

PODALJŠANJE UPORABNE DOBE HIDRAVLICNEGA OLJA IN VPLIV NA ENERGETSKO UČINKOVITOST

Aleš Hrobat, Jošt Mohorko, Vito Tič, Milan Kambič

Izvleček:

Na uporabno dobo hidravličnega olja imajo velik vpliv pogoji uporabe, prav tako pa njegova sestava. Proizvajalci imamo za proizvodnjo hidravličnih olj na voljo različne skupine baznih olj. Zaradi različnih lastnosti posameznih skupin je tudi uporabna doba končnega izdelka različna.

Prispevek obravnava hidravlična olja na osnovi različnih skupin baznih olj, njihove osnovne značilnosti in razlike med njimi. V nadaljevanju pa predstavlja novo serijo hidravličnih olj Energolubric z vidika podaljšanja uporabne dobe v primerjavi s klasičnimi hidravličnimi olji na mineralni osnovi. Prikazani bodo rezultati primerjalnega testiranja oksidacijske stabilnosti različnih olj. Prav tako bo obravnavan vidik energetske učinkovitosti obratovanja hidravličnega sistema, na katerega vpliva tudi hidravlično olje.

1 Uvod

Bazna olja so osnovna sestavina maziv in hidravličnih olj. Delijo se v več skupin glede na način njihove proizvodnje in lastnosti. Ločimo jih na pet glavnih skupin:

- ▶ skupina I: mineralna bazna olja, pridobljena s tradicionalnimi rafinerijskimi postopki, ki vključujejo destilacijo in obdelavo s topili. Imajo nižjo oksidacijsko stabilnost in večjo vsebnost nečistoč v primerjavi z višjimi skupinami;
- ▶ skupina II: bolj prečiščena mineralna olja, pridobljena s hidrokrekingom, kar jim zagotavlja boljše lastnosti, kot so višja odpornost proti oksidaciji in daljša uporabna doba;
- ▶ skupina III: visoko prečiščena mineralna olja, pridobljena s procesom hidrokrekinga in izomerizacije, zaradi česar se po kakovosti približujejo sintetičnim oljem;
- ▶ skupina IV: sintetična olja na osnovi polialfaolefinov (PAO), ki imajo odlično oksidacijsko stabilnost, nizko hlapnost in širok temperaturni razpon uporabe;
- ▶ skupina V: različna olja, ki niso vključena v sku-

pine I-IV (npr. estrska olja), ki se uporabljajo v specifičnih primerih zaradi izjemnih mazalnih lastnosti in odpornosti proti staranju.

Vsaka skupina baznih olj ima svoje prednosti in slabosti, ki vplivajo na končne lastnosti hidravličnih olj. Izbira ustreznega baznega olja je ključna za doseganje optimalne zmogljivosti in dolge uporabne dobe hidravličnih sistemov [1], [2], [3], [4].

Podaljšanje uporabne dobe mineralnega hidravličnega olja je tesno povezano z njegovo oksidacijsko stabilnostjo. Oksidacija povzroča nastanek kislin, lakov in drugih škodljivih produktov, ki lahko poslabšajo delovanje sistema. Uporaba visoko prečiščenih mineralnih olj ali sintetičnih alternativ s posebej formuliranimi antioksidanti lahko znatno upočasni ta proces, kar podaljša intervale menjave olja in zmanjša stroške vzdrževanja [2], [4].

Poleg tega ima hidravlično olje pomemben vpliv na energetsko učinkovitost hidravličnega sistema. Njegova sestava in viskoznost vplivata na trenje, izgube energije in temperaturo delovanja. Hidravlična olja z nižjo viskoznostjo pri nizkih temperaturah in stabilnimi viskoznostnimi lastnostmi pri visokih temperaturah prispevajo k zmanjšanju porabe energije ter izboljšanju učinkovitosti sistema.

