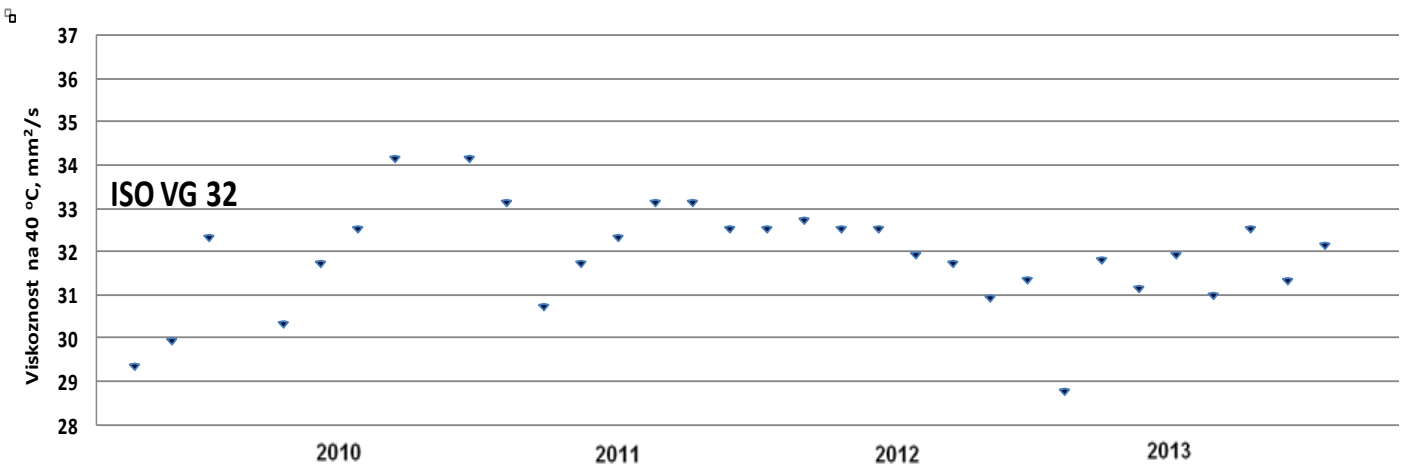
Dijagram 1. Promjena kiselinskog broja ulja u eksploataciji
Figure 1. Change of acid number of turbine oils in exploitation

Na dijagramu 1 su prikazani rezultati praćenja kiselinskog broja u eksploataciji, odakle se može vidjeti da u toku vremena nije došlo do većih promjena vrijednosti kiselinskog broja. To znači da nije došlo do značajnijeg stepena oksidacije koji bi doveo do stvaranja kiselih produkata. Do promjene vrijednosti kiselinskog broja takođe dolazi i uslijed osvježavanja ulja u sistemu.



Dijagram 2. Promjena gustine u eksploataciji
 Figure 2. Change of density of turbine oils in exploitation

Na dijagramu 2 su prikazani rezultati praćenja promjene gustine ulja u eksploataciji. Sa dijagrama se vidi da vrijednost gustine ne varira u značajnoj mjeri, te se u toku eksploatacije nalazi u prvobitno zadanim rasponima.



Dijagram 3. Promjena vrijednosti viskoznosti u eksploataciji
 Figure 3. Change of viscosity of turbine oils in exploitation

Na dijagramu 3 su prikazani rezultati praćenja viskoznosti ulja u eksploataciji. Na osnovu datih rezultata se zaključuje da u toku vremena dolazi do variranja vrijednosti viskoznosti do kojeg može doći uslijed kontaminacije, nastanka proizvoda oksidacije, kao i pri dosipanju svježeg ulja u sistem. I pored ovih promjena, ulje je svo vrijeme bilo u okviru granica viskozitetne gradacije ISO VG 32.

U drugom dijelu rada su prikazani rezultati kompletne analize uzoraka svježeg i turbinskog ulja iz sistema. U tabeli 2 su dati rezultati ispitivanja.

