

TRIBOLOŠKI TESTI S HIDRAVLIČNIMI ČRPALKAMI OB KONSTANTNI OBREMENITVI

Darko Lovrec, Vito Tič

Izveček:

Ena od najpomembnejših nalog hidravlične tekočine je zagotavljanje ustreznih mazalnih lastnosti v celotni obratovalni dobi hidravličnega sistema. Manjša obraba komponente in ohranjanje njene učinkovitosti sta zato primarni nalogi tako proizvajalcev hidravlične tekočine kot proizvajalcev komponent. Neustrezne lastnosti hidravlične tekočine v veliki meri vplivajo na degradacijo komponent in zanesljivost delovanja celotne naprave. V ta namen je bilo razvitih veliko testov, med katerimi imajo pomembno vlogo testi s hidravličnimi tekočinami.

Prispevek podaja pregled različnih testov za testiranje triboloških lastnosti hidravličnih tekočin, pri čemer so uporabljene hidravlične črpalke konstantne iztisljivosti, praviloma obremenjene s konstantnim tlakom. Poudarek je na študiji osnovnih značilnosti tovrstnih testov, vključujoč vrsto uporabljene črpalke, predstavljeni so osnovni obratovalni pogoji posameznega testa, velikost instalirane moči testne naprave, obseg potrebne opreme za izvedbo testa ter količina testirane tekočine.

Ključne besede:

hidravlične tekočine, mazalne lastnosti, testi s črpalkami, konstantna iztisljivost, konstantna obremenitev

1 Uvod

Testiranje mazalnih sposobnosti tekočih maziv, npr. hidravličnih tekočin, poteka na različne načine, po različnih pristopih in metodah oz. testih. [1], [2], [3] Tovrstne teste lahko razdelimo v skupine glede na to, kaj nas zanima. Ali so to fizikalno-kemijske lastnosti tekočine, predvsem tiste, ki so povezane z mazalnimi lastnostmi (npr. viskoznost tekočine, indeks viskoznosti, vrsta tekočine in njena kemijska sestava, vrste dodatkov ... pa tudi vsebnost vode, nagnjenost k penjenju ...)? Ali nas bolj zanimajo mazalne lastnosti tekočine v kombinaciji z različnimi materiali ali komponentami? Ali pa sta morda bolj v ospredju vzdržljivost same tekočine in njena uporabna doba, vključujoč vplive različnih obratovalnih parametrov in pogojev ter učinek na degradacijo hidravlične komponente. [4], [5]

Omenjene vrste testov bi lahko razdelili tudi glede na vrsto in način izvedbe. Ali gre za teste, pri katerih je v ospredju termično obremenjevanje tekočine, npr. RPVOT, TOST in podobni testi [6], ali pa gre za teste, pri katerih uporabljamo različne mehanske

priprave, t. i. mehanski testi (4-krogelni aparat, Bruggen test, Reichertov test, Falexov test, Timkenov test, FZG-test, merjenje Stribeckove krivulje ... in številni bolj ali manj podobni testi, ki jih uporabljajo na raziskovalnih inštitutih, ki se ukvarjajo s to tematiko). [1], [7]

S temi testi se želimo čim bolj približati razmeram, ki se pojavljajo v sami komponenti med njenim obratovanjem, npr. trenje krilca ob tekalno ploskev krilne črpalke, razmere pri ubiranju dveh zob zobniške črpalke ali zobniškega prenosnika, trenje in vrste obrabe pri translatorskem gibanju bata batne črpalke, pojavi na krmilnem robu potnega ventila ali na sedežu in zapiralu sedežnega ventila ... Končni namen teh testov je reproducirati mehanizme obrabe, kakršni se pojavljajo v določeni komponenti, in na osnovi teh podatki izjave o učinkovitosti uporabljane tekočine.

Običajno se vsi omenjeni laboratorijski testi uporabljajo bolj ali manj za primerjalno testiranje lastnosti deloma različnih maziv, a z bolj ali manj znanimi in podobnimi lastnostmi, v kombinaciji z bolj ali manj znanimi materiali. Večji problem se pojavi v primeru, ko gre za testiranje povsem nove vrste tekočine oz. maziva. [8] Pri novih tekočinah, katerih lastnosti še ne poznamo dovolj podrobno in tudi še nimamo ustreznih izkušenj s področja realne uporabe, pa je smiselno pred obsežnejšimi raziskavami mazalnih lastnosti na večjih preskuševališčih testirati vsaj nji-

Prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., **doc. dr. Vito Tič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

hove osnovne fizikalno-kemijske lastnosti, kot so npr. nagnjenost h koroziji, združljivost z materiali ... Šele nato je smiselna uporaba obsežnejših in dražjih triboloških testov, s katerimi dobro poustvarimo realne razmere med obratovanjem. To je pomembno še zlasti v primerih, ko želimo novo tekočino testirati v realnih pogojih uporabe, ob uporabi realnih komponent.

V primerih, ko gre za znano in običajno uporabljano hidravlično tekočino ali modificirano tekočino (npr. drugo bazno olje, drugi paket aditivov ...), so v uporabi predvsem testi, ki predvidevajo uporabo realnih hidravličnih komponent, običajno hidravličnih črpalk, kot vedno delujoče (in tudi najbolj obremenjene) komponente hidravličnega sistema. Testi, ki bazirajo na testiranju hidravličnih črpalk, so zelo različni. Potekajo pod različnimi pogoji, uporabljene sta različno velika količina testirane tekočine in različna vrsta črpalk, testi potekajo različno dolgo. Tudi način obremenjevanja črpalke je lahko različen – ali je črpalka med testom obremenjena s konstantnim tlakom ali pa se ta spreminja. Razen tega pa so glede na porabo moči energetsko bolj ali manj potratni in glede na uporabljeno opremo bolj ali manj dragi. Osnovne značilnosti najbolj uveljavljenih testov s črpalkami bodo predstavljene v sledečih poglavjih. V ospredju obravnave bodo testi, pri katerih so uporabljene črpalke s konstantno iztisinno, praviloma obremenjene s konstantnim tlakom.