Zaradi teh razlogov se v industriji vse bolj uveljavljajo hidravlična olja, ki temeljijo na baznih oljih višjih skupin in vsebujejo napredne aditive, ki izboljšujejo oksidacijsko stabilnost in energetsko učinkovitost. Takšen primer so v zadnjih letih tudi stroji za brizganje plastike.

izr. prof. dr. Vito Tič, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Aleš Hrobat, Jošt Mohorko, dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., vsi Olma d. o. o., Ljubljana



© The Authors 2025. CC-BY 4.0

<https://doi.org/10.5545/Ventil-31-2025-4.07>

Stroji za brizganje plastike so energetsko intenzivni, saj vključujejo segrevanje materiala, delovanje hidravličnih pogonov in hlajenje. Merjenje njihove električne porabe nam omogoča [5]:

- ▶ spremljanje porabe v realnem času: tako lahko ugotovimo, kdaj stroj porablja največ energije (ob zagonu, med delovanjem, v stanju pripravljenosti ali ob izklopu);
- ▶ analizo ciklov brizganja: primerjava porabe med različnimi orodji ali izdelki razkrije, kateri programi ali postopki so bolj (ali manj) energetsko učinkoviti;
- ▶ ocenjevanje stroškov na izdelek: če poznamo porabo na cikel, lahko izračunamo, koliko električne energije porabimo za posamezen kos – to je koristno za kalkulacijo stroškov in določanje cen;
- ▶ prepoznavanje odstopanj in napak: nenadna povečanja porabe lahko kažejo na mehansko okvaro, neustrezno vzdrževanje ali spremembe v obratovalnih pogojih;
- ▶ iskanje možnosti za optimizacijo: na primer, če opazimo visoko porabo v času mirovanja, lahko razmislimo o samodejnem preklopu v varčni način ali zmanjšanju tlaka v hidravličnem sistemu.

2 Vpliv oksidacijske stabilnosti na uporabno dobo olja

Oksidacijska stabilnost je ena ključnih lastnosti olja za zanesljivo in dolgotrajno delovanje hidravličnih sistemov. Oksidacija je naraven kemijski proces, pri katerem olje reagira s kisikom – še posebej pospešeno pri višjih temperaturah, v prisotnosti kovinskih delcev ali vode. Posledica je nastanek organskih kislin, lakov, muljev in drugih škodljivih produktov razgradnje, ki povzročajo obrabo, mašijo filtre, zmanjšujejo učinkovitost ventilov ter vplivajo na viskoznost olja. Ti razgradni produkti poslabšajo delovanje hidravličnega sistema, dolgoročno pa lahko povzročijo tudi okvare komponent in višje stroške popravil. Zato je izbira ustreznega hidravličnega olja izjemnega pomena. Uporaba visoko prečiščenih mineralnih olj, izdelanih z modernimi postopki (npr. hidrokrekling), ali prehod na sintetična olja z večjo toplotno in kemijsko odpornostjo omogoča bistveno boljšo zaščito pred oksidacijo. Še dodatno učinkovitost zagotavljajo posebej formulirani antioksidanti, ki upočasnjujejo razgradnjo baznega olja in ohranjajo njegove lastnosti čez daljše časovno obdobje.

Zaradi teh izboljšav se podaljšajo servisni intervali, zmanjšajo se pogostost menjav olja in količina odpadnega olja ter stroški, povezani z vzdrževanjem in zamenjavami filtrov. Poleg tega se poveča zanesljivost delovanja celotnega sistema in zmanjša tveganje za nenačrtovane izpade. Skratka: pravilna izbira olja in razumevanje njegove oksidacijske stabilnosti imata neposreden vpliv na učinkovitost,

varnost in ekonomiko delovanja hidravličnih naprav.



Slika 1 : Instrument RapidOxy 100 za merjenje oksidacijske stabilnosti olj

Oksidacijsko stabilnost različnih hidravličnih olj viskoznoznostnega razreda ISO VG 46 smo merili z instrumentom RapidOxy 100, prikazanim na *sliki 1*.

Oksidacijsko stabilnost smo določili tako, da smo merili čas od začetka testiranja pa do trenutka, ko se je tlak kisika ali sintetičnega zraka v napravi znižal za 10 % glede na začetno vrednost. Rezultati meritev so prikazani v *tabeli 1*. Vidimo lahko, da je oksidacijska stabilnost olj Energolubric neprimerno višja kot pri vseh drugih oljih. V nekaterih primerih celo več kot dvakrat višja. Glede na to ni presenetljivo, da se ta olja pri praktični uporabi ob enakih obratovalnih pogojih odlikujejo z daljšo uporabno dobo kot nekatera druga olja. To pa seveda pomeni nižje skupne stroške ne glede na nekoliko višjo ceno teh olj.

