

**DIJAGNOSTIKA ULJA ZA ZUPČASTE PRENOSNIKE U CILJU
UTVRĐIVANJA KVALITETA I OPTIMALNOG VIJEKA UPOTREBE**

**TOOTHED GEAR OIL DIAGNOSTICS FOR THE PURPOSE OF
DETERMINING THE QUALITY AND THE OPTIMAL USE**

Dr.sci. Fehim Fejzić, dipl.ing.maš.
NCH predstavništvo „Plavi servis“
Mostar

Dr.sci. Alija Karić, dipl.ing.maš.
Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet,
Tuzla u Tuzli

Jasmin Fejzić, dipl.ing.maš.
Pivara Tuzla d.d.
Maršala Tita 163, Tuzla

Mr.sci. Amir Arnautović, dipl.ing.maš.
J.U. MS Saobraćajna škola, Tuzla
Bosne srebrene br.6, Tuzla

REZIME

U radu je prikazan terotehnoški pristup aktivnostima podmazivanja zupčastih prenosnika od konstrukcije prenosnika, nabave, skladištenja, eksploatacije, dijagnosticiranje stanja i prikupljanja otpadnih ulja. Da bi ispoštovali sve principe u primjeni maziva neophodno je poznavanje vrste zupčastih prenosnika, preporučenog maziva od strane proizvođača prenosnika, standardizaciju i klasifikaciju ove grupe maziva, tržišnu ponudu maziva i zakonsku regulativu u oblasti ekologije. U radu je takođe prikazan primjer primjene i efekti primjene kvalitetnijeg ulja. Ulje u toku eksploatacije mjenja svoje fizičko – hemijske karakteristike. Optimiranje vijeka upotrebe ulja, uz sve mjere regeneracije, može da se postigne dijagnostikom stanja tokom eksploatacije a ne na bazi vremena rada ili kalendarskog vremena.

Ključne riječi: podmazivanje, zupčasti prenosnici, dijagnostika.

ABSTRACT

The paper discusses terotechnological approach to activities such as lubricating toothed gears, the gear design, procurement, storage, operation, diagnostics and collection of used oil. To comply with all principles in the application of lubricant it is necessary to be familiar with all types of gears, lubricants recommended by the manufacturer of transmission, standardization and classification of this group of lubricants, market offers and legislation in the field of ecology. This paper also discusses an example of the application and effects of higher quality oil. Physical and chemical characteristics of oil change in the process of exploitation. Applying required diagnostics, rather than taking in consideration running time, during the process of exploitation oil life optimizes.

Key words: lubrication, toothed gears, diagnostics

1. UVOD

Velika primjena i važnost zupčastih prenosnika kao i različiti uslovi rada uticali su na formulacije većeg broja kategorija maziva za njihovo podmazivanje. Zbog toga je potrebno izvršiti izbor i nabavku odgovarajućeg maziva u cilju smanjenja troškova održavanja.

U toku eksploatacije maziva potrebno je vršiti njegovo dijagnosticiranje u cilju dobijanja informacija o stanju prenosnika i maziva bez potrebe zaustavljanja i demontaže. Ispitivanje maziva se vrši radi kontrole promjene njegovih fizičkih i hemijskih svojstava izazvanih tokom eksploatacije i uticajem sredine u kojoj radi. Metode ispitivanja su definisane različitim standardima ili specifikacijama.

U toku eksploatacije potrebno je provoditi i odgovarajuće održavanje ulja. Ovim aktivnostima se produžuje vijek trajanja ulja.

Na kraju eksploatacije iskorišteno ulje se mora odložiti u skladu sa važećim propisima.