2 Testi s hidravličnimi črpalkami – splošno

Čeprav so omenjeni laboratorijski mehanski testi na testnih napravah ponovljivi, pa v večini primerov ne zagotavljajo ustrezne korelacije s celovitim dogajanjem v notranjosti hidravlične črpalke kot zapletenega tribološkega sistema, delujočega v realnih ali celo zaostrenih razmerah. Po tem merilu noben od omenjenih testov ni ustrezen za celovito izjavo o obnašanju določene hidravlične tekočine v določeni črpalki in določenih pogojih.

Prav tako je pomembno prepoznati različne oblike obrabe, ki se lahko pojavijo pri delovanju črpalke. Nekatere od teh vključujejo poznavanje mehanizmov nastanka obrabe komponente: ali gre za abrazijo, adhezijo, erozijo, kavitacijo, korozijo ali pa kakšen drug vzrok.

Z laboratorijskimi testi, npr. hidravličnih tekočin pod atmosferskim tlakom, je težko natančno modelirati oz. ponazoriti pogoje, vezane na tlak in pretok, kakršna se pojavljata med obratovanjem hidravličnih črpalk. Tako npr. ni mogoče opaziti pojava obrabe ali poškodb zaradi kavitacije. Tudi korozivni procesi ali procesi utrujanja materiala zaradi kotalnega kontakta se porajajo dalj časa, zato ti testi potekajo nekaj deset ur, dni ali celo mesecev. Pri kratkotrajnih testih za njihov nastan-

ek enostavno ni dovolj časa, tudi ne ob zaostrenih ali pospešenih pogojih preskušanja (večinoma pa tudi temu niso namenjeni). Poleg tega lahko pogoje pospešene obrabe tudi spremlja sprememba mehanizma obrabe, npr. od napake zaradi abrazije do adhezije. [1]

Pojavljajo se še številni drugi pomisleki ali vprašanja. Tako je npr.:

- ▶ potrebno poznati spreminjanje lastnosti tekočine v širokem razponu obratovalnih pogojev,
- ▶ potrebno upoštevati, da so materiali preskušancev enaki ali enakovredni tistim v dejanski komponenti; enako velja za kombinacije materialov,
- ▶ za uspešno ovrednotenje obrabnih lastnosti hidravličnih tekočin potrebno/smiselno opraviti preskus obrabe v hidravlični črpalki,
- ▶ potrebno določiti pogoje preskušanja, ki zagotavljajo podobne razmere kot med obratovanjem ...

Vsi naštetni in tudi ostali številni razlogi so vzrok za izvajanje testov z realnimi hidravličnimi črpalkami, na realnih hidravličnih sistemih in v realnih obratovalnih pogojih. Ti testi vključujejo in omogočajo:

- ▶ primerjavo razlik v zmogljivostih opreme,
- ▶ pridobitev realnih spoznanj (in izkušenj) z novimi tekočinami,
- ▶ pridobitev primerjalnih podatkov o mazalnih lastnostih različnih vrst hidravličnih tekočin, različnih proizvajalcev in različnih vrst hidravličnih črpalk ...

Razen omenjenega pa proces degradacije črpalke in posledične okvare običajno spremljajo povečan hrup, sprememba profila hrupa, vibracije in seveda postopno zmanjševanje volumetrične učinkovitosti. Poznavanje teh vrednosti, še posebej pa potek njihovega spreminjanja, nam kasneje pri industrijskem obratovanju omogoča presojo o trenutnem stanju črpalke in njeni preostali uporabni dobi. Zato je med potekom preizkusa s črpalko za določitev stopnje degradacije in njenega vzroka potrebno določiti obseg tistih veličin, ki jih bomo podrobneje spremljali. Preskušanje naj se izvaja v približno enakih okoljskih pogojih kot pri dejanski uporabi: temperaturni pogoji, prisotnost kontaminacije, prisotnost vode oz. vlage, različne vrste kovin, izmenično spreminjanje tlaka ... V določenih primerih lahko poteka testiranje tudi pri poostrenih obratovalnih pogojih, kot npr. povišana temperatura, pulzirajoča sprememba tlaka, višje cirkulacijsko število ...

3 Pomembnejši testi s hidravličnimi črpalkami konstantne iztisinne

Ena od metod za ocenjevanje mazalnih lastnosti hidravlične tekočine je izvedba testiranja s hidravlič-

no črpalko v realnih obratovalnih pogojih. Na prvi pogled je to neprimerno in nepraktično glede na to, koliko različnih vrst črpalk poznamo in koliko različnih vrst hidravličnih tekočin in njihovih formulacij uporabljamo. To postane še bolj zapleteno v primeru, ko gre za posodobitev znane vrste črpalke, tako v smislu konstrukcijske spremembe ali uporabe drugačnih materialov. K temu pa je potrebno dodati še možnost uporabe različne vrste hidravlične tekočine, ki lahko pri isti črpalki povzroči drugačen potek degradacije. Ta problem lahko poenostavimo z uporabo enega ali omejenega števila »standardnih« testov hidravličnih črpalk.

