

Mazalne lastnosti ionskih tekočin za hidravlične sisteme

Milan KAMBIČ, Roland KALB, Darko LOVREC

Izvleček: V sodobnih hidravličnih sistemih so mazalne lastnosti tekočine zaradi naraščajočih tlakov zelo pomembne, saj zagotavljajo dolgo uporabno dobo hidravličnih sestavin.

Med praktično neomejenim številom različnih ionskih tekočin smo želeli poiskati takšno, ki bi bila primerna za uporabo v hidravličnih sistemih, in predlagati bodoče alternative danes splošno uporabljanim hidravličnim tekočinam. V tem prispevku so podrobneje predstavljene le mazalne lastnosti testiranih ionskih tekočin, ki smo jih določali s standardno metodo na štirikrogelnem aparatu. Kot dodatek tej standardni metodi smo izmerili tudi Stribeckove krivulje nekaterih tekočin. V obeh primerih smo opravili primerjalne meritve nekaterih ionskih tekočin in mineralnega hidravličnega olja, ki so prikazane v rezultatih.

Vzorca ionskih tekočin IL-17PI045 in EMIM-EtSO₄ sta imela od doslej testiranih ionskih tekočin največ lastnosti, primerljivih z mineralnim hidravličnim oljem (viskoznost, indeks viskoznosti, korozijske lastnosti), mazalne lastnosti pa celo nekoliko boljše. Za končno oceno primernosti uporabe teh dveh tekočin v hidravličnih sistemih je potrebno opraviti nadaljnja testiranja.

Ključne besede: ionska tekočina, mazalne lastnosti, hidravlični sistem

■ 1 Ionske tekočine kot hidravlične tekočine

Medtem ko je bilo raziskav o možnosti uporabe ionskih tekočin za mazanje doslej že kar precej in bodo omenjene v točki 2, pa so bile doslej le redke raziskave, v katerih so proučevali možnosti uporabe ionskih tekočin v hidravličnih napravah. Poleg dobrih mazalnih lastnosti morajo ionske tekočine kot medij, primeren za uporabo v visokotlačnem hidravličnem sistemu, imeti tudi druge dobre lastnosti. Za široko komercialno uporabo morajo izpolnjevati številne posebne zahteve, na primer, da nimajo negativnega vpliva na zdravje ljudi, dobro termično in kemijsko stabil-

nost, nizko korozivnost na običajno uporabljane materiale industrijskih sestavin. Za uporabo v visokotlačnih aplikacijah morajo imeti nizko stisljivost in prilagodljivo topnost plinov. Kemijska in termična stabilnost ter nevnetljivost so ključne zahteve za obratovalne tekočine v procesnih napravah na splošno in še posebej v visokotlačnih hidravličnih strojih. Uporaba ionskih tekočin ima velik potencial, saj se štejejo za dokaj stabilne v širokem tekočem območju, kar je zelo pomembno za uporabo v visokotlačnih hidravličnih sistemih, ki obratujejo v različnih temperaturnih območjih. Zaradi tega so že bile uporabljene kot tekočine za prenos toplote v toplotnih izmenjevalnikih (ki so tudi del hidravlične pogonske enote). Z dinamičnega vidika hidravličnega sistema z vgrajeno ionsko tekočino je potrebno posebno pozornost nameniti stisljivosti uporabljene tekočine. Nizka stisljivost omogoča visok izkoristek in boljše odzive visokotlačne naprave. Na splošno veljajo ionske

tekočine za zelo nestisljiv medij -- stisljivost je nižja od standardnega hidravličnega mineralnega olja in celo nižja od vode ($5 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$). To pomeni, da so ionske tekočine zelo zanimive za hidravlične aplikacije, kot so membranska črpalka ali daljniki impulzov, ki se uporabljajo pri testih utrujanja materiala zaradi utripajočih obremenitev [1].

■ 2 Ionske tekočine kot napredna maziva

Ionske tekočine so zaradi številnih dobrih lastnosti, opisanih v številni literaturi, idealni kandidati za nova maziva, primerna za uporabo v težkih pogojih, kjer konvencionalna olja in masti ali trdna maziva odpovedo. Nekaj študij s tega področja je bilo doslej že opravljenih.