2. ZUPČASTI PRENOSNICI I MAZIVA

2.1. Uopšte o zupčastim prenosnicima

Zupčasti prenosnici vrše prenos mehaničke energije od pogonske ka radnoj mašini. U zavisnosti od mjesta ugradnje dijele se na industrijske prenosnike (reduktore) i prenosnike motornih vozila i mehanizacije. Druga podjela je na otvorene i zatvorene prenosnike, što uslovljava i primjenu različitih maziva i postupaka podmazivanja. Primjena industrijskih zupčastih prenosnika zastupljena je u svim industrijskim granama. Najveću primjenu kod ovih prenosnika imaju cilindrični, konusni i pužni zupčanici. Zatvoreni zupčasti prenosnici su češći u upotrebi sa širokim opsegom radnih opterećenja, brzina i temperatura. Rade u raznim uslovima eksploatacije pa su potrebna i posebna maziva za njihovo podmazivanje. Uglavnom se koriste ulja za podmazivanje. Otvoreni zupčasti prenosnici imaju posebnu primjenu kod rudarske opreme, u cementarama, kranovima, itd. Zupčanici kod ovih prenosnika su sporohodni, a relativno visoko opterećeni, tako da se u tim uslovima ostvaruje najčešće granično podmazivanje. Zato su za podmazivanje ovih prenosnika potrebna maziva koja imaju dobra adhezivna svojstva, tečna maziva visoke viskoznosti i masti sa aditivima.

U zavisnosti od konstrukcije prenosnika, mogu biti različiti sistemi podmazivanja.

2.2. Izbor maziva za zupčaste prenosnike

Obezbijediti pravilno i dobro podmazivanje zupčanika i ležaja u zupčastim prenosnicima predstavlja jedan od osnovnih faktora koji obezbjeđuju normalnu eksploataciju i pouzdanost. Racionalan izbor vrste maziva za podmazivanje umanjuje utrošak snage na trenje, a sledstveno tome smanjuje i zagrijavanje prenosnika, obezbjeđuje minimalno habanje i trošenje zupčanika i ležaja. Osim toga mazivo štiti elemente prenosnika od korozije i umanjuje buku pri radu. Bitno je i zaptivanje reduktora da bi se spriječilo curenje ulja iz kućišta i obezbijedila zaštita zupčanika i ležaja od raznih prljavština, vode, pare, kiselina, gasova, itd. Zato za ulje kažemo da je i ono mašinski elemenat, da ima svoje dimenzije koje treba proračunati i dovesti u spregu sa ostalim dijelovima prenosnika.

Najčešći problemi koji se javljaju kod zupčastih prenosnika su [1]:

- Oštećenja brtvi koja nastaju usljed oksidacije ulja, ulaska abraziva i stvaranje pjene koji povećavaju pritisak i dovode do puknuća brtvi. Gubitak ulja, zamjena dijelova i zastoji povećavaju troškove eksploatacije.

- Za vrijeme zastoja, većina ulja se suši na tarnim površinama zubi zupčanika usljed čega ostaju ne zaštićeni i dolazi do suhog pogona koji je 80-85% uzrok habanja tih dijelova.

- Kontaminacija sa vodom uzrokuje emulziranje ulja, brže trošenje i oksidaciju ulja, slabije podmazivanje i pojavu hrđe i korozije.

Navedeni problemi se rješavaju upotrebom odgovarajućih ulja, pri čemu je potrebno razmotriti sljedeće faktore konstrukcije i uvjeta rada: vrsta zupčanika, radna temperatura, opterećenje, brzina, vrsta pogona i onečišćenje vodom. Na osnovu navedenih faktora usvaja se vrijednost viskoziteta ulja kao jedan od najvažnijih eksploatacionih pokazatelja. Klasifikacijom industrijskih ulja prema viskoznosti po ISO 3448 obuhvaćeno je područje viskoziteta od ISO VG32 do ISO VG2200. To je ustvari vrijednost srednjeg kinematskog viskoziteta u $[\text{mm}^2/\text{s}]$ kod $40\text{ }^\circ\text{C}$. Ova klasifikacija je prihvaćena u većini država svijeta. Važno je znati da navedena klasifikacija daje informacije u pogledu kinematske viskoznosti na $40\text{ }^\circ\text{C}$, a ne daje kvalitativne nivoe za pojedine gradacije.

Prema standardu ISO 6743/0 maziva se svrstavaju u klasu L sa 18 grupa obzirom na primjenu. Ulja za zupčaste prenosnike svrstana su u grupu C koja su klasificirana prema ISO 6743-6 u 11 podgrupa od kojih su 7 grupa namijenjena zatvorenim zupčastim prenosnicima, tzv. reduktorska ulja (oznake su: CKB, CKC, CKD; CKE, CKS, CKT i CKG), a 4 podgrupe su za otvorene prenosnike (sa oznakama: CKH, CKJ, CKL i CKM).