S »standardnim« testom pogosto ne razumemo dejansko standardiziranega testa, temveč določene preverjene in v praksi priporočene ter tudi uveljavljene testne procedure, ki jih uporabljajo posamezni proizvajalci črpalk, predvsem večji. Zato se določene testne procedure običajno tudi poimenujejo po njih. Ko pride do sprememb lastništva blagovne znamke, pogosto pri že uveljavljenem testu pride tudi do spremembe uporabljenih črpalk in dopolnitev pri poimenovanju testa. Pogosto ta test ni več isti, temveč primerljiv. Prav tako pa se z razvojem spreminja kvaliteta črpalk, uvajajo se nova spoznanja in materiali, pa tudi hidravlične tekočine niso več iste. Le določeni testi s hidravličnimi črpalkami so prerasli v standardne teste, npr. ASTM Vickersov test.

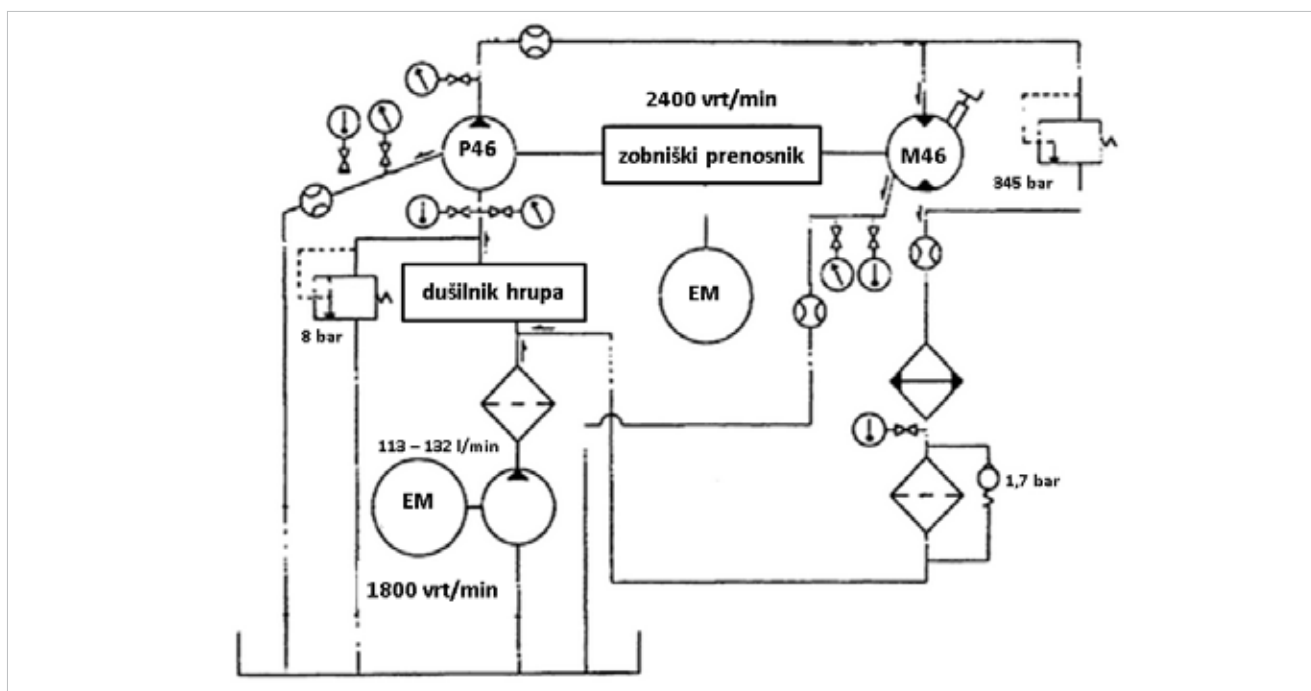
Vse omenjene in kasneje vpeljane spremembe glede vrste črpalke in uporabljane hidravlične tekočine že predstavljajo odklon od standarda. Prav tako se tudi spremembe na podlagi razvoja in pa zahteve uporabe spreminjajo veliko hitreje kot pa

sami standardi. V primeru testiranja ustreznosti hidravlične tekočine je dilem manj, saj uporabljamo za test običajno, znano uporabljeno črpalko. Se pa pojavi več dilem v obratni smeri – znana tekočina in nova črpalka.

Vsem uveljavljenim testom s črpalkami pa je skupno to, da gre najpogosteje za uporabo krilnih ali batnih črpalk. V primeru uporabe krilnih črpalk je tlak obremenjevanja črpalke običajno nižji, v primeru batnih črpalk pa (občutno) višji. Tlak je običajno konstantne vrednosti, lahko pa se tudi spreminja. V slednjem primeru gre za uporabo nastavljivih črpalk. V nadaljevanju bodo približje predstavljeni testi s konstantno črpalko in konstantnim tlakom obremenjevanja.

3.1 Testi z veliko količino hidravlične tekočine

Najbolj uveljavljeni testi s črpalkami se izvajajo z običajnimi industrijskimi črpalkami znanih proizvajalcev, npr. z Denisonovo črpalko, s Parkerjevo črpalko, z Eaton-Vickersovo krilno črpalko ali s Sundstrandovo (John Deerovo) batno črpalko ... in se praviloma po proizvajalcu tudi imenujejo. Kot hidravlična tekočina se najpogosteje uporablja mineralno hidravlično olje. Na področju stroke omenjeni testi veljajo kot najpomembnejši testi, izvajani s hidravličnimi črpalkami. V nadaljevanju bodo povzete osnovne značilnosti posameznih testov. Ostale podrobnosti o pogojih in poteku posameznega testa so na voljo, npr. v ASTM-standardih ali testnih procedurah posameznega proizvajalca.