Tabela 1 : Oksidacijska stabilnost različnih olj

Naziv olja	Metoda	Vrednost [min]
Energolubric 3046 ZF	ASTM D8206	1310
Energolubric 2046 ZF	ASTM D8206	1300
Energolubric 4046 ZF	ASTM D8206	1220
Energolubric 2046	ASTM D8206	1067
Hydrolubric VG 46	ASTM D8206	664
Hydrolubric HD 46	ASTM D8206	570
Hydrolubric HLP 46	ASTM D8206	529
Hydrolubric VGS 46	ASTM D8206	672
Hydrolubric HVLP 46	ASTM D8206	787
Hydrolubric VG 46 D	ASTM D8206	536

3 Vpliv hidravličnega olja na energetsko učinkovitost

Stroji, kjer smo merili, oziroma še merimo porabo električne energije, so stroji za brizganje plastike Krauss Maffei 1100 MX, Krauss Maffei 1150 MX in Kraus Maffei KM 1000. Na prvem stroju smo meritve najprej opravili s klasičnim hidravličnim oljem Hydrolubric VG 46, potem pa polnitev zamenjali z vrhunskim, energetsko varčnim oljem Energolubric 2046 in ponovili meritve. Na drugem stroju smo meritve najprej opravili z oljem Hydrolubric VG 46 HC, nato pa z oljem Energolubric 2046.

Na obeh strojih so bile opravljene meritve porabe električne energije najprej na glavnem dovodu električne energije v stroj, ki zajema vse električne porabnike stroja, pri čemer največje porabnike energije predstavljajo elektromotor hidravlične črpalke in grelniki plastične mase.

Meritve so bile opravljene s strojno in programsko opremo Beckhoff, pri čemer se je uporabil modul za merjenje električne energije EL3443 v kombinaciji s SCT6421 – 500 A tokovniki z natančnostnim razredom 0,5. Omenjena strojna in programska oprema omogoča zajemanje in beleženje številnih električnih veličin, kot so napetosti, tokovi, aktivna električna moč in energija ter druge s frekvenco 50 Hz oziroma vsakih 20 ms.

V sklopu vsake meritve porabe električne energije na posameznem stroju ob uporabi klasičnega in energetsko varčnega olja so bile opravljene po 3 meritve z namenom preverjanja ustreznosti in ponovljivosti meritev kakor tudi samega delovanja stroja.

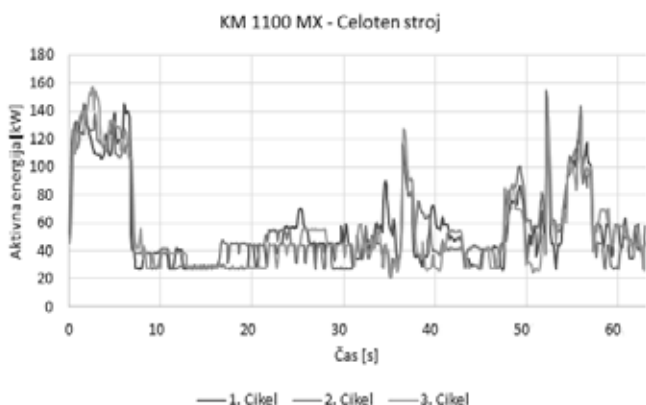
Analiza posameznih meritev je žal pokazala, da merjenje in zajemanje porabe električne energije na glavnem dovodu električne energije v stroj ni bila smiselna in pravilna izbira, saj je praktično nemogoče doseči ponovljivosti delovanja stroja v posameznih ciklih. Stroj namreč vsebuje mnoge re-

Tabela 2 : Primerjava poprečne aktivne energije

KM 1100 MX (30 min interval)	Poprečna aktivna energija [kW]	
Hydrolubric VG 46 – 1. meritev	53,3	53,35
Hydrolubric VG 46 – 2. meritev	53,4	
Energolubric 2046 – 1. meritev	50,7	51,05
Energolubric 2046 – 2. meritev	51,4	

gulacijske kroge, kot npr. za vzdrževanje temperature plastične mase, kjer se grelci vklaplajo v različnih frekvencah in intervalih. To je razvidno s *slike 2*, ki prikazuje meritev aktivne električne energije na stroju KM 1100 MX z uporabo olja Energolubric 2046 v treh zaporednih ciklih delovanja, pri čemer je čas trajanja cikla 63,0 sekunde. Vidimo, da se poraba energije v posameznem ciklu zelo razlikuje, zato je s tem načinom meritve praktično nemogoče doseči ponovljivost in primerljivost meritev.