Svaka podgrupa ulja sa svojom oznakom ima odgovarajuća svojstva i namjenu.

Specifikacija kvaliteta ulja za zupčaste prenosnike izvršena je i prema standardima DIN 51517/3 CLP (Njemačke norme) i US STEEL 224 (specifikacija američkog udruženja konstruktora na nivou državne specifikacije).

Da bi se dobila ulja odgovarajućih kvaliteta potrebno je da se baznom ulju dodaju određeni dodaci tzv. aditivi. Bazno ulje u odnosu na porijeklo i način dobijanja može biti: mineralnog, sintetičkog i biljnog porijekla. Najčešće su u upotrebi mineralna ulja koja se dobijaju iz nafte. Aditivi su hemijska jedinjenja kojima se poboljšavaju fizička i hemijska svojstva baznih ulja u cilju dobijanja tečnih maziva određenih karakteristika kako bi objedinili pravilno podmazivanje i izbjegli naprijed navedene probleme koji se javljaju kod zupčastih prenosnika. Učešće aditiva kod novijih tehnologija proizvodnje ulja za podmazivanje je do 40%. Osnovna fizička svojstva koja se razmatraju pri izboru ulja za podmazivanje su: viskoznost, indeks viskoznosti, gustina, temperatura paljenja, temperatura tečenja, specifični toplotni kapacitet, toplotna provodljivost, stišljivost, rastvorljivost gasova i pjenjenje. Najvažnije hemijske karakteristike su: hemijska i termička stabilnost, korozivnost, sadržaj pepela, koksni ostatak, kiselinški broj, bazni broj i saponifikacioni broj. Većina ovih svojstava trebala bi biti u prospektima ponuđača ulja kako bi se potrošači mogli odlučiti za proizvod koji odgovara njihovoj potrebi. Proizvođači zupčastih prenosnika u uputstvima za rukovanje i održavanje napišu vrstu maziva, a poneki i proizvođača i tip maziva. Potrošači se pridržavaju preporuka proizvođača prenosnika, ali praćenjem napretka u razvoju kvalitete maziva i njihova prezentacija od strane drugih proizvođača maziva, potrošači se mogu odlučiti za nova maziva koja će bolje odgovarati eksploatacionim uslovima određene mašine. Primjer je dat u narednoj tabeli gdje su prikazani pojedinačni rezultati praćenja dva ulja različitih proizvođača u istom reduktoru. Prvo ulje je preporučeno od strane proizvođača prenosnika, a drugo je korisnik primijenio nakon prezentacije ulja novog proizvođača.

Tabela 1. Rezultati praćenja dva ulja u istom reduktoru

	Temperatura reduktora $[\text{ }^\circ\text{C}]$	Jačina struje [A]			Potrošnja energije [kWh/god.]
		A	B	C	
PRVO ulje	46,0	23,9	23,6	24,0	102.458
DRUGO ulje	34,5	23,2	22,6	22,7	98.145
Razlika	11,5	0,7	1,0	1,3	4.313

Usvojeno ulje za zupčaste prenosnike kategorije ISO 6743/6 oznake ISO-L-CKC150 (DIN51517/3 CLP). To je mineralno ulje sa poboljšanim EP svojstvima za sprečavanje habanja za prenosnike koji rade pri ustaljenoj i normalnoj temperaturi ulja, a povećanim opterećenjem.

Iz prethodne tabele je vidljivo da drugo ulje za dati prenosnik bolje odgovara eksploatacionim uslovima iako je prvo ulje predloženo od strane proizvođača prenosnika. Dobijeno je sniženje temperature i manji utrošak energije, a time smanjenje habanja dijelova i produženje vijeka eksploatacije.

U narudžbi kupac treba da zahtijeva tačan naziv ulja prema standardu i kategoriji, količinu i način pakovanja. Uz isporuku treba da se priloži: uvjerenje o kvaliteti, koje sadrži ispitivanja prema važećim standardima i sigurnosno-tehnički list. Pri preuzimanju maziva, kupac kontroliše isporuku na osnovu zahtijeva iz narudžbe i vrši potrebna ispitivanja.

