



Okolju prijazna maziva in hidravlične tekočine

Prednosti in izbirni kriteriji za uporabo

*Avtor: Milorad Krstić
Patrick Lämmle*

Prevod: Miro Peharda



PANOLINKA številka 1, April 2005
Članek 2: OKOLJU PRIJAZNA MAZIVA IN HIDRAVLICNE TEKOČINE

VSEBINA

Predstavitev

Področja uporabe ter naloge maziv in hidravličnih tekočin

Razvrstitev maziv in hidravličnih tekočin
Splošne zahteve od maziv in hidravličnih tekočin .

Razlogi za uporabo okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin

Bazna olja in njihove lastnosti

Repično olje in druga naravna olja
Nenasičeni estri
Nasičeni estri
Poliglikoli
HEPR tekočine
Pregled biološko razgradljivih hidravličnih tekočin

Predstavitev

Sklicujoč se na poročilo Nemške Zvezne Vlade iz Januarja 1996, v Nemčiji porabijo letno 1,13 milijonov ton maziv in hidravličnih tekočin. Le 53% te količine uspejo zbrati v procesu zbiranja odpadnih olj. Preostanek, kar pomeni približno 530.000 ton, uide direktno v naravo, kjer povzroča onesnaženje. To uhajanje je prisotno kljub temu, da v Nemčiji in nekaterih drugih zahodnoevropskih državah, ravnajo z oljem zelo previdno in ob upoštevanju strogih varnostnih predpisov. Na temelju teh števil si ni težko predstavljati ogromnih količin olja, ki uide v naravo po vsem svetu.

Ker industrijsko najbolj razviti narodi z načinom proizvodnje strojev in maziv najbolj vplivajo na onesnaževanje v svetovnem merilu, nosijo tudi največji delež ekološke odgovornosti. Danes, na začetku tretjega tisočletja, se uporabnost okolju prijaznih maziv, močno razvija. Za razliko od začetka, ko so se pričela uporabljati za mazanje verig na žagah, se je danes uporaba okolju prijaznih maziv razširila praktično na vsa področja, kjer se maziva in olja uporabljajo v tehnične namene.

Razlog, zakaj se uporaba okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin ne širi tako hitro kot na primer neosvinčenega bencina ali dizelskega goriva z nizko vsebnostjo žvepla, je brez dvoma pomanjkanje zakonskih predpisov, ki bi to zahtevali, kakor je to v primeru goriv. Ob tem pa večina držav (z zelo redkimi izjemami) nima

kakršnih koli davčnih vzpodbud. Povečanje porabe okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin zato temelji na naraščajoči osveščenosti in primoranju z zakonskimi določili. Nacionalne in Evropska zakonodaja pa že danes zahtevata od trgovcev in industrije takšno uporabo strojev, da bo tveganje onesnaženja okolja na najnižji možni ravni. Zakon, ki govori o odgovornosti uporabnika strojev, je veliko bolj nepopustljiv, kot je znano v širši javnosti: "Onesnaževalec je v popolnosti odgovoren za stroške saniranja škode, ki jo je povzročil v naravi. Ta zakon velja tudi retrospektivno in nikoli ne zastara."

Ker je večina maziv in hidravličnih tekočin uporabljena v mobilnih sistemih, pomeni uporaba okolju prijaznih maziv pomembno zmanjšanje tveganja onesnaževanja okolja.

Področja uporabe ter naloge maziv in hidravličnih tekočin

Pri vsakem gibanju strojnih delov so prisotna maziva, da zaščitijo komponente pred obrabo. Te snovi pa imajo tudi druge naloge, zelo pomembne v posameznem primeru uporabe (na primer zmanjševanje hrupa, pri hidravličnih tekočinah pa tudi prenos moči). V poglavjih ki sledijo bomo predstavili različne vrste maziv in razložili zahtevane lastnosti vsakega. Ker hidravlične tekočine delujejo tudi kot maziva, v primerih, kjer so mazalne lastnosti bistvenega pomena ne ločujemo vedno med mazalnimi in hidravličnimi tekočinami, ampak raje predpišemo zahteve od maziva kot celote.

Razvrstitev maziv in hidravličnih tekočin

V splošnem razvrščamo maziva in hidravlične tekočine v dve skupini – tiste, ki delujejo v odprtih mazalnih sistemih in tiste, ki delujejo v zaprtih mazalnih sistemih.

Zaradi aplikacij, za katere jih uporabljamo, zelo visok odstotek maziv za odprte mazalne sisteme uide v naravo. Na primer, tudi do 100% olja za verige žag neizogibno uide v naravo. Prav tako lahko z gotovostjo ugotovimo, da se praktično zanemarljiv odstotek uporabljenih masti zbere in uniči na okolju prijazen način, medtem ko vsa ostala količina, ki jo med domazovanjem iztisnemo iz mazalnega mesta, konča v naravi. Za razliko od maziv za odprte sisteme se maziva za zaprte sisteme usmerjajo v proces zbiranja in recikliranja odpadkov s termičnim (npr. sežiganjem) ali snovnim (npr. predelovalnim) postopkom. Vendar pa tudi ta maziva vse



prevečkrat najdejo pot v naravo. To se dogaja v primerih poškodovanja cevi v hidravličnih sistemih, vzdrževanju, servisiranju, pa tudi v primerih nepazljivosti med menjavo olja.