Slika 1: Shema preskuševališča za izvedbo Denisonovega testa z batno črpalko P46 skladno s protokolom HF-0 [2]

Preglednica 1 : Denisonov test HF-0 s krilno črpalko - obratovalni pogoji [2]

Volumen tekočine	189 l
Temperatura	71 °C pri 60 urah testiranja 99 °C pri 40 urah testiranja
Trajanje testa	100 ur (cca. 4 dni)
Tlak	cca. 172 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 2400 vrt/min
Pretočna količina	265 l/min
Pogonska moč	90 kW

Z Denisonovim testom HF-0 ocenjujemo zmogljivost hidravlične tekočine na podlagi pretoka, usedlin in obrabe v aksialni batni črpalki Denison P46 in krilni črpalki Denison T5D. [8] Obe črpalke v okviru testa obratujeta 100 ur in se periodično (ob določenih urah testiranja) razstavita za pregled, ponovno sestavita in uporabita dalje. Denisonov HF-0 test strokovnjaki prepoznavajo kot celovit test, saj ocenjuje vse vidike hidravlične tekočine. Osnovni parametri testa so navedeni v tabeli 1. Testne črpalke Sundstrand in Eaton / Vickers so bile zasnovane za ugotavljanje trajnosti hidravlične tekočine.

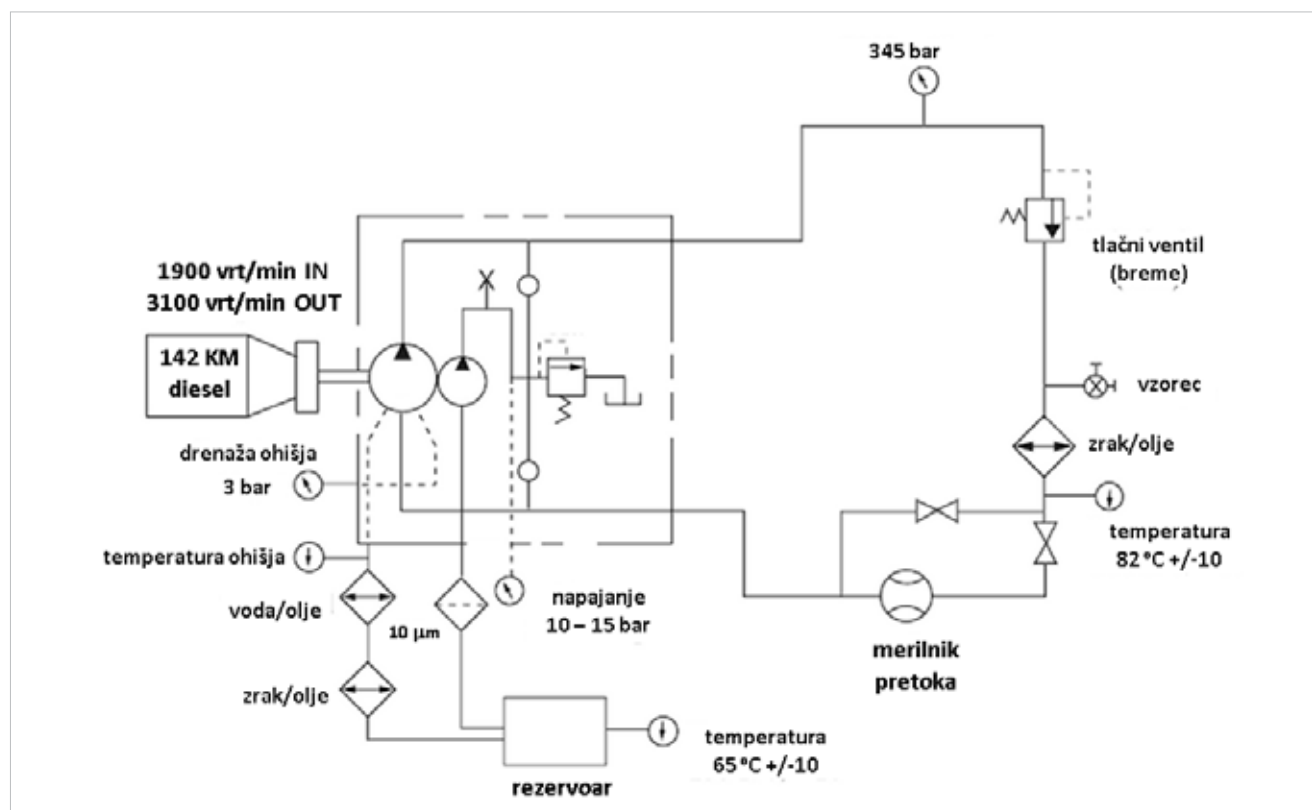
Shema testne naprave Denisonovega testa HF-0 za primer uporabe Denisonove batne črpalke P46, povezane s hidromotorjem, prikazuje slika 1.

Preglednica 2 : Sundstrandov test z batno črpalko serije 22 [2]

Volumen tekočine	45 l
Temperatura - standardna	82 °C (1 % vsebnost vode)
Temperatura - povišana	120 °C (brez vode)
Trajanje testa - standardno	225 ur (9 dni)
Trajanje testa - podaljšan	450 ur (19 dni)
Tlak	cca. 345 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 3100 vrt/min
Pretočna količina	95 l/min
Pogonska moč	64 kW

Sundstrandov test z batno črpalko serije 22 po prvotni standardni različici traja 225 ur v standardnih pogojih in z uporabo hidravličnega mineralnega olja z dodatki proti povečani obrabi. Drugi Sundstrandov, »podaljšan«, test je izveden v enakih pogojih, a je podaljšan na 450 ur. Osnovni parametri obeh Sundstrandovih testov so prikazani v tabeli 2. Vsi sestavni deli črpalke se po končanem testu pregledajo in vizualno ocenijo, pri čemer so v ospredju znaki obrabe in sprememba barve.