Ulje treba skladištiti u originalnoj ambalaži u skladu sa propisima o skladištenju opasnih materija, prema sigurnosno-tehničkom listu i u odgovarajućem prostoru.

3. OCJENA STANJA ULJA U EKSPLOATACIJI

3.1. Opšti pristup dijagnostici ulja

Nakon izbora odgovarajuće vrste ulja, sljedeći zadatak stručnjaka za podmazivanje je praćenje stanja ulja u sistemu tokom rada. Praćenje stanja ulja u toku eksploatacije predstavlja preventivno oruđe i može biti ključ za odluke. Prednosti koje pokazuje pravilna dijagnostika maziva, su da se na taj način dobiju informacije o stanju posmatranog mehaničkog sistema i stanja maziva bez potrebe zaustavljanja mašine i njene demontaže. Laboratorijska dijagnostika ulja se može smatrati dijelom cjelokupnog programa dijagnostike stanja mehaničkog sistema, što predstavlja savremeni pristup održavanju tehničkih sistema. Pored organizacionih pitanja, program dijagnostike stanja ulja mora da obuhvati selekciju mašina i opreme u kojima će ulje biti predmet stalnih ispitivanja, te predvidjeti i učestalost uzimanja uzoraka ulja. Određivanje karakteristika ulja koje treba ispitivati uobičajeno se vrši na osnovu dogovora sa proizvođačem ulja i na osnovu poznavanja promjena koje se očekuju u ulju tokom upotrebe.

3.2. Promjene u ulju tokom eksploatacije

Ulja u toku eksploatacije u zupčastim prenosnicima, a pod uticajem sredine u kojoj se nalaze, postepeno mijenjaju svoja primarna fizička i hemijska svojstva. U praksi ovaj proces nazivamo „starenje“ ulja. Promjene koje nastaju u ulju ispoljavaju se kroz:

- hemijske promjene u osnovnom (baznom) ulju,
- promjene u aditivima i
- promjene usljed kontaminacije (prljanja) raznim stranim materijama.

Sve ove promjene se javljaju sa različitim intenzitetom u zavisnosti od vrste maziva, uslova eksploatacije i opštih uslova održavanja. Kvalitativna i kvantitativna kontrola produkata koji dolaze u ulje i samog ulja omogućuje da se utvrdi uzrok promjena u ulju. Hemijske promjene osnovnog ulja nastaju procesom oksidacije, tj. sjedinjavanje ugljikovodika sa kiseonikom iz zraka. Praktično se ovaj proces javlja u povećanoj mjeri samo na povišenim temperaturama. Kao posljedica oksidacije nastaju kiseline, smole i isparljive materije iz ulja. Aditivi se u toku rada manje mijenjaju, ali se troše na sve procese protiv kojih djeluju. Tako se npr. inhibitori oksidacije troše na sprečavanje pojave produkata oksidacije, pa će i njihovo trošenje biti utoliko brže ukoliko su uticaji na oksidaciju jači. Treći uticajni faktor na promjene u ulju jeste kontaminacija različitim nečistoćama koje dospjevaju u ulje. Sastav nečistoća u ulju je različit, i one se mogu definisati kao skup materija koje su u ulju nepoželjne. Od ovih materija

najpoznatije su: ostaci materijala upotrebljenog pri izradi i remontu mašine (ljevački pijesak, opiljci metala, zaptivni materijal, itd.), materijal iz atmosfere ili radne sredine (voda, prašina, razne industrijske nečistoće, itd.), materijal nastao habanjem dijelova ili korozijom, prodiranje nečistoća u sistem možemo spriječiti ili barem umanjiti pravilnim održavanjem zaptivača, filtera i drugih elemenata sistema.