Maziva lahko ločimo tudi po njihovem namenu uporabe na motorna, menjalniška, reduktorska, hidravlična, rezalna, emulzijska olja.

Splošne zahteve od maziv in hidravličnih tekočin

Hidravlična olja uporabljamo predvsem za prenos moči. Tako kot maziva, imajo tudi hidravlične tekočine nalogo zmanjševati trenje med gibajočimi se deli, odvajati toploto in ščititi pred korozijo; nekatera posebna motorna olja lahko tudi očistijo in absorbirajo umazanijo. Dodatne zahteve od maziva so odvisne od zahtev primera posamezne uporabe; na primer odpornost na visoke temperature, kompatibilnost z določenimi materiali...

Maziva in hidravlične tekočine so v splošnem zgrajeni iz baznega olja in kemičnih spojin (aditivov). Razlikujemo dve skupini aditivov; prva, v katero štejemo na primer izboljševalce indeksa viskoznosti, antioksidante in druge, spreminjajo dane lastnosti baznega olja, medtem ko pripadniki druge skupine (na primer protiobrabni aditivi in inhibitorji korozije), delujejo na površine, med katerimi se pojavlja trenje. Z mešanjem baznega olja in aditivov v ustreznem razmerju, dobimo mazivo z zahtevanimi lastnostmi.

Razlogi za uporabo okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin

Uporaba okolju prijaznih maziv se povečuje od leta 1985 kot alternativa izdelkov na bazi mineralnega olja, ki se razgrajujejo le v majhnem delu. Danes so na voljo okolju prijazna, biološko razgradljiva maziva za dvotaktne in štiri taktne motorje, opažna olja, olja za livarska orodja, maziva za verige in jeklene vrvi, procesna olja, turbinska olja, masti in hidravlične tekočine, če navedemo le nekatere skupine. Zaradi zelo hitrega razvoja avtomatizacije in povečevanja uporabe hidravlično gnanih strojev na skoraj vseh področjih, dobiva vprašanje varovanja okolja vedno večjo težo. Katastrofalna razlitja naftnih izdelkov na morju in na kopnem so zbudila zavest javnosti na način, ki so ga v preteklosti lahko predvideli le strokovnjaki.

Danes različni zakoni govorijo o doslednejšem izvajanju odgovornosti povzročiteljev ekoloških nesreč. Pohvalno je, da so zahteve o okolju

prijaznem ravnanju navedene že v pogodbi o izvajanju gradbenih poslov. Že v procesu načrtovanja in pridobivanja dovoljenj za gradnjo novih tovarn in proizvodnih obratov imajo načrtovani proizvodni procesi vse večji pomen. Okolju prijazna maziva in hidravlične tekočine se biološko razgradijo veliko hitreje in veliko manj okolju škodljivo kot mineralna olja. Zaradi tega jih uvrščamo v nižji razred nevarnosti za vodo (WHC-angleško, WGK-nemško), pa tudi zahteve za njihovo skladiščenje so manj ostre. Za lastnike delovnih strojev uporaba okolju prijaznih maziv pomeni logičen korak na poti zmanjševanja rizikov poslovanja.

Če povzamemo, razlogi za uporabo okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin so:

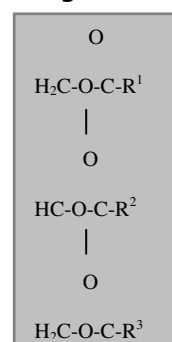
- povečana zavest o nujnosti varovanja okolja,
- podoba okolju prijaznega podjetja,
- zakonske zahteve,
- zadeve, ki potrebujejo uradna dovoljenja,
- krajevni predpisi,
- zahteve, ki jih postavljajo kupci,
- poenostavljeno skladiščenje,
- povečana zanesljivost delovanja strojev.

Bazna olja in njihove lastnosti

Poznamo več vrst različnih baznih tekočin, ki so na voljo za izdelavo okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin. Najpomembnejše med njimi so navedene v nadaljevanju, kjer tudi so opisane tudi njihove najpomembnejše lastnosti.

Repično olje in druga naravna olja

Najstarejša znana maziva so naravna olja, toda z začetkom črpanja in predelave surove nafte v 19. stoletju, so jih izpodrinila maziva na osnovi mineralnih olj. V zgodnjih 70-tih so naravna olja ponovno odkrili. Na začetku za mazanje odprtih mazalnih sistemov dvotaktnih motorjev, v začetku 80-tih pa tudi za mazanje verig motornih žag.



Hidravlična olja, ki ne onesnažujejo okolja se proizvajajo od približno 1985. leta. Razen repičnega olja imajo v skupini naravnih olj pomembno vlogo tudi druga olja, še posebej sončnično olje.