Standardni Sundstrandov test vključuje 1-odstotno kontaminacijo z vodo, da na ta način še dodatno obremeni hidravlično olje. Kljub dodani vodi v omejenem obsegu pri tem testu ni bilo dokazov o hidrolitičnih reakcijah, ki bi lahko povzročile nastanek usedlin. Kontaminacija z usedlinami namreč pov-



Slika 2 : Shema preskuševališča za izvedbo Sundstrandovega testa z batno črpalko [2]

zročja težave v delovanju krmilnih ventilov in težave s prepustnostjo filtra oz. blokiranjem. Prav tako je višja tudi obratovalna temperatura.

Podaljšani Sundstrandov test poteka pri povišani temperaturi 120 °C. Zaradi višje temperature temu testu ni dodana voda, vsi ostali pogoji pa so nespremenjeni. Ta test je pokazal, da je hidravlična tekočina z boljšim paketom dodatkov brez težav preseгла parametre delovanja Sundstrandove batne črpalke kljub višji temperaturi in podaljšani dolžini preskusa. Shema preskuševališča za izvedbo Sundstrandovega testa z batno črpalko je prikazana na *sliki 2*.

Naslednji, zelo znan test, predvideva uporabo krilne črpalke (Eaton-)Vickers tip 35VQ-25. [9] Kot je znano, so krilne črpalke tribološko zelo »ranljive«. [10] Tovrstni standardni test, posplošeno imenovan kar Vickersov test, je sorazmerno kratek in traja 50 ur. Podaljšani Vickersov test traja veliko dlje, 1000 ur, in omogoča bolj realne zaključke glede vzdržljivosti hidravličnega olja, ki vsebuje paket dodatkov proti obrabi. V primeru kvalitetnega mineralnega olja je po 1000 urah testiranja črpalke izguba skupne mase kovine zaradi obrabe drsnega obroča in krilc še vedno pod mejo, ki je s testom predvidena za zagotavljanje ustrezne uporabne dobe črpalke.

Se pa testi, čeprav enako poimenovani, kot npr. Vickersov test, z razvojem novih črpalk in spoznanj spreminjajo. Zato je treba biti še kako pozoren, za kakšen test gre, kakšna črpalka je bila uporabljena, kakšni so bili pogoji testiranja ..., sicer rezultati testov niso primerljivi. Razen danes najbolj uporabljane Eaton-Vickersove črpalke 35VQ-25 je prvotni Vickersov test temeljil na uporabi krilne črpalke V-104. Naslednja sprememba Vickersovega testa pa je predvidevala uporabo Vickersove krilne črpalke tipa 20VQ5. Pri tem je potrebno omeniti, da so tribološke razmere med obema črpalkama zelo različne, predvsem zaradi različne zasnove krilc. Razen razlik v zgradbi ene in druge črpalke je potrebno poznati tudi razlike med obratovalnimi pogoji izvedbe testa.

Starejša črpalka V-104 bi morala biti skladno s testnim protokolom ASTM D2882 testirana pri obra-

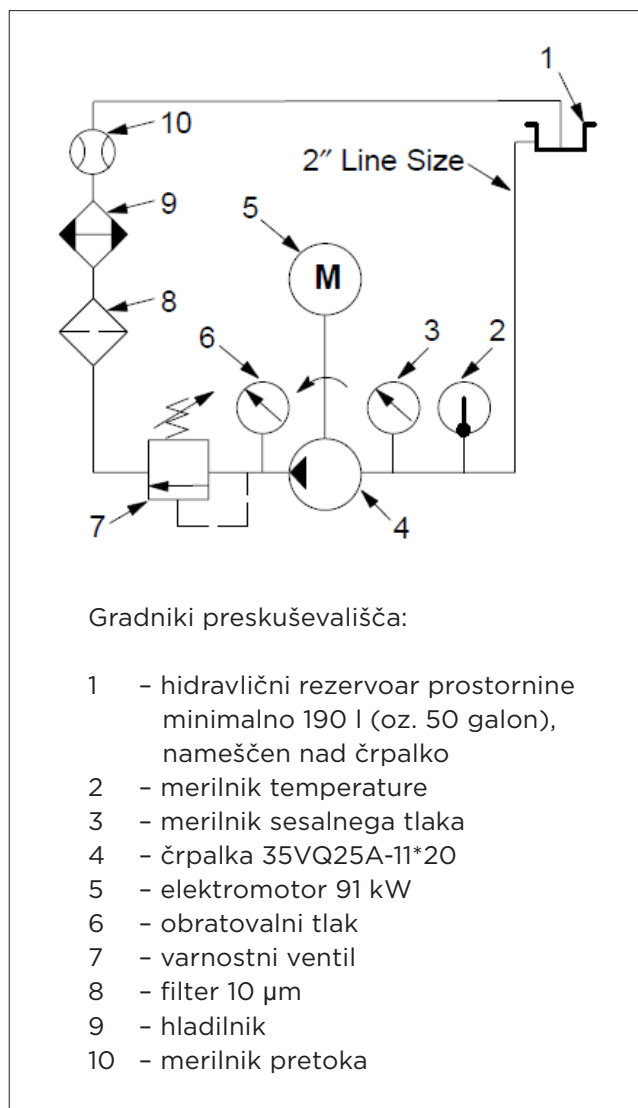
Preglednica 3 : Vickersov test s črpalko Eaton-Vickers 35VQ-25 – ASTM D6973 [11]

Volumen tekočine	min 190 l
Temperatura testa	93 °C
Trajanje testa – standardno	50 ur (cca 2 dni)
Trajanje testa – podaljšano	1000 ur (42 dni) s preverjanjem stanja na vsakih 300 ur testa
Tlak	cca. 207 bar
Vrtljaji črpalke	cca. 2400 vrt/min
Pretočna količina	144 l/min
Pogonska moč	91 kW

tovalnem tlaku 2000 psi (cca 138 bar), kar je izven priporočljivega obratovalnega tlaka te črpalke. Obratovalni tlak črpalke 20VQ25 pa znaša 3000 psi (cca 207 bar), kar je povsem v skladu s standardom. Tovrstni podatki so še kako pomembni, saj obratovalni parametri, kot so število vrtljajev, obratovalni tlak, zelo vplivajo na obseg obrabe. Osnovni parametri Vickersovega testa s črpalko 35VQ-25 so zbrani v *tabeli 3*.