3.3. Ispitivanje ulja u eksploataciji

Za ulja smo rekli da je i ono mašinski element, da ima svoje dimenzije, fizikalne i hemijske karakteristike i da se iste mijenjaju tokom rada zbog čega je potrebno kontinuirano pratiti stanje ulja i procjenjivati njegov vijek trajanja, a ne na bazi vremena rada ili kalendarskog vremena. Preporučuje se uzimanje uzoraka ulja u određenim vremenskim intervalima ili po potrebi i ispitivanje u laboratoriji. Pri uzorkovanju ulja potrebno je pridržavati se određenih uputstava da bi se za analizu osigurali uvjeti dobijanja reprezentativnog uzorka (čista i suha ambalaža, toplo stanje ulja, izmješanost ulja, označiti uzorak, itd.). Preporuke za učestalost uzimanja uzoraka ulja zupčastih prenosnika, za teže uslove rada, su 150 do 300 časova rada, a za lakše uslove rada to je 500 do 1000 časova rada [2].

Metode ispitivanja ulja su definisane različitim standardima ili specifikacijama. Praksa je pokazala da sljedeća ispitivanja služe kao dobar pokazatelj općenitog stanja ulja za zupčaste prenosnike: izgled, viskoznost, sadržaj vode i deemulzivnost, kiselinski broj, sadržaj nečistoća, temperatura paljenja, pjenjenje, vrsta i sadržaj prisutnih metala.

Izgled uključuje vrijednosti kao što su: miris, boja, providnost i prisutan talog. Ovo je najjednostavniji komparativni test koji može ukazati na stanje ulja u eksploataciji, ali se ne mogu uzeti kao jedino mjerilo kvaliteta ulja. Boja ulja se mijenja tokom vremena upotrebe i njena kontrola zajedno sa pojavom oštrog mirisa indicira na promjene u ulju. Boja ulja se mijenja sa napredovanjem procesa oksidacije i biva sve više tamnija u usporedbi sa novim uljem. Ako se boja ulja malo promijenila i miriše na svježije ulje, a nema drugih znakova na promjenu ulja, onda se ispituje viskoznost i kiselinski broj.

Viskoznost je najvažnija pojedinačna karakteristika reduktorskih ulja. Mjeri se viskozimetrima na određenoj temperaturi. Promjena viskoznosti tokom eksploatacije ulja nastaje iz više razloga. Za očekivati je da se sa vremenom eksploatacije viskoznost povećava, zbog oksidacionih i drugih procesa. Iskustveni podaci pokazuju da promjena viskoznosti ulja ne smije izlaziti izvan granica od +/-15% njene početne vrijednosti.

Sadržaj vode u ulju je ne poželjan zbog opasnosti od korozije metala sa kojim dolazi u dodir i efekta stvaranja emulzije. Kako je u većim uljnim sistemima češći problem prisutnost vode nego stranih materija u vidu nečistoća, za novija ulja se traži da imaju vrlo dobru sposobnost izdvajanja vode, tj. da imaju dobra deemulziona svojstva. Voda u uljnom punjenju može vući porijeklo iz same tehnologije rada postrojenja, neadekvatnog skladištenja i drugih manipulativnih postupaka sa uljem, kao i usljed kondenzacije vlage iz zraka. Zbog svega navedenog, važno je spriječiti prodiranje vode i mehaničkih nečistoća u ulje, a ako se to i dogodi, treba na odgovarajući način vodu i nečistoće ukloniti iz ulja i sistema za podmazivanje. Prema preporukama proizvođača ulja, a i prema iskustvenim pokazateljima, kod reduktorskih ulja sadržaj vode od 1 do 2% ne uzrokuje značajne poteškoće, ali treba nastojati da sadržaj vode u uljnom punjenju ne prelazi 0,5%.

Kiselinski broj određuje ukupne organske i anorganske kiseline u ulju. Organske kiseline su slabe kiseline i one ne uzrokuju koroziju metalnih dijelova. Dio ovih kiselina potiče od aditiva u ulju, pa se zbog toga ukupan neutralizacijski broj ne smije uzeti kao izdvojena vrijednost za ocjenu kvalitativnih promjena ulja i njegove agresivnosti na metal. Ovisno o namjeni, svježja ulja mogu pokazivati kiselu ili alkalnu reakciju, u zavisnosti od prisutnih slobodnih kiselina ili alkalija. Kod većine reduktorskih ulja, početna vrijednost kiselinskog broja je visoka, što je uvjetovano dodatkom određenog paketa aditiva (do 1,7 mg KOH/gr). U toku upotrebe ulja,

kiselinski broj pokazuje pad vrijednosti da bi poslije određenog vremena ta vrijednost počela da raste. Općenito u eksploataciji reduktorskih ulja vrijednost kiselinskog broja ne smije preći 2 mg KOH/gr.