Tabela 2. Rezultati kompletne analize turbinskih ulja
Table 2. Complete analysis of turbine oils

KARAKTERISTIKE	METODA	JEDINICA	SVJEŽE ULJE	ULJE IZ SISTEMA
Viskoznost na 40°C	BAS ISO 3104	mm ² /s	34	31,69
Viskoznost na 100°C	BAS ISO 3104	mm ² /s	5,75	5,54
Indeks viskoznosti	BAS ISO 2909	-	110	112
Tačka paljenja	ISO 2592	°C	230	220
Tačka tečenja	BA SISO 3016	°C	-23	-
KBr	ISO 6618	mgKOH/g	0,14	0,04
Izgled	Vizuelno	-	bistar	bistar
Boja	BAS ISO 2049	ASTM	L0,5	L 2,5
Sklonost pjenjenju/stabilnost Faza I, 24°C Faza II 94°C Faza III, 24°C	ASTM D 892	ml	0/0 5/0 5/0	400/0 120/0 530/0
Deemulgivnost na 54°C (ulje:voda:emulzija)	ISO 6614	min	40:40:0 12'	40:40:0 30'
Izdvajanje vazduha na 50°C	ISO 9120	min	2,1	6,1
Oksidaciona stabilnost RPVOT	ASTM D 2272	min	345	153
Korozija na Cu 3h/100°C	ASTM D 130	-	1a	1a
Sadržaj vode	BAS ISO 12937	%m/m	0,0077	0,0195
Gustina na 15°C	ASTM D 5002	kg/m ³	860,2	861,3
Klasa zaprljanosti	ISO 4406	-	>4-18 >6-16 >14-13	>4-18 >6-16 >14-14
IR SPEKTROFOTOMETRIJA C aromata C parafina C naftena	CEI IEC 590	-	4,35 60,79 34,86	4,24 64,02 31,74
Ca	ASTM D 5863	ppm	1,6	0,4
Zn		ppm	59,9	1,6
P		ppm	126,6	186,9
Cu		ppm	0	73,1
Fe		ppm	0	1,7
Na		ppm	1,2	0,6
S	ASTM D 4294	%m/m	0,1	0,14
FT-IR Oksidacije na 1710 cm ⁻¹		Abs/cm	-	0,441

U toku rada vršeno je ispitivanje gore navedenih karakteristika, a opis i značaj tih svojstava na primjenu slijedi u tekstu.

Viskoznost predstavlja jednu od najbitnijih karakteristika turbinskih ulja. Značajne promjene viskoznosti ulja obično ukazuju na kontaminaciju uljem niže ili više viskoznosti, vodom kao i na stvaranje oksidacionih produkata.

U ispitivanom uzorku iz sistema je došlo do pada vrijednosti viskoznosti u odnosu na svježe ulje.

Korozija na Cu Turbinska ulja ne smiju da izazivaju koroziju metala sa kojima dolaze u dodir. Većina njih zadovoljava ovaj uslov. Međutim, tokom eksploatacije u ulju mogu nastati, kao rezultat degradacije, produkti koji su agresivni i izazivaju koroziju. Ispitivanjem korozije ulja iz sistema dobijena je vrijednost koja je ista kao i kod uzorka svježeg ulja.

Kiselinski broj U toku upotrebe ulje se oksiduje, pri čemu se u ulju stvaraju kiseli produkti. Kako se tim procesom troše inhibitori oksidacije, opada i sposobnost ulja da se odupre oksidaciji, te se sve više ovih proizvoda generiše u ulju, uzrokujući porast kiselinskog broja. U toku eksploatacije prati se promjena kiselinskog broja u odnosu na svježe ulje. Međutim, kada se radi o svježem ulju, ono takođe ima određenu vrijednost kiselinskog broja, koja potiče od kiselosti samog aditiva koji ulazi u formulu turbinskih ulja.