Shema preskuševališča za izvedbo Vickersovega testa, ki predvideva uporabo krilne črpalke 35VQ25A, z osnovnimi gradniki preskuševališča prikazuje *slika 3*.

Merilo za obrabo črpalke je izguba mase, s čimer je znana tudi rezerva zmogljivosti – pri znanih vrednostih za znano črpalko. Izgubo mase materiala črpalke po določenih urah testiranja in ohranjeno zmogljivost črpalke do njene okvare – preostala uporabna doba, prikazuje *slika 4*.

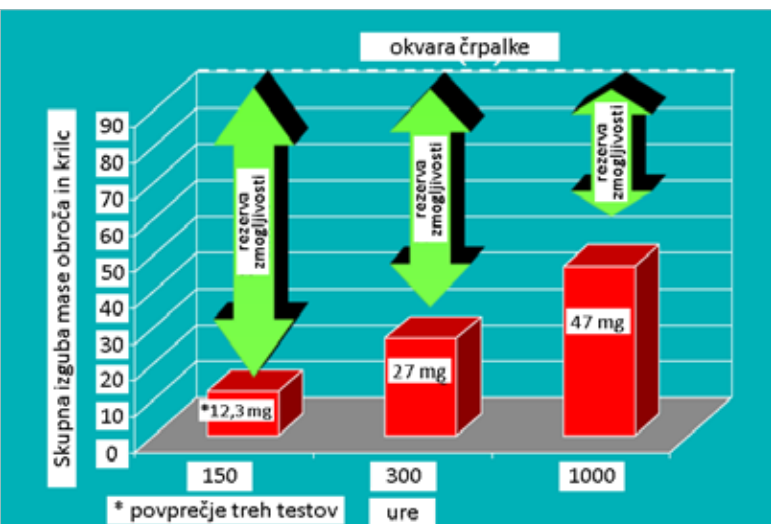


Slika 3 : Zgradba preskuševališča za Vickersov test s črpalko 35VQ25A [12]

Po končanem testiranju s črpalko na preskuševališču oz. po določenih intervalih/urah testiranja se odvzamejo vzorci hidravlične tekočine in opravijo obsežnejši standardni laboratorijski testi, ki jih uporabljamo za oceno fizikalno-kemijskega stanja hidravlične tekočine. Gre za test oksidacijske stabilnosti, test nagnjenosti k tvorjenju lakastih produktov in gošče, test hidrolitične stabilnosti, test zaščite pred korozijo, test penjenja, test sposobnosti filtracije in po potrebi še za druge teste. [13], [14], [15]

Opisi treh najpogosteje uporabljenih postopkov testiranja s črpalkami so bili do sedaj podani zelo okvirno: načelna shema preskuševališča in obratovalni pogoji ter parametri. Veliko več podrobnosti o sami izvedbi testiranja in pogojih testiranja je navedenih v standardih, a tudi ti prepuščajo določene podrobnosti izvedbe testa izvajalcu testa. Standardi določajo samo glavne parametre testa.

Veliko bolj podrobno pa je test opisan s t. i. izvedbenim protokolom testiranja. V protokolih testiranja je zelo natančno podana hidravlična shema preskuševališča s točno lokacijo določenih komponent z ustreznimi dimenzijami kot tudi natančen postopek izpiranja celotnega hidravličnega sistema pred testiranjem. Žal so podrobni protokoli bolj ali manj internega značaja, saj jih na podlagi izkušenj predhodnih testiranj zapiše izvajalec posameznega testa.



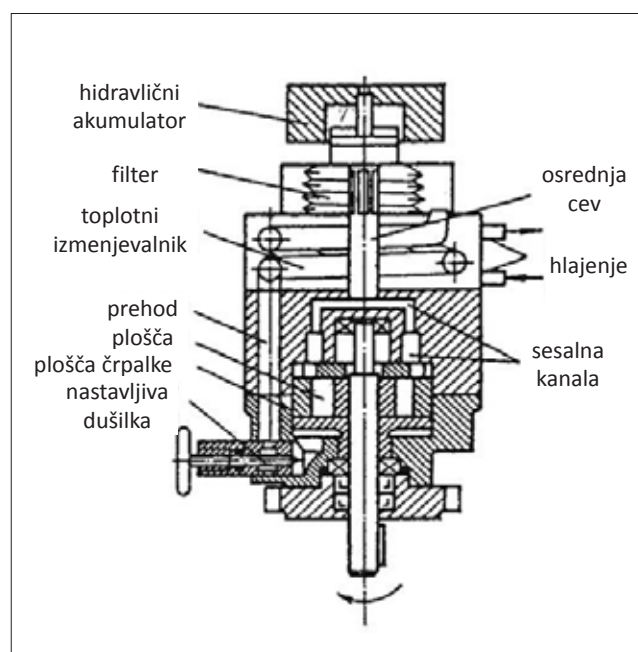
Slika 4 : Izguba mase v mg Eaton-Vickersove črpalke 35VQ-25 – ASTM D6973 pri standardnem in podaljšanem testu [15]

3.2 Testi z manjšo količino hidravlične tekočine

Do sedaj predstavljeni testi za določanje protioberabnih lastnosti hidravličnih tekočin so dragi za izvedbo, imajo dolg preskusni čas, zahtevajo veliko

količino testne tekočine in veliko instalirano moč pogona.