Čeprav podrobna analiza aktivne energije v posameznih ciklih kaže močno neponovljivost vklopa grelcev, smo kljub temu opravili številčno analizo povprečne aktivne električne energije v polurnem intervalu delovanja stroja, pri čemer je vpliv delovanja grelnikov do neke mere odstranjen, saj takšna meritev vsebuje njihovo povprečno porabo v omenjenem polurnem intervalu. Tabela 2 prikazuje povprečno aktivno energijo pri delovanju stroja KM 1100 MX v 30-minutnem intervalu pri uporabi klasičnega hidravličnega olja Hydrolubric VG 46 ter energetsko varčnega hidravličnega olja Energolubric 2046. Čeprav se zavedamo, da tovrstna meritev porabe na glavnem dovodu električne energije v sam stroj ni popolnoma merodajna, pa prve analize porabe električne energije pri uporabi energetsko varčnega hidravličnega olja Energolubric 2046 kažejo na določene prihranke v višini 4,3 %.



Slika 2 : Primerjava meritev treh zaporednih ciklov na glavnem dovodu električne energije



Slika 3 : Primerjava meritev treh zaporednih ciklov na pogonskem elektromotorju

Ker izvedene meritve na prvih dveh strojih kažejo obetavne rezultate, zdaj nadaljujemo z izvedbo meritev na samem pogonskem elektromotorju hidravlične črpalke, s čimer se bodo izločili vplivi drugih porabnikov energije, kot so npr. grelniki. Meritve nadaljujemo na tretjem stroju Krauss Maffei KM 1000, pri katerem je načrtovana menjava trenutno uporabljanega klasičnega hidravličnega olja Hydro-lubric VG 46 z energetsko varčnim oljem Energolubric 2046.

Meritve še niso zaključene. Kljub temu pa lahko prikažemo prve analize meritev, ki potrjujejo, da so zdaj rezultati meritev treh zaporednih ciklov mnogo bolj ponovljivi in primerljivi, kar prikazuje slika 3.

4 Sklep

Z raziskavo smo pokazali, da ima izbira ustreznega hidravličnega olja pomemben vpliv tako na podaljšanje njegove uporabne dobe kot tudi na energetsko učinkovitost hidravličnih sistemov. Primerjalne meritve oksidacijske stabilnosti jasno kažejo, da olja višjih kakovostnih razredov, kot je tudi olje Energolubric 2046, omogočajo bistveno daljše čase uporabe, kar neposredno vpliva na daljše servisne intervale, manjše stroške vzdrževanja in zmanjšano količino odpadnega olja.

Poleg tega preliminarne meritve porabe električne energije pri delovanju strojev za brizganje plastike nakazujejo na opazne energetske prihranke pri uporabi energetsko varčnega hidravličnega olja, tudi do 4,3 %, čeprav je zaradi kompleksnosti sistema natančna analiza zahtevna. Meritve, osredotočene na sam pogonski elektromotor hidravlične črpalke, pa že kažejo večjo ponovljivost in zanesljivost rezultatov, kar bo omogočilo še bolj natančno oceno energetske učinkovitosti v nadaljevanju.

Zato lahko zaključimo, da je uporaba naprednih hidravličnih olj z večjo oksidacijsko stabilnostjo in izboljšanimi viskoznostnimi lastnostmi smiselna tako z vidika tehnične učinkovitosti kot tudi z ekonomskega in okoljskega vidika.

Viri

- [1] Kambič, M.: Mala šola mazanja, Profidtp, Škofljica, 2022.
- [2] Kambič, M.: Razvoj in praktična uporaba vrhunskega hidravličnega mineralnega olja, Ventil 28(2022)4, str. 268–275.
- [3] Kambič, M.: Mineralna bazna olja, IRT3000 16(2021)6, str. 128–130.
- [4] Kambič, M.: Premium quality hydraulic oils, Fluidna tehnika 2021, str. 231–241.
- [5] O. AI, »Open AI« 2025 (<https://openai.com>).

Zanesljivi partner
vaše proizvodnje

OLMA
www.olma.si

Olma d.o.o., Poljska pot 2, 1000 Ljubljana,
tel.: (01) 58 73 600, faks: 54 63 200,
e-pošta: order@olma.si, <http://www.olma.si>

Quaker Houghton
MOTUL
tribo-chemie
setral
SLOVENOIL
STORM