Repično olje, triglicerid, ponavadi označujemo z okrajšavo HETG Oil Enviromental Triglicerid - Olje Ekološki Triglicerid). Zgrajeno je



PANOLINKA številka 1, April 2005

Članek 2: OKOLJU PRIJAZNA MAZIVA IN HIDRAVLIČNE TEKOČINE

iz mastnih alkoholov, tribaznega glicerina in treh monobaznih dolgoveržnih karboksilnih kislin (znanih tudi kot maščobnih kislin (glej sliko ob strani). Maščobne kisline, ki se pojavljajo v repičnem olju so oleinske kisline (približno 60%), linolejska kislina (približno 20%), linolenska kislina (približno 8%), palmiska kislina in stearatna kislina.

Repično olje se pridobiva z ekstrakcijo ali stiskanjem semen, ki vsebujejo med 30 in 45% olja. V rafinacijskem procesu ki sledi, olje očistijo in iz njega odstranijo vsebovane spojine ki negativno vplivajo na kakovost; to so prašni delci, proteini, voda in nenasičene maščobne kisline. Olje je dokončno formulirano z dajanjem aditivov. Poglavitni razlogi za izdelavo mazalnih in hidravličnih olj in naravnega, repičnega olja so povezani z neškodljivostjo okolja:

- bazno olje je pridobljeno iz obnovljivega vira,
- izdelek ima odlično biološko razgradljivost (razgrajuje se zelo hitro in brez škodljivih ostankov),
- izdelek je za naravo popolnoma varen.

Vendar pa so za uporabo na strojih in v hidravličnih sistemih odločilne tehnične lastnosti. Vendar pa na začetku tehničnim niso pripisovali bistvenega pomena, saj je bila ideja proizvajati okolju prijazna maziva in hidravlične tekočine iz obnovljivega vira izredno privlačna za politike.

Zelo pomembna spoznanja o biološko razgradljivih oljih, tako tudi o repičnem, so sledila ob koncu 1980-ih let. Ker ob tistem času niso obstajali preizkusni postopki za tovrstna olja, so uporabljali postopke testiranja, ki so bili razviti za ugotavljanje lastnosti mineralnih olj. Na takih testih v laboratoriju so repična olja dosegala dobre rezultate v vseh področjih. Toda v praksi so se pokazale pomanjkljivosti, ne samo na tehničnem področju, ampak tudi na področju ekologije:

- zelo slaba odpornost na staranje,
- zelo slabe lastnosti pri nizkih temperaturah
- razpoložljivost v le nekaj razredih viskoznosti,
- ne zadovoljujejo zahtev standarda DIN 51 524, 2. del za HLP olja,
- nezanesljiva dobava (količina in kakovost sta odvisni od letine),
- nevarnost povzročanja pridobivanja monokulture,
- potrebno je posebno zbiranje in odlaganje.

Zaradi teh razlogov so olja na bazi repičnega olja pričeli umikati iz razreda visoko učinkovitih maziv že po nekaj letih. Visoke finančne izgube so izučile industrijo da postopki preizkušanja, razviti za mineralna olja, enostavno ne morejo biti uporabljeni kot osnova za preizkušanje okolju prijaznih maziv.

Danes smatrajo olja na bazi repice (pogosto brez utemeljenega razloga) za neuporabna, čeprav še vedno obstajajo področja, kjer so maziva in hidravlična olja na bazi repičnega olja še vedno uporabna. Vendar pa se pri uporabi moramo zavedati njihovih omejitev:

- najvišja dopustna delovna temperatura: 50 do 60°C,
- najvišja dopustna temperatura na obremenjenih točkah: 70°C,
- spodnja temperaturna meja zagona: -5°C,
- menjava olja enkrat letno oziroma dvakrat bolj pogosto kot je predpis za hidravlična olja na mineralni osnovi.

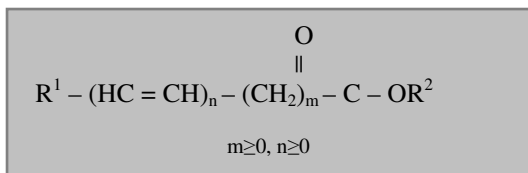
Če uporabnik teh omejitev ne upošteva, se mora sprijazniti z napakami v delovanju in okvarami sistema, kajti pri izpostavljenosti visokim temperaturam je pospešeno nastajanje produktov staranja neizogibno. Le-ti se postopno nabirajo na vse površine sistema in postanejo podobni gumi. Dodatno k temu se jim zmožnost tečenja pri nizkih temperaturah po izpostavljenosti povišani termični obremenitvi zmanjšuje. Maziva in hidravlične tekočine na bazi repičnega olja se danes uporabljajo predvsem za hidravlične sisteme, ki niso močno obremenjeni (nekateri kmetijski stroji). Repična olja niso primerna ali pa so zelo omejeno uporabna za stroje ki delujejo pri visokih pritiskih in temperaturah, zaradi omejitev ki smo jih zgoraj navedli.