Alternativa testom črpalk z veliko količino tekočine je Lapotkov test MP-1 s krilno črpalko, kjer znaša količina testirane tekočine le 0,7 litra. Čeprav se test MP-1 lahko izvaja pri tlakih do 100 bar, je običajni tlak pri testu 70 bar. Poleg majhnega volumna tekočine se test MP-1 izvaja le 50 ur, v nekaterih primerih le 10 ur. Stopnja obrabe temelji na zmanjšanju mase krilc, ki se ugotavlja šele po zaključku testa. Glede zasnove in poteka je ta test zelo blizu testom z veliko količino tekočine. Shema testne naprave je prikazana na *sliki 5*.



Slika 5 : Shema Lapotkovega testa z MP-1 krilno črpalko in majhno količino tekočine [2]

3.3 Drugi testi s konstantnimi črpalkami

Triboloških testov s hidravličnimi črpalkami konstantne iztisljivosti je še veliko več kot zgolj tu omenjeni in deloma podrobneje predstavljeni. Razen krilnih in batnih črpalk se uporabljajo tudi zobniške črpalke. Pri teh je mehanizem obrabe bolj kompleksen, saj se pri ubiranju zobnikov pojavljajo različne razmere – od mejnih, mešanih do hidrodinamičnih. [1]

Tako lahko omenimo test s sedmimi hkrati delujočimi zobniškimi črpalkami, ki ga je zasnoval Knight, in je namenjen testiranju obrabe zobniških črpalk. Pri tem so črpalke obremenjene s tlakom 143 bar in traja vse do izpada (prekomerne obrabe) črpalke oz. do poškodbe ležaja. V drugem primeru podobnega testa je testiranje potekalo ob spremenljivem tlaku obremenjevanja.

Podoben test, s tremi zobniškimi črpalkami, je predlagal in izvedel tudi Wanke. Pri tem testu je bila v ospredju študija vpliva stopnje čistosti na obrabo zobnikov. V primeru tega testa je obremenitev ciklična – ciklično spreminjajoč se tlak, pogonski električni motor pa je moči 150 kW.

Za različne namene se pojavljajo novi ali namensko zasnovani testi za testiranje določenega »tribološkega« vidika kombinacije črpalka-tekočina, za ugotavljanje »zmogljivosti« in primernosti uporabljane hidravlične tekočine ali pa za testiranje različnih konstrukcijskih zasnov in vrst hidravličnih črpalk tako glede ožjega tribološkega vidika ali širšega obratovalnega vidika. [16], [17], [18]

4 Zaključek na podlagi pregleda pomembnejših testov s črpalkami konstantne iztisljivosti

Na področju testiranja hidravličnih črpalk skupaj s hidravlično tekočino v realnih obratovalnih razmerah je na voljo več testov. V ospredju vseh testov je testiranje odpornosti na obrabo posameznih komponent, predvsem hidravličnih črpalk, skupaj z znano hidravlično tekočino. Na podlagi pregleda najpogosteje uporabljenih testov s hidravličnimi črpalkami konstantne iztisljivosti in praviloma konstantne obremenitve lahko zapišemo naslednje zaključke:

- Testi s hidravličnimi črpalkami se uporabljajo predvsem za presojo primernosti hidravlične tekočine za uporabo v hidravličnem sistemu. Nanašajo se predvsem na uporabo različnih vrst hidravličnih olj na mineralni osnovi in na točno določeno vrsto hidravlične črpalke. Po proizvajalcu črpalke se običajno test tudi imenuje. V določenih primerih se lahko uporabljajo tudi za tribološka testiranja hidravličnih motorjev.
- Običajno se meri izguba mase komponente in njenih vitalnih sestavnih delov ter na podlagi te sklepa o stopnji izrabe črpalke. V določenih primerih se dodatno opazuje učinek tekočine na nastanek poškodb materiala, v redkejših primerih pa se na podlagi odvzetega vzorca testirane tekočine dodatno izvedejo bolj ali manj obsežne laboratorijske raziskave pomembnejših fizikalno-kemijskih parametrov uporabljane tekočine. Določeni testi, trajnostni testi, potekajo do nastanka poškodbe črpalke (t. i. vzdržljivostni testi).
- Tlak med izvajanjem testa je pri testih s konstantnimi črpalkami praviloma konstanten.
- Prostornina testirane hidravlične tekočine znaša 0,7–20 litrov pri nizkovolumskih testih in vse do 200 litrov pri velikovolumskih običajnih testih s hidravličnimi črpalkami.
- Razmerje med volumnom rezervoarja in pretokom črpalke, t. i. cirkulacijsko število oz. število prečrpanja, je običajno povišano: pri Deniso-

novem testu 1 : 1,4; pri Sundstrandovem testu 1 : 2,11 in pri Eaton-Vickersovem testu 1 : 1,36.

- Poraba energije med izvajanjem testa je dokaj velika. Instalirana moč za pogon sistema in hlajenje tekočine znaša pri standardnih velikovolumskih testih do 90 kW in več (tudi 145 kW), pri nizkovolumskih testih do največ 7 kW.
- Vplivi hidravlične tekočine na ostale komponente hidravlične testne naprave, kot so ventili, tesnila, hladilnik, priključki, cevovod, hidravlični valj ... žal niso zasledovali. V ospredju testov je hidravlična črpalka.