Izbira kationa in aniona v ionski tekočini ter oblikovanje stranskih verig iona določata osnovne lastnosti ionskih tekočin, kar omogoča kreiranje prilagojenih maziv in aditivov za maziva [2]. Prvič so bile

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. d., Ljubljana; mag. Roland Kalb, Proionic GmbH, Graz; izr. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., Fakulteta za strojništvo, Maribor

ionske tekočine kot zelo obetavna visoko zmogljiva maziva omenjene leta 2001 [3], v zadnjih letih pa so na področju tribologije vzbudile veliko zanimanje. Velika večina raziskovanih kationov na tem področju so derivati 1,3-dialkilimidazolja z višjo alkilno skupino na imidazolijevem kationu, kar omogoča dobre mazalne lastnosti, vendar znižuje termično in oksidacijsko stabilnost. Hidrofobni anioni omogočajo dobre mazalne lastnosti ter dobro termično in oksidacijsko stabilnost [4].

Tribološke raziskave z večinoma ohrabrujočimi rezultati so zajemale naslednje pare materialov: aluminij-jeklo, jeklo-jeklo, jeklo-baker, jeklo-SiO₂, Si₃N₄-SiO₂. Med lahkimi zlitinami so največkrat proučevali kombinacijo jeklo-aluminij, predvsem zaradi široke uporabnosti v drsnih kontaktih, še zlasti v avtomobilski industriji. Te in ostale raziskave so pokazale, da številne prednosti uporabe ionskih tekočin vključujejo:

- zmanjšanje parazitskih izgub energije zaradi zmanjšanja trenja,
- podaljšanje uporabne dobe in vzdrževalnih intervalov zaradi zmanjšanja obrabe,
- razširjeno visokotemperaturno območje uporabe maziv zaradi visoke termične stabilnosti,
- varnejši prevoz in skladiščenje zaradi nevetljivosti.

Dodatno ionske tekočine ne izpavajo kot večina ostalih tekočin, kar je še eden od razlogov za lepe obete glede njihove uporabe kot maziva. Študije so zajemale tako uporabo 100 % ionskih tekočin kot tudi uporabo ionskih tekočin kot aditivov. Nerazredčene ionske tekočine omogočajo večje znižanje trenja, medtem ko nizek delež ionskih tekočin v obliki aditiva na površini lahko tvori dovolj stabilne sloje, ki prav tako učinkovito zmanjšujejo obrabo [5]. Alkilimidazolij tetrafluoroborati so obetavna maziva za stike jeklo-jeklo, jeklo-aluminij, jeklo-baker, jeklo-SiO₂, Si₃N₄/SiO₂, jeklo-Si(100), jeklo-sialon keramika in Si₃N₄/sialon keramika. Pokazalo se je, da odlično zmanjšujejo trenje,

imajo sposobnost zaščite pred obrabo in visoko nosilnost [6].

Raziskovali so tudi uporabnost nekaterih ionskih tekočin za mazanje stikov jeklo-aluminij pri nizkih in visokih temperaturah (-30 °C, 100 °C in 200 °C). Mazalne lastnosti so odvisne od termične stabilnosti, polarosti molekul, njihove sposobnosti tvorjenja urejenih adsorbiranih slojev in tribokorozijskih procesov v kontaktu. Konvencionalna maziva zaradi termične razgradnje odpovejo pri temperaturah nad 150 °C, daljše alkilne verige 1-heksil, 3-metilimidazolij tetrafluoroborator pa zagotavljajo učinkovito ločevanje površin pri vseh temperaturah. Pri -30 °C se pojavita večje trenje in obraba le ob prisotnosti vode, in sicer zaradi intenzivne abrazije [7].

Da bi našli primerno ionsko tekočino za uporabo v pogojih, kot so na primer visok vakuum, ekstremne temperature in visoki tlaki, je potrebno testirati veliko število ionskih tekočin pri različnih pogojih. Doslej so pri testiranjih pogosteje uporabljali reaktivne ionske tekočine kot aditiv, nerazredčene pa zaradi nevarnosti tribokorozije (predvsem v primeru ionskih tekočin z vsebnostjo fluora) redkeje. Sinergijski učinek in dolgoročno stabilnost teh zmesi je potrebno še raziskati [2].