Pjenjenje Prisustvo određene količine pjene u sistemu je normalno i nije razlog za brigu. Prekomjerno pjenjenje obično nije vezano za samo ulje, već za mehaničke probleme koji dovode do prodiranja prekomjerne količine vazduha u sistem. Kontaminacija i oksidacija ulja takođe mogu uticati na stvaranje pjene i njenu stabilnost. Poredeći rezultate svježeg i ulja iz sistema može se uočiti da je kod ulja iz sistema došlo do pogoršanja svojstava pjenjenja, međutim ona su još uvijek u granicama dozvoljenim za svježe ulje.

Deemulgivnost Za turbinske sisteme, od izuzetne važnosti je sposobnost izdvajanja vode. Deemulziona svojstva se mogu pogoršati uslijed prekomjerne kontaminacije vodom ili uslijed oksidacionih procesa u ulju. Na osnovu rezultata ispitivanja može se konstatovati neznatno pogoršanje deemulzionih svojstava ulja iz sistema. Međutim, vrijednost za ulje iz sistema se i dalje nalazi u granicama dozvoljene vrijednosti za svježe ulje.

Prisustvo vode Prisustvo vode u sistemu uzrokuje ubranu razgradnju ulja i ubrzava koroziju metalnih komponenti sistema. Takođe, prekomjerna količina vode u velikim sistemima može dovesti do razvoja mikroorganizama, kao i pogoršati svojstva podmazivanja. Analiza ulja iz sistema je pokazala nizak sadržaj vode u ulju, što ukazuje na to da se u ovom turbinskom postrojenju vrši redovno separiranje vode.

Klase zaprljanosti Klase zaprljanosti definišu broj čestica u ulju. Rezultati se izražavaju kao broj čestica veći od 4-6-14 mikrona po ml ulja. Rezultati svježeg i ulja iz sistema su dobri, što pokazuje da se vrši redovno i pouzdano filtriranje turbinskih ulja radi uklanjanja nečistoća koje dospijevaju u sistem.

RPVOT Oksidaciona stabilnost turbinskih ulja se određuje testom RPVOT. Na osnovu rezultata ovog testa, izraženih u minutama, predviđa se preostala količina inhibitora oksidacije u ulju, koji određuju životni vijek samog ulja. Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja, može se zaključiti da ulje iz sistema još uvijek sadrži značajne količine inhibitora oksidacije.

ZAKLJUČAK

1. Kod kontrole ulja u eksploataciji nije dovoljno pratiti samo promjene gustine, viskoznosti i kiselinskog broja.
2. U cilju što potpunije kontrole, potrebno je najmanje kvartalno vršiti prošireno ispitivanje i utvrditi sledeće karakteristike:deemulgivnost, sadržaj vode, klase zaprljanosti, pjenjenje
3. Najmanje jednom godišnje potrebno je vršiti FT-IR analizu, kao i utvrđivanje količine metala habanja u ulju
4. Svakih šest mjeseci je potrebno uraditi kompletnu analizu kako bi se dobio potpun uvid u kvalitet ulja u sistemu
5. Potrebno je voditi redovnu i kontinuiranu evidenciju o osvježavanju ulja u sistemu
6. Samo potpunim i redovnim praćenjem ulja u eksploataciji može se blagovremeno intervenisati (dolivanje, promjena ulja)

LITERATURA

1. John Sander, Vice President of Technology Lubrication Engineers, Inc.: Steam Turbine Oil Challenges, Lubrication Engineers, (2012).
2. Exxon Mobil Lubricants & Petroleum Specialties: How Select and Service a Turbine Oil.
3. Aleksandar A. Rac: Maziva i Podmazivanje Mašina, Mašinski fakultet Beograd, Beograd (2007).
4. RiTE Ugljevik, RJ. "TERMOELEKTRANA" : POGONSKO UPUSTVO TURBINE K-300-240-1.