Nenasičeni estri

Posledica negativnih izkušenj z repičnim oljem na tehničnem področju je za mnoge proizvajalce bil korak naprej: razvoj sintetičnih estrov, znanih po kratici HEES (Hydraulic oil Environmental Ester Synthetic = Hidravlična olja Ekološka Estri Sintetični). Čeprav so tedaj nasičeni estri na trgu bili prisotni že nekaj let, so smatrali, da so le-ti predragi. Zato so zaradi ekonomskih vzrokov uporabljali predvsem nenasičene TMP estre (trimetil propan estre, znane tudi kot estri oljnih kislin ali trioleati). Njihovo splošno kemijsko



strukturo nam prikazuje spodnja slika.



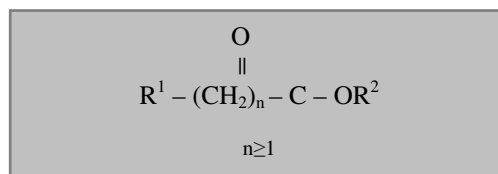
V primerjavi z naravnim repičnim oljem, TMP estri kažejo boljše nizko- in visoko-temperaturne lastnosti. Razlika izvira iz drugačne porazdelitve maščobnih kislin v estrih; ker ima oljna kislina nižjo vsebnost večkratnih nenasičenih maščobnih kislin, imajo TMP estri boljšo odpornost na oksidacijo in nižjo točko tečenja kot repična olja ali trigliceridi. Najpomembnejše prednosti olj na osnovi nenasičenih estrov pred tistimi na osnovi repičnega olja torej so:

- primernost za uporabo v širšem temperaturnem razponu,
- manj lepljivosti in gumijastih oblog,
- daljša življenjska doba.

Vendar pa obstaja zelo resna težava s trioleatskimi estri: to je dejstvo, da se izdelki različnih proizvajalcev zelo razlikujejo po tehničnih lastnostih oziroma kakovosti, čeprav nosijo isto kemijsko ime. Ob očitnih razlikah v kakovosti uporabljenih baznih olj, sta za kakovost izdelka kritičnega pomena tudi tehnologija estrifikacije ter kakovost uporabljenih aditivov. Kar je srž problema, in za uporabnika ostaja uganka je, kako na osnovi imena izdelka iz nenasičenega sintetičnega estra razbrati njegovo kakovost, še posebej ker standard VDMA 24 568 (Verband Deutscher Maschinen und Anlagebau e.V. = Združenje konstruktorjev strojev in sistemov Nemčije) določa, da se z okrajšavo HEES označuje vse tovrstne izdelke. Da bi bila zmeda popolna, morajo tudi zasičeni estri, ki jih predstavljamo v naslednjem poglavju, biti označeni s to oznako.

Nasičeni estri

Okolju prijazna maziva in hidravlične tekočine na osnovi nasičenih estrov (HEES) so na trgu prisotni od leta 1985. Nasičeni estri nastanejo z reakcijo alkoholov in karboksilnih kislin na separacijo iz vode. Sestavine so produkti petrokemične industrije.



Nasičene sintetične estre štejemo za okolju prijazne, ker so za njih značilne naslednje lastnosti:

- Hitra biološka razgradljivost,
- Majhna strupenost,
- Zelo dolga življenjska doba,
- Možnost obnovitve (recikliranja) po uporabi,
- Nezahtevno odlaganje.

Vendar pa imajo nasičeni estri tudi veliko dobrih lastnosti gledano s tehničnega stališča:

- Odlično razmerje viskoznost/temperatura (zelo visok indeks viskoznosti),
- Zelo dobre mazalne lastnosti,
- Zelo dobra zaščita pred rjavenjem,
- Topljivost v mineralnem olju,
- Razpoložljivost v vseh potrebnih razredih viskoznosti,
- Dobra združljivost z vsemi materiali filtrov,
- Strižna stabilnost,
- Dobra združljivost z elastomeri,
- Zelo velika odpornost na staranje,
- Odpornost na visoke temperature,
- Izredno nizka točka tečenja.

Vsekakor pa se znatno višja cena v primerjavi z mineralnimi, repičnimi olji in olji na osnovi nenasičenih estrov zdi kot velika pomanjkljivost. Vendar pa zgoraj naštetih tehničnih prednosti dobro odtehtajo razliko v ceni, še posebej če upoštevamo zelo podaljšano življenjsko dobo teh olj. Zaradi tega je bila v preteklosti izpeljana serija primerjalnih testov različnih tipov HEES olj. (Metode so podrobneje opisane v sivem polju v nadaljevanju teksta.)

V nadaljevanju so predstavljeni kratki opisi rezultatov teh testov.

1. Metoda, ki omogoča izrecno določanje oksidacijske stabilnosti olj na bazi sintetičnih estrov v laboratoriju, je metoda TOST (Thermal Oxidation Stability Test – Toplotni test oksidacijske stabilnosti). V laboratoriju je bilo s to metodo testiranih pet različnih olj na bazi estrov, med njimi tudi eno na bazi zasičenih estrov. Rezultat je veličasten; samo olje na bazi zasičenega estra je prestalo test, ki traja 2.000



ur, v celoti, medtem ko ostala olja niso prestala niti prve tretjine testa.