Nekatere ionske tekočine so primerne tudi kot odlično mazivo v vakuumu. Trenutno uporabljana maziva v vesoljski tehniki temeljijo večinoma na super rafiniranih mineralnih oljih, polioli estrih, perfluoropolietrih (PFPE) in alkiliranih ciklopentanih. Njihova slabost je omejena uporabna doba v vakuumu, na primer katalitična degradacija PFPE na kovinskih površinah, visok parni tlak mineralnih olj pri visokih temperaturah, prekinjanje tankega filma pri alkiliranih ciklopentanih. Ugotovili so, da so alkilimidazolij tetrafluoroborati pri testiranju trenja in obrabe parov jeklo-jeklo na zraku in v vakuumu (1•10⁻³ Pa) boljše maziva od omenjenih. Pri trenju ionske tekočine tvorijo zaščitni film, sestavljen pretežno iz FeF₂ in B₂O₃, ki prispeva k nižjemu trenju in obrabi [8].

■ 2.1 Trenutno stanje razvoja ionskih tekočin kot maziv

Ionske tekočine z vsebnostjo halogenov kot maziva niso uporabne zaradi korozije, toksikoloških pomislekov in slabe hidrolitske stabilnosti. Nehalogenirane ionske tekočine z vsebnostjo fosforjevih ionov imajo prednost pred ostalimi, še zlasti kadar je fosfor prisoten tako v anionu kot v kationu. Fosfonijevi kationi so bolj stabilni kot amonijevi in imidazolijevi. Tri-heksil (tetradakil) fosfonijevi borati imajo obetavne lastnosti, a (pre)visoke viskoznosti. Ionske tekočine lahko uporabimo tudi kot aditiv v konvencionalnih oljih. Molekularni aditivi, kot trikrezil fosfat ali lauril poliglikol (3EO) eter fosfat, lahko izboljšajo tribološke lastnosti ionskih tekočin, prav tako tudi specialne ionske tekočine na osnovi dialkil tiofosfata ali na osnovi polimerov, kot so imidazolijevi in amonijevi polistiren sulfonati.

Kljub zelo hitremu naraščanju strokovnih prispevkov s področja ionskih tekočin pa v splošnem ne obstaja literatura, ki ne bi zajemala le posameznih lastnosti, temveč večino vidikov uporabljenih maziv, na primer obrabo, trenje, točko zavaritve, penjenje, ločevanje plinov, korozijo v tankem in debelem filmu, površinsko napetost, omočenje, termično stabilnost, kemijsko stabilnost, strižno stabilnost, reologijo, indeks viskoznosti, lastnosti pri visokih obremenitvah, plamenišče, specifično toplotno kapaciteto, toplotno prevodnost itd.

■ 3 Meritve mazalnih lastnosti

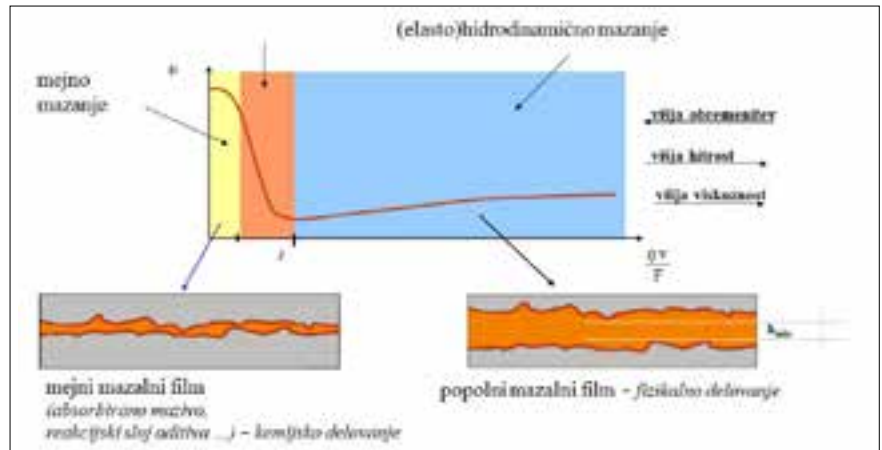
■ 3.1 Meritve Stribeckove krivulje

Večina triboloških sistemov vključuje mazivo, ki zmanjšuje trenje in obrabo. Kadar želimo predstaviti kvaliteto mazanja, to najlažje storimo s tako imenovano Stribeckovo krivuljo (*slika 1*), ki predstavlja koeficient trenja v odvisnosti od Stribeckovega parametra, ki vključuje viskoznost, relativno hitrost površin in obremenitev.