Sadržaj nečistoća koje se nalaze u korištenom ulju mogu biti prisutna u većoj ili manjoj količini, a kao ne poželjni sastojci predstavljaju promotore kvalitativnih promjena u ulju. Postupak određivanja sadržaja nečistoća u ulju se sastoji u tome da se uzorak ulja prvo centrifugira u propisanim kivetama pri 155 °/min, dobijeni talog se suši i veže se n-heptonom i benzolom. Osušeni talog predstavlja sadržaj nerastvorenih čvrstih materija u ulju, kao što su: koks, prašina, metalne čestice, smole i druga jedinjenja nastala oksidacijom ulja. Općenito kod reduktorskih ulja, vrijednost netopivog u n-heptanu ne smije preći vrijednost od 0,25%.

Količina materija prisutnih u ulju, koje su ne topive u benzolu se uzima kao mjera ne topivih stranih materija u ulju, kao što su kamenac, prašina, čađ, čestice habanja i druge čestice. U zavisnosti od načina podmazivanja i vrste ulja ta vrijednost se smije kretati do 0,1 težinski %.

Temperatura paljenja je ona temperatura kod koje se pare ispitivanog ulja prilikom zagrijavanja u propisanoj aparaturi, kada dođu u dodir sa iskrom ili plamenom, prvi put na trenutak zapale. Ovaj podatak za reduktorska ulja daje i vrlo korisnu informaciju o isparljivosti ulja. Što je tačka paljenja viša, to je isparljivost ulja niža. Isparljivost ulja dodatno utiče na potrošnju ulja, a i na utvrđivanje određenih taloga.

Pjenjenje nastaje usljed miješanja zraka i ulja, tokom rada sistema. Pjenu izaziva povećanje temperature ulja i ukoliko ulje prelazi iz stanja većeg u stanje manjeg pritiska, tada zrak ima tendenciju izlaženja iz ulja pri čemu se stvaraju mjehurići koji su uzrok pjenjenja. Ova pojava može izazvati slabljenje uljnog filma između tarnih površina, a time i habanje. Neki od uzroka pjenjenja su konstrukciono-eksploatacione prirode i javljaju se na samom mjestu podmazivanja, a drugi uzroci pjenjenja mogu biti: pogrešan izbor viskoziteta ulja te količina i kvalitet ulja.

Određivanje metala u mazivu vrši se različitim metodama spektografije i ferografije. Porijeklo metala u ispitivanom uzorku maziva može biti iz raznih izvora, u zavisnosti od same konstrukcije mehanizma koji se podmazuje i sistema podmazivanja. Povećana količina metala u ulju reduktora ukazuje na određene nedostatke u samoj konstrukciji ili eksploataciji, te istu pojavu treba analizirati i donijeti odgovarajuća rješenja za otklanjanje nedostataka.

3.4. Dijagnoza i prognoza

Postupak dijagnoze i prognoze obuhvata, u osnovi, sljedeće aktivnosti:

- prikupljanje informacija,
- obradu i analizu i
- donošenje odluke i prognozu.

Sve eventualne veličine i rezultati prethodno nabrojanih karakteristika ispitivanog ulja koriste se za formiranje baze podataka čijom se obradom i analizom uspostavlja dijagnoza. Obrada informacija se sastoji iz poređenja izmjerenih vrijednosti sa dozvoljenim ili prethodno izmjerenim. Analiza obuhvata i upoređenje podataka sa aktivnostima u održavanju, ali i rezultatima drugih metoda održavanja. Na osnovu tih informacija i analiza utvrđuju se mjere i obim radova u cilju uspostavljanja optimalnih uslova rada sistema i sprečavanje težih oštećenja i otkaza, kao i naredna ispitivanja i prognoza preostalog vijeka eksploatacije ulja.