Postopki testiranja tehničnih lastnosti okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin

1. Suhi TOST

Ta test je prilagojena različica oksidacijskega testa ASTM D 943 (ASTM=Amerikan Society for Testing Materials – ameriško združenje za testiranje materialov). Preskušano olje je starano z dovajanjem kisika pri temperaturi 95°C, brez prisotnosti vode. Bakrena in jeklena žica delujeta kot katalizatorja. Rezultat tega testa je čas, v katerem vrednost TAN (Total Acid Number – Kislinsko število) preizkušene olja naraste na 2,0 mg KOH/g.

2. Rotary-Bomb-Test

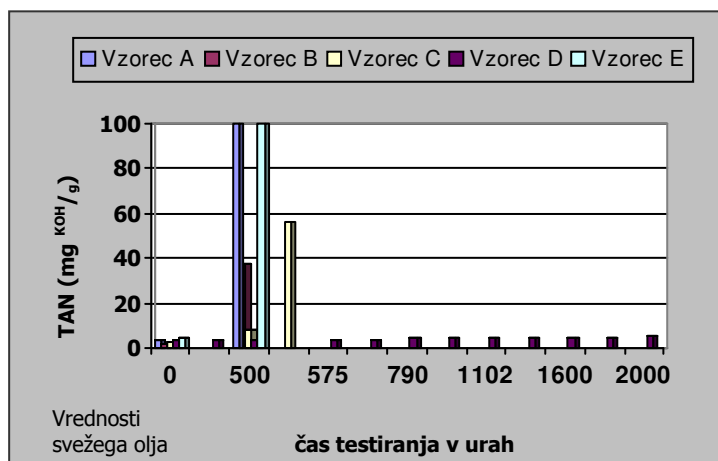
Ta test je drugačen način merjenja oksidacijske stabilnosti maziv. Test poteka tako, da v jekleno posodo dajo določeno količino preiskovane tekočine ter v njo dodajo še katalizator iz bakra. Potem v posodi ustvarijo tlak 6,25 barov z dovajanjem čistega kisika. Nato posodo potopijo v vročo kopel (T=150°C) in vrtijo s hitrostjo n=100 vrtljajev/minuto. Visoka temperatura povzroči raztezanje kisika in tlak naraste na približno 9 bar. Zaradi kemičnega procesa oksidacije se atomi kisika vežejo na molekule tekočine, kar povzroči zmanjševanje tlaka v posodi. Test se konča ko tlak pade za 1,75 bar od najvišje vrednosti.

Ta test vsebuje tudi raziskavo termalne stabilnosti olja. V posebno posodo nalijejo preizkušano tekočino, potem pa s črpanjem okoliškega zraka v njej vzpostavijo tlak 8 barov. Na koncu vzorec postavijo v peč, kjer ga več kot 168 ur segrevajo na 160°C ali na 250°C, odvisno od vrste olja. Po izteku preizkušanja se določi termična stabilnost določi na podlagi spremembe dveh parametrov, in sicer Viskoznosti in Nevtralizacijskega števila. Za doseganje rezultatov v krajšem času je dovoljeno zaostri navedene parametre preizkušanja.

3. Test filtrabilnosti

Za ta test je potrebno določeno količino tekočine filtrirati pri enakomernih, omejenih pogojih. Priprava, je sestavljena iz steklene čaše prostornine 300 ml (z odprtino na dnu), iz katere se skozi filtrirno membrano s porami velikosti 0,8 µm, pri tlačni razliki 1,75 bara, prečrpavamo preizkušano tekočino v spodnjo posodo. Čase pretoka 50, 100, 200 in 300 ml uporabimo za izračun filtracijskega indeksa FI. Vrednost FI=1 izraža enakomerno filtracijo, medtem ko se poslabšanje filtrabilnosti odraža skozi zvišanje vrednosti FI.

2. Različne tekočine na osnovi sintetičnih estrov so testirali na tehnični univerzi, po naročilu velikega izdelovalca strojev. V tem primeru so raziskovali njihovo oksidacijsko stabilnost z Rotary-Bomb-Testom. Vse testirane tekočine so bile izdelane na osnovi sintetičnih estrov in označene z isto oznako HEES, vendar so jih izdelali različni proizvajalci na različnih baznih oljih. Posledično se rezultati testiranih tekočin zelo razlikujejo. Sedem od osmih tekočin so bili nenasičeni estri z oksidacijsko stabilnostjo med 11 min ($\Delta t=660$ s) in 47 min ($\Delta t=2.800$ s). V nasprotju s tem je osma testirana tekočina – na osnovi zasičenega estra – izkazala oksidacijsko stabilnost 1.167 min (70.000 s). Oksidacijsko odpornost te tekočine so ocenili kot ekstremno visoko. Njeni rezultati so neporocionalno višji kot rezultati tekočin na osnovi nenasičenega estra, kakor tudi bistveno višji kot rezultati tekočin na osnovi mineralnega olja. Nadalje lahko iz termične stabilnosti, ki je zajeta v Rotary-Bomb-Testu, ugotavljamo tudi podatke o obnašanju tekočine v procesu staranja. Rezultate tega testa za zasičene in nenasičene estre prikazuje spodnja tabela:



Izmerjena vrednost	Termična stabilnost pri: T=150°C, t=168 h, p=8 bar		Oksidacijska stabilnost pri T=150°C, p=6,25 bar + Δp
	Viskoznost (mm ² /s) pri T=40°C	Nevtralizacijsko število NN	Dosežen čas testa (min)
Nenasičeni ester	55,82	8,05	32
Zasičeni ester	44,69	4,24	1.167



3. V nadaljevanju so testirali filtrabilnost in mešljivost omenjenih tekočin. Vse tekočine so bile popolnoma topne ena v drugi, toda to še ne pomeni da mešanje različnih sintetičnih olj ne predstavlja nevarnosti (velike verjetnosti) pojava neželenih reakcij. Tudi pri filtrabilnosti so bile opažene velike razlike med testiranimi tekočinami (tabela): filtrabilnost zasičenega estra je bila dobra. Njegov indeks filtrabilnosti 1,19 je bistveno nižji kot so bile izmerjene vrednosti tekočin na osnovi nenasičenih estrov. Kljub posebni pripravi vzorcev s predhodnim filtriranjem, filtrabilnost dveh tekočin sploh ni bilo mogoče določiti, ker sta bili tako močno onesnaženi z delci manjšimi kot 5 μ m., ki jih ni uspelo odstraniti niti z globinsko filtracijo. Vzrok onesnaženosti je lahko nečist proizvodni proces ali prašna embalaža.

Z istim testom so ugotovili, da se sicer zelo dobra filtrabilnost zasičenih estrov drastično zmanjša, če jim primešamo nenasičene estre.

HEES		Mešljivost	Indeks filtrabilnosti
nenasičen	zasičen		
Tekočina 1		T	1,24
Tekočina 2		T	1,42
Tekočina 3		T	1,40
Tekočina 4		T	1,25
Tekočina 5		T	NF
Tekočina 6		T	NF
Tekočina 7		T	1,23
	Tekočina 8	T	1,19

4. Zelo dobra oksidacijska stabilnost zasičenih estrov, ki smo jo omenjali pod točko 2, se je potrdila tudi na trajnostnem testu. Ta tekočina je uporabljena v praktični uporabi konstantno že več kot 28.000 ur. Redne analize kažejo da je tudi po tem času v uporabi olje še vedno uporabno. Vsi parametri:

- viskoznost pri 40°C ($^{mm^2}/s$),
 - TAN ($^{mg\ KOH}/g$),
 - vsebnost železa (ppm),
- so še vedno znotraj tolerančnih območij.

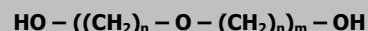
Kljub izjemno dobrim rezultatom pa je uporaba dragih olj na osnovi zasičenih estrov težko ekonomsko opravičljiva, če ne obstaja možnost uporabe v daljšem časovnem obdobju in s tem tudi ustrezno podaljšanimi intervali menjave. Ker zasičena HEES olja popolnoma izpolnjujejo vse zahteve, jih lahko uporabimo v mobilnih hidravličnih sistemih kot olja za vso življenjsko dobo stroja, brez menjave. Najpomembnejši pogoj pri tem je, da **ne sme priti do mešanja z drugimi olji.**

V spodnji tabeli so za primerjavo zbrane karakteristične vrednosti, ki jih najdemo na tehničnih listih, HETG, zasičenih in nenasičenih HEES tekočin. Namen te tabele je pokazati na glavne razlike v tehničnih podatkih (točka tečenja in jodovo število).

	HETG (repično olje)	nenasičen HEES	zasičen HEES
	ISO VG 46		
Gostota pri 15°C ($^g/ml$)	0,920	0,927	0,918
Vnetišče (°C)	≈280	≈250	≈240
Točka tečenja (°C)	-30	-35	-57
Viskoznost pri 40°C ($^{mm^2}/s$)	46	46	47
Viskoznost pri 100°C ($^{mm^2}/s$)	10,5	8,5	8,1
TAN ($^{mg\ KOH}/g$)	0,4	0,6	0,7
Indeks viskoznosti	>200	>160	150
Jodovo število	90 - 120	50 - 80	<10

Poliglikoli

Poliakilen glikoli ali skrajšano poliglikoli, se zaradi svojih dobrih mazalnih lastnosti uporabljajo že več kot 50 let. Dolgo časa so jih visoko cenili



$$n > 1, m \geq 1$$

zaradi dobrih lastnosti, kot so dolgotrajno delovanje pri zelo nizkih ali zelo visokih temperaturah, s katerimi so se izkazali v praktični uporabi. S prednostjo prijavnosti do okolja, so se mazalna in hidravlična olja močno uveljavila tudi na tem področju (Hydraulic Oil Environmental Polyglycol – HEPG; Hidravlično olje ekološki poliglikol). V splošnem (odvisno od njihove strukture) so sprejemljivi kot okolju prijazna maziva. Ker so pa tudi topni v vodi, so imeli zelo pomembno vlogo, na primer, v prehrabni industriji, več kot 25 let. Razumljivo je torej, zakaj so poliglikole z nizko stopnjo strupenosti in biološko razgradljivostjo uporabljali kot osnovo za izdelavo okolju prijaznih maziv in hidravličnih tekočin.