V osnovi se kvaliteta mazanja izboljšuje, ko se po horizontalni osi Stribeckove krivulje pomikamo desno. Kombinacija nizke hitrosti, nizke viskoznosti in visoke obremenitve bo povzročila mejno mazanje, za katero je značilna majhna količina maziva v prostoru med površinama in velika površina neposrednega kontakta.

Na Stribeckovi krivulji vidimo, da se to odraža z zelo visokim trenjem. V triboloških sistemih mejno mazanje nastopa ob zagonih in zaustavitvah. V tem območju mazivo deluje predvsem kemijsko in ima zelo velik vpliv. Z naraščanjem hitrosti in viskoznosti ali zmanjševanjem obremenitve postopno prihaja do ločevanja obeh površin in tvorjenja mazalnega filma, ki je sicer tanek in nepopoln, vendar že izboljša kvaliteto mazanja, kar se odraža s strmim zmanjševanjem koeficienta trenja. To območje imenujemo mešano mazanje. Ločevanje površin z naraščanjem hitrosti in viskoznosti ter zmanjševanjem obremenitve se nadaljuje, dokler se ne ustvari popoln mazalni film brez neposrednih kontaktov površin, zato se trenje zmanjša na minimum in preidemo v območje hidrodinamičnega mazanja, v katerem obrabe praktično ni. Mazivo v tem območju deluje predvsem fizikalno.

Meritev Stribeckove krivulje za mineralno hidravlično olje Hydrolubric VG 46 in ionski tekočini IL-17PI045 ter EMIM-EtSO₄ nam je opravil laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo (TINT) na Fa-



Slika 1. Stribeckova krivulja in vplivne veličine na kvaliteto mazanja

kulteti za strojništvo v Ljubljani. Za ta namen je bila uporabljena naprava MTM (Mini Traction Machine).

MTM je naprava za merjenje trenja in debeline mazalnega filma s konfiguracijo kroglica-disk. Shema naprave prikazuje *slika 2*. Kroglica premera 19,05 mm (3/4 inča) s hrapavostjo Ra < 0,02 μm in trdoto 800 HV-920 HV pod obremenitvijo nalega na disk premera 46 mm s hrapavostjo Ra < 0,01 μm in trdoto 720 HV-780 HV. Oba sta iz enakega materiala DIN 100Cr6. Disk je v celoti potopljen v preizkušano tekočino, katere količina znaša približno 35 ml. Kroglica in disk sta gnana neodvisno drug od drugega, tako da se preizkus lahko izvaja z različnim razmerjem kotaljenje-dršenje. Torna sila med kroglico in diskom se meri s pretvornikom sile.

Pri Stribeckovem testu smo spreminjali hitrost pri konstantnem razmer-

ju drsenje-kotaljenje. Hitrost smo v 20 logaritemskih korakih zmanjševali od 2 m/s do 0,01 m/s pri razmerju drsenje-kotaljenje 50 %. S tem smo dosegli različne režime mazanja. Pritisna sila je znašala 35 N, kar pri dani geometriji kroglice in diska daje Herzev kontaktni tlak 1 GPa.

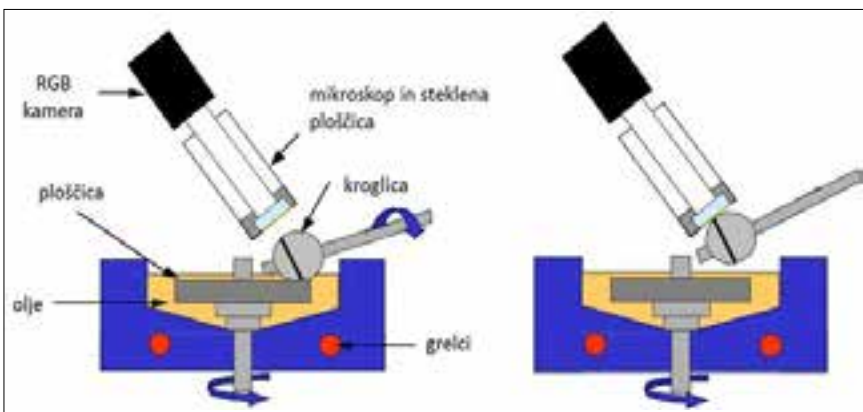
Razmerje drsenje-kotaljenje (Slide-to-Roll Ratio) je definirano z enačbo (1). Pri tem za posamezno razmerje naprava pri meritvi enkrat vrti hitreje disk, drugič pa hitreje kroglico.