3.5. Održavanje ulja za podmazivanje

Održavanje ulja je pravovremeno i korektno tretiranje procesa podmazivanja tokom životnog ciklusa sistema i obuhvata sljedeće aktivnosti:

- pravilno skladištenje i rukovanje,
- tačna procedura zamjene,
- kontrola radnih parametara ulja (nivo ulja, pritisak, temperatura, itd.),

- prečišćavanje ulja i
- osvježanje ulja ili dopuna sa aditivima (po potrebi).

Svaka od ovih aktivnosti mora da se obavi uz poštivanje svih tehničkih normi. Zajedno sa ocjenom stanja ulja, aktivnosti na njegovom održavanju treba da doprinesu optimiranju vijeka upotrebe i smanjenje neželjenih efekata na zupčasti prenosnik, kao što su korozija i habanje. Zamjena ulja vrši se istakanjem starog ulja, čišćenje kućišta tj. rezervoara ulja, promjena prečišćavača (uložaka) ulja i punjenje sistema novim uljem sa odgovarajućom količinom. Za čišćenje reduktora i njegovih sastavnih elemenata, u novije vrijeme se koriste posebna ulja za čišćenje i ispiranje, koja se u određenoj količini sipaju u reduktor u staro toplo ulje i tako odradi određeno vrijeme, nakon čega se staro ulje ispušta iz sistema. Na taj način reduktor se očisti od svih produkata starenja ulja. Stanje ispuštenog, starog ulja daje pokazatelje na osnovu kojih se definišu neophodne aktivnosti njegovog daljnjeg tretiranja. U prvom redu to je postupak prečišćavanja ulja koji je posebno ekonomski opravdan u velikim industrijskim sistemima. Za prečišćavanje se obično koriste različiti filterski sistemi i centrifuge. Osim toga, sistem prečišćavanja može da se odvija periodično (jednokratno) sa djelimičnim ili punim protokom.

Osvježanje ulja se vrši dopunjavanjem ulja u sistemu sa svježim uljem, čime se trajanje ulja povećava. Pri tome je naročito značajno da se ulje nadopunjava uvijek sa istom vrstom i kvalitetom ulja, jer bi se funkcija nekih aditiva mogla međusobnim reakcijama poništiti. Za osvježanje ulja postoje i aditivi koji se dodaju ulju u određenom omjeru. Ovi aditivi sadrže dodatke protiv habanja, za izrazite pritiske, inhibitore korozije i hrđanja, te antioksidanse i komponente prijanjanja. Ovim aktivnostima se produžuje radni vijek ulja.

4. UPRAVLJANJE OTPADNIM ULJEM

U radu je navedeno da tokom upotrebe maziva dolazi do promjena u hemijskom sastavu zbog procesa oksidacije, termičke razgradnje, kontaminacije metalnim česticama, vodom, bakterijama, itd. Dokazano je da rabljena ulja imaju znatno viši kancerogeni potencijal nego svježa ulja. To nalaže poseban oprez u rukovanju sa mazivima, naročito rabljenim, jer kao takva iskazuju štetna svojstva po ljude i okolinu. Zato se iskorišteno ulje mora odložiti u skladu sa važećim pozitivnim propisima. Ne kontrolisano odlaganje otpadnih ulja, osim zdravstvenih i ekoloških negativnosti, ima i ekonomski uticaj, jer ta ulja predstavljaju korisnu sekundarnu sirovinu, posebno značajnu za zemlje uvoznice nafte.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je potvrđeno da se pravilnim izborom i primjenom ulja na zupčastom prenosniku ostvaruje ekonomski efekat. Situacija na tržištu omogućava da se od strane stručnih lica odabere ulje odgovarajuće kvalitete za svaki sistem i različite uslove rada. Na taj način, uz pravilno održavanje sistema i dijagnostiku stanja ulja, ostvaruje se normalan rad uz duži vijek trajanja ulja i dijelova zupčastog prenosnika, a time se povećava efikasnost održavanja i sistema u cjelini.

6. REFERENCE

- [1] A. Davison of NCH Corporation Texas SAD, katalog i uputstva.
- [2] Roc A.: Maziva i podmazivanje mašina, Mašinski fakultet, Beograd, 2007.