Nekateri od omenjenih testov so standardizirani, drugi so namenske narave ali internega značaja bodisi proizvajalca hidravlične črpalke ali hidravlične tekočine. Vendar pa noben od omenjenih testov ne omogoča celovitega vpogleda v potek in stopnjo degradacije vseh komponent hidravličnega sistema. Slednje je še zlasti pomembno, ko testiramo nove hidravlične tekočine.

Viri

- Totten, G. E., De Negri, V. J.: Handbook of Hydraulic Fluid Technology, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2nd edition, ISBN 9781138077348, 2012, 983 strani.
- Totten, G. E., Kling, G. H., Smolenski, D. J.: Tribology of Hydraulic Pump Testing, Technology & Engineering, ASTM STP 1310, 1997.
- Totten, G. E., Bishop, R. J., Gent, G. M.: Evaluation of Hydraulic Fluid Lubrication by Vickers Vane Pump Testing: Effect of Testing Conditions, NFPA, Presented at the International Exposition for Power Transmission and Technical Conference 4–6 April 2000, Technical paper series I00-9.7.
- Tič, V., Tašner, T., Lovrec, D.: Enhanced lubricant management to reduce costs and minimise environmental impact. Energy, ISSN 0360-5442. [Print ed.], 2014, vol. 77, str. 108-116; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214005799#>; doi: 10.1016/j.energy.2014.05.030.
- Lovrec, D., Gregorc, B., Tič, V.: Izbira primerne turbinskega olja na podlagi testiranja, Posvetovanje o tribologiji, mazivih in tehnični diagnostiki, SLOTTRIB 2016, str. 63–74.
- Lovrec, D., Tič, V.: Thermal tests for testing of degradation behaviour of mineral based hydraulic oils. TMT 2016: proceedings, 20th International Research/Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, ISSN 1840-4944, leto 20, št. 1., str. 141-144.
- Lovrec, D.: Mechanical tests for accelerated testing of mineral lubricants with respect to its degradation. TMT 2016: proceedings, 20th International Research/Expert Conference »Trends in the Development of Machinery and

- Associated Technology«, TMT Proceedings, ISSN 1840-4944, leto 20, št. 1, str. 137-140.
- [8] Kambič, M., Lovrec, D.: Problems of testing new hydraulic fluids. Fluid power conference 2017, Conference proceedings. 1st ed. Maribor: University of Maribor Press. 2017, str. 281-293.
- [9] ASTM D2882: STP1310, Vickers' 35VQ25 Pump Test.
- [10] ASTM D2882-00: Standard Test Method for Indicating the Wear Characteristics of Petroleum and Non-Petroleum Hydraulic Fluids in Constant Volume Vane Pump (Withdrawn 2003).
- [11] ASTM D6973-14: Standard Test Method for Indicating Wear Characteristics of Petroleum Hydraulic Fluids in a High Pressure Constant Volume Vane Pump.
- [12] N. N.: Vickers, Eaton, General Product Support – Hydraulic hints & Trouble Shooting Guide; Brošura podjetja Vickers, št. 8/98, 29 str.
- [13] Light, D.: Hydraulic Fluids Meet Increasing Operating Demands, Machinery Lubrication, 5/2005, 9 str.
- [14] Evans, M.: Fluid technologies for a better world™ Durability and Retention of Performance In Hydraulic Fluids, Lubrizol.
- [15] Oesterle, D., Profflet, R.: Can Your Hydraulic Fluid Meet Today's Demands For Durability? The Lubrizol Corp. | May 14, 2007.
- [16] Chenglong, W., Qingliang, Z., Zhihai, L., Hongxi, K.: Design and realization of durability test-bed for new developed hydraulic pump, Advanced Materials Research Online: 2012-12-13, ISSN: 1662-8985, Vol. 619, pp 518-521, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.619.518, © 2013 Trans Tech Publications, Switzerland.
- [17] Reichel, J.: Mechanical Testing of Hydraulic Fluids, DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung, Essen, Germany, Tribotest journal, 6-3, 2000 (6), 301 ISSN 1354-4063.
- [18] Tkáč, Z., Drabant, Š., Majdan, Š., Cvičela, P.: Testing stands for laboratory tests of hydrostatic pumps of agricultural machinery, RES. AGR. ENG., 54, 2008 (4): 183-191.

Tribological tests with hydraulic pumps at constant load

Abstract:

One of the most important tasks of the hydraulic fluid is to provide the appropriate lubricating properties throughout the entire operating life of the hydraulic system. The lower component wear and maintenance of its performance is therefore the primary task of both: manufacturers of hydraulic fluid and manufacturers of hydraulic components. The inadequate properties of the hydraulic fluid largely affect the degradation of the components and the reliability of the operation of the entire device. For this purpose, a large number of tests have been developed, among which, tests with hydraulic fluids play an important role.

The article provides an overview of various tests for testing the tribological properties of hydraulic fluids using hydraulic pumps with constant displacement, normally loaded with constant pressure. The emphasis is on the study of the basic characteristics of these type tests, including the type of pumps used, the operating conditions of each test, the size of the installed power of the test device, the extent of the necessary equipment for execution of the test and the amount of fluid tested.

Keywords:

hydraulic fluids, lubricating properties, pump tests, test parameters, constant displacement, constant load

TELESKOPSKA VODILA

THOMAS REGOUT
INTERNATIONAL B.V.



- nosilnosti > 300 kg
- dolžine od 300 do 1.500 mm vedno na zalogi
- funkciji Lock IN / Lock OUT
- izjemna robustnost in togost



HENNLICH

Pokličite nas:

031 386 056



www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000