$$SRR = \frac{U_{slid}}{U_{av}} = \frac{|U_{ball} - U_{pl}|}{(U_{ball} + U_{pl})/2} \cdot 100 \quad (1)$$

V enačbi 1 predstavlja U_{slid} [m/s] hitrost drsenja kroglice in diska, U_{av} [m/s] srednjo hitrost drsenja kroglice in diska, U_{ball} [m/s] hitrost kroglice in U_{pl} [m/s] hitrost diska.

3.2 Določanje točke zavaritve in premera obrabne kalote, IP 239-85

Mazalne lastnosti hidravličnih tekočin lahko merimo z določanjem točke zavaritve in obrabnim testom po standardiziranem postopku (npr. IP 239-85). Metoda temelji na obremenjevanju štirih standardiziranih jeklenih kroglic premera 12,7 mm. Zgornja rotirajoča kroglica drsi po spodnjih treh fiksnih kroglicah pri konstantni obremenitvi in s konstantno hitrostjo vrtenja 1440 min⁻¹ (*slika 3, levo*). Na istem aparatu lahko



Slika 2. MTM naprava: med testom (levo), fotografiranje kontaktne površine (desno)

opravljamo meritev točke zavaritve in obrabni test pri mazalnih oljih, emulzijah in masteh.

Točko zavaritve merimo pri določeni obremenitvi oz. pritisku zgornje kroglice v času 10 sekund. Zgornja jeklena kroglica rotira in s testno obremenitvijo pritiska ob spodnje tri nepremične kroglice, ki so potopljene v tekočino, ki jo testiramo. Rezultat meritve podajamo v kg in ga predstavljata dve števili (npr. 140/160). Prvo število podaja največjo obremenitev, pri kateri v času testa (10 s) ni prišlo do zavaritve kroglic. Drugo število podaja najmanjšo obremenitev, pri kateri je v času testa prišlo do popolne zavaritve jeklenih kroglic oziroma avtomatske izključitve naprave.

Obrabni test poteka mnogo dlje, in sicer 60 min ± 1 min, pri konstantni temperaturi in obremenitvi, ki pa sta odvisni od testirane hidravlične tekočine. Obraba kroglice je odvisna od obremenitve, hitrosti, časa trajanja poskusa in od lastnosti maziva, ki ga testiramo. Ker so vsi parametri, razen lastnosti maziva, konstantni, je rezultat oz. obraba kroglic odvisna le od mazalnih lastnosti testirane tekočine. Po končanem poskusu dobimo rezultat obrabnega testa s pomočjo meritve obrabe spodnjih treh jeklenih kroglic pod mikroskopom, kjer izmerimo premere obrabnih kotanj na treh nepremičnih kroglicah. Velikost obrabe je definirana kot srednji premer obrabe kroglic v znanih pogojih.

Analizi (določevanje točke zavaritve in obrabni test) smo izvajali po standardiziranem postopku IP 239 s štirikrogelnim aparatom Hansa Press, ki ga prikazuje slika 3 (desno).

■ 4 Rezultati

Mazalne lastnosti smo določali s standardno testno metodo IP 239/85, opisano v točki 3.2. S to metodo določamo:

- premer obrabne kalote (test obrabe, kjer so kroglice obremenjene 60 minut pri temperaturi 75 °C),
- točko zavaritve.