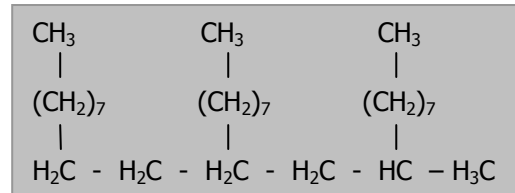
Čeprav obstaja veliko vrst poliglikolov, za ta namen uporabljajo le polibutilen in kopolimerizat etilenoksida in propilen oksida. To so snovi mešljive z vodo, ki ne ovirajo izmenjave kisika na vodni gladini, temveč imajo učinek črpanja kisika v vodno površino. Samo ta dva poliglikola dosegata ekotoksične zahteve.

Ob naštetih lastnostih, ki so pomembne za ekologijo, imajo poliglikoli tudi naslednje dobre tehnične lastnosti:

- zelo dobre mazalne lastnosti



- strižna stabilnost
- dobra odpornost na staranje
- dobro razmerje med viskoznostjo in temperaturo
- dobre lastnosti tako pri nizkih kot visokih temperaturah



Toda poliglikoli imajo tudi lastnosti, ki zmanjšujejo njihovo uporabnost kot maziva in hidravlične tekočine:

- omejena (v nekaterih primerih zelo slaba) kompatibilnost s tesnili in cevmi
- agresivnost na barve in lake
- niso mešljivi z drugimi tekočinami
- mešljivost z vodo (pomeni da iz sistema vode ni možno izločiti, kar lahko privede do pojava korozije in/ali kavitacije)
- višja gostota od mineralnih olj in/ali estrov zahteva posebne prilagoditve vodov, cevi ...
- nekompatibilnost z galvaniziranimi in papirnimi filtri

Kljub tem pomanjkljivostim bi bilo škoda ne izkoristiti dobre tehnične lastnosti maziv na osnovi poliglikolov. Zaradi tega so še vedno prisotni v industriji, čeprav oblikovalcem strojev postavljajo posebne zahteve glede ustreznosti materialov tesnil in cevi.

Maziva in hidravlične tekočine na osnovi poliglikolov pa niso imele uspeha na področju mobilnih strojev in hidravličnih sistemov (razen zares redkih izjem). Glavne ovire so nemešljivost z tekočinami na osnovi mineralnih in sintetičnih olj ter nekompatibilnost s tesnili, cevmi in barvami. Za uporabnika stroja je praktično nemogoče izključiti možnost mešanja različnih tekočin, če stroj uporablja različne priključke za opravljanje različnih del. Enak problem se pojavlja pri gradbenih, gozdarskih in kmetijskih strojih, kjer se različna orodja uporabljajo na istem hidravličnem tokokrogu kot sam stroj. Čeprav mešanje ni priporočljivo tudi za druge tekočine, ker poslabšuje njihove lastnosti, tveganje ni enako, saj pomeni tudi najmanjši dodatek drugačne tekočine k poliglikolu popoln izpad sistema.

HEPR tekočine

Tekočine, sintetizirane iz polialfaolefinov (PAO) in sorodnih ogljikovodikov (HC), so razvrščene v novo skupino, znano po okrajšavi HEPR (Hydraulic Oil Environmental Polyalphaolefins and Related products - Hidravlično Olje Ekološki Polialfaolefini in sorodni izdelki).

Kakorkoli, le PAO tekočine nižjih viskoznosti, ki imajo boljšo biološko razgradljivost kot mineralna olja, imajo tudi tovrstno uporabnost. Tudi tako imenovana hydro-crack bazna olja sodijo v skupino HEPR tekočin. Glede na standard ISO DIN 15380, so HEPR tekočine definirane kot "polialfaoleini in sorodni ogljikovodiki, vključno z baznimi olji iz drugih hitro biološko razgradljivih tekočin". Posledično je število različic HEPR tekočin praktično neomejeno.

Trenutno še ne obstajajo izkustvene vrednosti o prednostih in pomanjkljivostih HEPR tekočin, kakor tudi še ni mogoče ugibati o njih. V praksi se izkaže kontrola kakovosti HEPR tekočin kot zelo velik problem. Po eni strani se izdelki na osnovi mineralnih olj masovno uporabljajo za bazna olja, po drugi strani pa se lahko pomešajo komponente drugih hitro biološko razgradljivih olj, kot so repično olje, oleati in sintetični estri. Zaradi tega standardizirane postopke za ugotavljanje kakovosti olj med uporabo za HEPR tekočine ni mogoče uporabiti, saj ni mogoče ugotoviti v kolikšnem deležu je HEPR tekočina zmešana z drugimi izdelki.