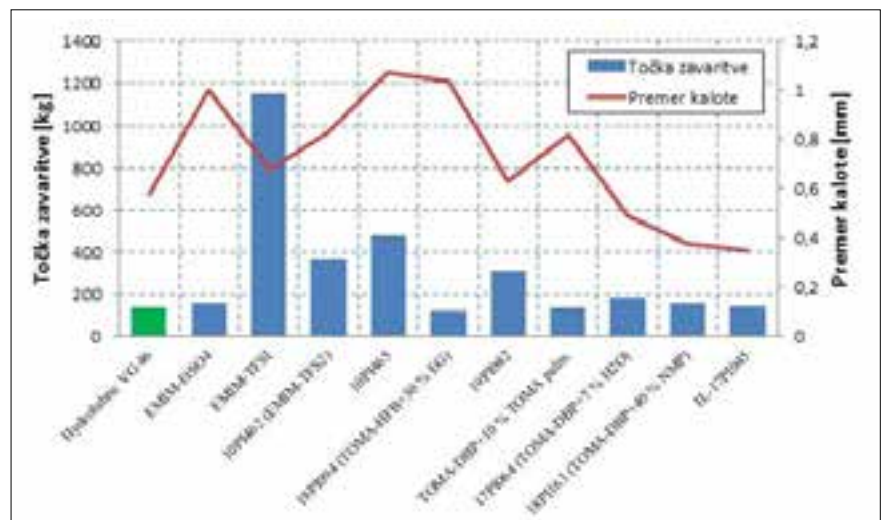
Slika 3. a), b) Princip meritve točke zavaritve, c) štirikrogelni aparat Hansa

Mazalne lastnosti nekaterih vzorcev ionskih tekočin so bistveno boljše kot pri mineralnem olju. Slika 4 prikazuje primerjavo točke zavaritve in premera obrabne kalote različnih ionskih tekočin v primerjavi z najpogosteje uporabljanim hidravličnim oljem na mineralni osnovi ISO VG 46.

Nekateri vzorci imajo izredno visoko točko zavaritve, tako na primer EMIM-TFSI kar 1150 kg, kar nakazuje na izjemne lastnosti pri visokih tlakih (Extreme Pressure – EP-lastnosti), vendar pa je zanimivo premer obrabne kalote celo večji kot pri mineralnem olju, kar pomeni,

da so protiobrabne lastnosti (tako imenovane lastnosti Anti-Wear – AW) slabše. Ker so pri hidravličnih oljih pomembnejše lastnosti AW, bi bila ta tekočina potencialno bolj primerna za uporabo v zobniških prenosnikih, morda tudi kot hladilno mazalna tekočina pri obdelavi kovin. Pri ostalih tekočinah z visoko točko zavaritve je omejitev predvsem slaba zaščita pred korozijo ob prisotnosti vlage ali pa neprimerna viskoznost za uporabo v hidravličnih sistemih.

Opravili smo dodatne meritve Striebeckove krivulje za mineralno hi-



Slika 4. Mazalne lastnosti ionskih tekočin v primerjavi z mineralnim oljem

dravlično olje Hydrolubric VG 46 in ionski tekočini IL 17PI045 in EMIM-EtSO₄. Izmerjene Stribeckove krivulje za vse tri tekočine pri sobni temperaturi T₀ in pri 60 °C prikazuje slika 5.

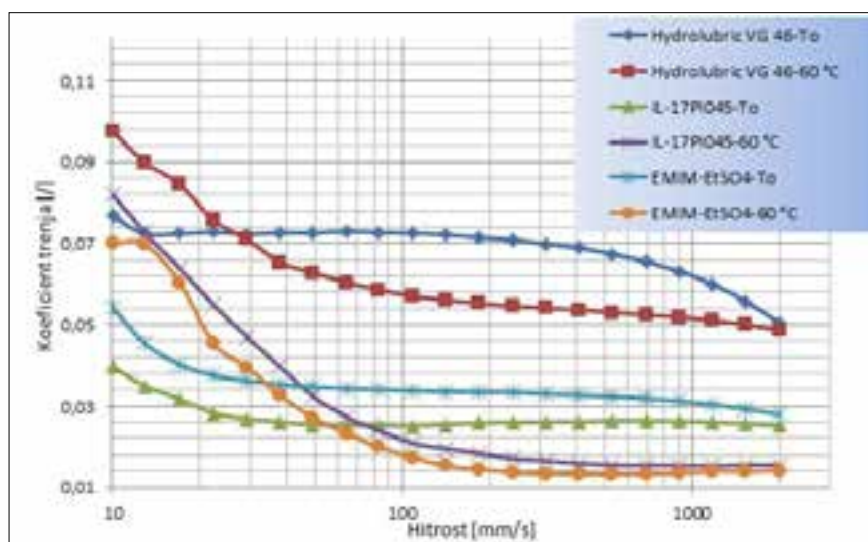
Vidimo, da je koeficient trenja mineralnega hidravličnega olja v celotnem območju bistveno višji kot pri obeh ionskih tekočinah. Ionski tekočini imata zelo podoben koeficient trenja v celotnem območju, pri čemer ima IL-17PI045 nekoliko nižjega pri sobni temperaturi, EMIM-EtSO₄ pa pri 60 °C. Pri vseh treh tekočinah je razlika med najnižjo in najvišjo izmerjeno vrednostjo veliko večja pri 60 °C kot pa pri sobni temperaturi. Prav tako je pri višji temperaturi koeficient trenja v področju mejnega in mešanega mazanja višji, v območju elastohidrodinamičnega mazanja pa nižji. Razlog je verjetno manjša debelina mazalnega filma pri višji temperaturi, ki ima za posledico več neposrednih kontaktov površine kroglice in diska v področju mejnega in mešanega mazanja.

Lahko zaključimo, da so mazalne lastnosti obeh ionskih tekočin s stališča koeficienta trenja bistveno boljše kot pri mineralnem hidravličnem olju.

5 Zaključek

Mazalne lastnosti hidravlične tekočine so v sodobnih hidravličnih sistemih zaradi naraščajočih tlakov zelo pomembne, saj omogočajo dolgo uporabno dobo hidravličnih sestavin. Nekatere ionske tekočine so se izkazale z izjemnimi mazalnimi lastnostmi pri visokih tlakih, vendar so njihove lastnosti pri nižjih obremenitvah slabše. Z meritvami točke zavaritve in premera obrabne kalote na štirikrogelnem aparatu in koeficienta trenja (Stribeckove krivulje) smo ugotovili, da imata IL-17PI045 in EMIM-EtSO₄ boljše mazalne lastnosti kot mineralno hidravlično olje.

Pri naših raziskavah se je pokazalo, da ima ionska tekočina IL-17PI045 največ lastnosti v območju mineralnih hidravličnih olj, in sicer visko-



Slika 5. Izmerjene Stribeckove krivulje

znost, indeks viskoznosti, sposobnost zaščite pred korozijo, dobre lastnosti penjenja in združljivost s sestavinami hidravličnega sistema (vse navedeno v tem prispevku ni opisano), mazalne lastnosti (višja točka zavaritve, manjši premer obrabne kalote, nižji koeficient trenja) pa so celo boljše kot pri mineralnem hidravličnem olju (sliki 4 in 5). Največje pomanjkljivosti te ionske tekočine so nizko vrelišče in plamenišče, kar je posledica vsebnosti topila in nezdržljivost z običajnimi barvnimi premazi rezervoarjev za olje, kar pomeni da ti pri praktični uporabi ne smejo biti lakirani.

Kljub nekaterim izrednim posebnim lastnostim je zelo težko poiskati ionsko tekočino, ki bi združevala večino dobrih lastnosti, pomembnih za uporabo v hidravličnih sistemih. Pri našem delu smo največ aktivnosti usmerili v iskanje možnih alternativ danes najpogosteje uporabljeni hidravlični tekočini, to je mineralno olje.

Kot potencialni hidravlični tekočini sta se tako najboljše izkazali ionski tekočini IL-17PI045 in EMIM-EtSO₄.

Literatura

[1] Lovrec Darko. Possible use of ionic liquids as a technical fluid. V: Kudlaček Jan (ur.), Pepelnjak Tomaž (ur.). International Conference on Innovative Technologies: proceedings IN-TECH

2011, 01.–03.september 2011, Bratislava, Slovakia, 2011, str. 100–103.