Na prvi pogled bi ta lastnost lahko celo ustrezala uporabnikom maziv, ker so prepovedi mešanja vedno nezaželene. Ali je torej nujno označiti to lastnost kot negativno? Odgovor na to vprašanje se vsekakor mora glasiti "DA", saj v takem primeru ne obstaja neka garancija o tem, kaj se bo zgodilo s tekočino, če ji primešamo neko tujo tekočino in kakšen bo učinek na tesnila, cevi, barvne kovine, lake in barve. Lastnosti polialfaoleinov in izdelkov na osnovi hydro-crack olj so dobro znana in jih lahko predvidimo. Toda, če jim dodamo druga biološko razgradljiva bazna olja, lahko predvidimo da se bodo te lastnosti temeljito spremenile.

To pa za proizvajalce strojev in opreme pomeni velike težave pri izbiri materialov. V primeru okvare se gledano s pravnega stališča uporabniki teh maziv lahko zelo hitro znajdejo na "nikogaršnji zemlji", saj je nemogoče dokazati da ni prišlo do nedovoljenega mešanja z drugimi izdelki. Druga težava s HEPR tekočinami je, da so le viskoznosti ISO VG 10 in 20 ustrezno biološko razgradljive. Dokončanim izdelkom je potrebno s pomočjo impruverjev viskoznosti ali estrov



povišati viskoznost. Rezultat je nižja strižna stabilnost, kar lahko privede do nevarnega zmanjšanja viskoznosti po daljšem času uporabe v sodobnih kompleksnih, visokotlačnih hidravličnih sistemih.

Pregled biološko razgradljivih hidravličnih tekočin

Ker zelo velik delež uporabljenih olj predstavljajo hidravlična olja, si bomo tudi v tem poglavju podrobneje pogledali njihove lastnosti. Kot smo že omenjali, so v njihovi 20 letni zgodovini, biološko razgradljiva olja proizvajali iz dveh vrst baznih olj. To so naravna bazna olja (HETG in HEES nenasičeni) in sintetična bazna olja (HEES nasičeni in HEPG). Vendar pa se je sedaj, ko se kot biološko razgradljiva olja uporabljajo tudi HEPR olja, štirim znanim vrstam teh olj pridružila še peta (glej tabelo).

Bazno olje	Naravna olja		Sintetična olja		
		Sintetični estri			Mineralna olja
Okrajšava	HETG	HEES	HEES	HEPG	HEPR
Primer	Repično olje in podobna	Nenasičeni estri	Nasičeni estri	Poliglikoli	PAO in podobni ogljikovodiki z deležem HEES ali HETG baznih olj
Jodovo število	>90	10 – 90	<10	-	-

V naslednji tabeli so primerjalno prikazane prednosti in pomanjkljivosti različnih hidravličnih tekočin. Ta pregled jasno kaže na velike razlike v zmogljivostih izdelkov na osnovi različnih baznih olj, ki se kažejo v glavnem pri samem namenu uporabe, za katerega so izdelani. Uporabniki strojev in naprav morajo zato zelo previdno izbirati izdelek, ki bo najprimernejši za njihov primer uporabe.

Uporabniki hidravličnih tekočin si trenutno lahko pri tem pomagajo s tehnično dokumentacijo vsakega izdelka, standardom VDMA 24 568 (minimalne tehnične zahteve) in VDMA 24 569 (navodila za primerjanje) za hitro biološko razgradljive hidravlične tekočine. V teh dokumentih so vse biološko razgradljive

hidravlične tekočine razvrščene v skupine, ki smo jih opisali malo prej.

	HETG	Nenasičeni HEES	Nasičeni HEES	HEPG	HEPR
Tečenje pri nizkih temperaturah	-	±	++	++	+
Oksidacijska stabilnost pri visokih temp.	-,#	±	++	++	±
Izgube izparevanja	+	+	++	++	-
Izločanje vode	-	±	++	Topno v vodi, ##	+
Zaščita pred rjavenjem	++	++	++	-	++
Mešljivost z običajnimi mineralnimi olji	da*, ob dovoljenju	da*, ob dovoljenju	da*, ob dovoljenju	ne	da*, ob dovoljenju
Združljivost z dvokomponentni mi laki	+	+	+	+	+
Združljivost z notranjimi premazi	-	-	+	-	-
Združljivost s pocinkanimi površinami in papirnimi filtri	-	±	+	-	+
Združljivost z materiali tesnil	+	+	+	+	+
Odpornost na hidrolizo	-	±	±	++	+
Cena	+	±	-	±	+
Čas skladiščenja	-	+	++	+	±
Skupna ekonomska upravičenost	-	±	+	±	±

++ = zelo dobro ± = povprečno # = lahko povzroči zlepljanje
+ = dobro - = slabo ## = prisotnost vode poveča korozijo, kavitacijo ...
* = mešanju se je potrebno izogniti, saj ne prinaša prednosti

Pomembno si je zapomniti, da standard VDMA 24 568 predpisuje le minimalne tehnične zahteve. Če pri minimalnih zahtevah primerjamo nasičene in nenasičene sintetične estre, ne moremo opaziti bistvene razlike med njima, saj se le-ta pokaže pri delovanju na njuni zgornji meji zmožnosti.