- [2] Pensado A.S., Comunas M. J. P., Fernandez J. The pressure-viscosity coefficient of several ionic liquids, *Tribology Letters* (2008), vol. 31, no. 2, str. 107–118.
- [3] Feng Zhou, Yongmin Liang, Weimin Liu. Ionic liquid lubricants: designed chemistry for engineering applications. *Chemical Society Reviews* (2009), vol. 9, no. 38, str. 2590–2599.
- [4] Minami Ichiro. Ionic liquids in tribology. *Molecules* (2009), vol. 14, str. 2286–2305.
- [5] Van Rensselaar Jean. Unleashing the potential of ionic liquids. *Tribology & Lubrication technology* (2010), vol. 66, no. 4, str. 24–31.
- [6] Chengfeng Ye, Weimin Liu, Yunxia Chen, Laigui Yu. Room-temperature ionic liquids: a novel versatile lubricant. *Chemical Communications* (2001), vol. 21, str. 2244–2245.
- [7] Jimenez Ana-Eva, Bermúdez María-Dolores. Ionic liquids as lubricants for steel aluminium contacts at low and elevated temperature. *Tribology Letters* (2007), vol. 26, str. 53–60.
- [8] Weimin Liu, Chengfeng Ye, Qingye Gong, Haizhong Wang, Peng Wang. Tribological performance of room-temperature ionic liquids as lubricant. *Tribology Letters* (2002), vol. 13, no. 2, str. 81–85.

Lubricating properties of ionic liquids-hydraulic liquids/ionic liquids for hydraulic systems

Abstract: PIn modern hydraulic systems, the hydraulic liquid lubricating properties are very important because of increasing pressures as they guarantee a long lifetime of hydraulic components.

The aim of this work was to discover, from amongst a virtually unlimited number of different ionic liquids, an ionic liquid suitable for use with hydraulic equipment, and to suggest future alternatives to today's commonly used hydraulic fluids. The lubricating properties of ionic liquids are considered in detail for that reason.

Keywords: ionic liquid, lubricating properties, hydraulic systems



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

t: 01 620 34 03
f: 01 620 34 09
e: info@tp-lj.si
www.tp-lj.si

Tehnološki park Ljubljana d.o.o.
Tehnološki park 19
SI-1000 Ljubljana

Mednarodna konferenca o tesnjenju 2016

19th International Sealing Conference Stuttgart 2016

– 19th ISC – 19. mednarodna konferenca o tesnjenju bo 12. in 13. oktobra na Univerzi v Stuttgartu v organizaciji VDMA – skupina za fluidno tehniko, pod vodstvom prof. dr. ing. habil. Wernerja Haasa (haas@ima.uni-stuttgart.de) z Inštituta za strojne elemente.

Niti osebni avto, hidravlični valj, pametni telefon ali procesor za hrano – noben tehnični izdelek ne deluje brez tesnil.

Da bi tehnični izdelki postali bolj učinkoviti, tudi tesnilni sistemi postajajo zahtevnejši. Biti morajo energijsko bolj učinkoviti, trajnejši in zanesljivejši, kar ni mogoče brez inovativne tehnologije tesnjenja.

Zato bo moto konference 2016:

Tehnologija tesnjenja – nujno potrebna!

Namen konference je predstaviti dosežke raziskav, rezultate razvoja in izkušnje uporabnikov ter izmenjati te izkušnje med vsemi zainteresiranimi udeleženci.

Vsi zainteresirani za predstavitev lahko dobijo navodila pod naslovom »Call for Papers« na spletnem naslovu www.sealing-conference.com ali na tiskani verziji na naslovu christian.geis@vdma.org.

Povzetki v nemškem ali angleškem jeziku morajo biti posredovani do 26. februarja 2016.

Na 19. ISC bodo obravnavane naslednje teme:

- statična tesnila,
- rotacijska gredna tesnila,
- sem-in-tjakajšnja tesnila (hidravlika in pnevmatika),
- osnove tehnologije tesnjenja,
- mehanska tesnila,
- materiali in površine,
- shranjevanje energije, trenje, obraba,
- simulacije,
- standardizacija, patenti, zakonodaja, postopki preskušanja,
- uporaba in izkušnje.

Ob konferenci se načrtuje priložnostna razstava.

Informacije:

Fachverband Fluidtechnik im VDMA
19th ISC

Dr. Christian Geis
Postfach 71 08 64
60 498 Frankfurt am Main, BDR
Tel.: +49 (0) 69 66 03-13 18
Faks: +49 (0) 69 6603-23 18
e-pošta: christian.geis@vdma.org

Vir: Press release VDMA, Postfach 710864, 60498 Frankfurt am Main, BRD