

Testiranje hidravličnih filtrirnih materialov po standardu

Franc MAJDIČ, Anže PETERLIN, Matej TOMŠIČ

Izvleček: Čistoča hidravlične kapljevine je ključnega pomena za dolgotrajno brezhibno delovanje hidravličnih strojev in naprav. Več dejavnikov vpliva na čistočo, vendar je praviloma na prvem mestu uporaba ustreznih hidravličnih filtrov. V prvem delu prispevka je predstavljen kratek pregled standarda ISO 16889 s priporočili za določitev testnih parametrov preizkuševališča. Na podlagi priporočil iz standarda je bilo izdelano preizkuševališče za testiranje filtrirnih materialov - membran. Na koncu so predstavljeni rezultati prvih testov filtrirne membrane.

Ključne besede: hidravlično olje, čistoča, filtri, standardizirani testi

■ 1 Uvod

Hidravlični sistemi služijo krmiljenju in prenosu energije na različnih področjih – od raznovrstne industrije, avtomobilizma, gradbene mehanizacije, kmetijske mehanizacije, ladjedelništva do letalstva itd. Pri sodobnih hidravličnih strojih in napravah je hidravlična kapljevina ena od pomembnejših sestavin. Zato moramo zagotoviti glede na sestavine in priporočila proizvajalca primerno hidravlično kapljevino, nadzorovati njeno stopnjo čistosti ter jo v primeru kontaminacije filtrirati. Kontaminacija hidravlične kapljevine je velik problem, saj s tem prihaja do obrabe sestavin, korozije, spremembe stanja, nastanka mikroorganizmov itd. Taki vplivi zmanjšujejo uporabno dobo sestavin in celotnega sistema, zmanjšujejo zanesljivost, natančnost itd. Zato je zelo pomembno, da smo sposobni vzdrževati potrebno stopnjo čistosti kapljevine. Čistočo hidravličnih kapljevina zagotavljamo s kvalitetnimi filtri [1, 2]. Za testiranje

filtror se uporablja mednarodni standardizirani večprehodni (ang. multi-pass) test (SIST ISO 16889), ki omogoča različnim proizvajalcem skupen testni format, s katerim lahko primerjajo učinkovitost delovanja različnih filtrov. Uporabnikom omogoča, da med seboj primerjajo beta vrednosti za filtre različnih proizvajalcev in s tem lažje izberejo primeren filter za njihove potrebe. Kot kontaminant se v testu uporablja ISO srednji testni prah (ISO 12103-A3), ki ima najbolj po standardu enakomerno porazdelitev velikosti delcev in je dostopen po vsem svetu. Učinkovitost filtra se določi s štetjem količine delcev pred testiranim filtrom in za njim z avtomatskimi števci delcev.

■ 2 Standardizirani postopek testiranja filtrov

Standard SIST ISO 16889 predpisuje postopek testiranja hidravličnih filtrov. Za izvedbo testa posameznega filtra potrebujemo: štoparico, avtomatski števec delcev, srednji testni prah (MTD), mineralno hidravlično olje in preizkuševališče (slika 1). To je sestavljeno iz filtrirnega testnega sistema in sistema za doziranje kontaminantov.

Filtrirni testni sistem (desni del D na sliki 1) je sestavljen iz rezervoarja z nagnjenim dnom (poz.

1-D), črpalke s spremenljivo iztisnino (poz. 2-D), merilnika pretoka (poz. 7-D), merilnika temperature (poz. 9-D), merilnika diferencialnega tlaka (poz. 11-D), dveh števec delcev (poz. 4-D), merilnika tlaka (poz. 12-D), dveh enostavnih tokovnih ventilov (poz. 5-D), toplotnega izmenjevalnika (poz. 8-D), filtra za zagotavljanje začetne čistoče z dvema krogelnima ventiloma (poz. 6-D), testiranega filtra (poz. 3-D), krogelnega ventila (poz. 10) ter hidravličnega olja. Filtrirni sistem ne sme biti občutljiv na kontaminirano hidravlično olje in nanj ne sme vplivati. Predvidena morajo biti mesta za odvzem vzorca kapljevine pred testnim filtrom in za njim.

Sistem za doziranje kontaminantov v hidravlično olje (levi del L na sliki 1) je sestavljen iz rezervoarja z nagnjenim dnom (poz. 1-L), črpalke (poz. 2-L), čistilnega filtra za zagotavljanje začetne čistoče olja pred začetkom testa z dvema krogelnima ventiloma (poz. 6-L), toplotnega izmenjevalnika (poz. 8-L), tokovnega ventila (poz. 5-L), merilnika pretoka (poz. 7-L), merilnika temperature (poz. 9-L) in krogelnega ventila (poz. 10). Dozirni sistem ne sme biti občutljiv na kontaminirano hidravlično olje in nanj ne sme vplivati. Predvideno mora biti mesto za odvzem vzorca kapljevine (poz. 10-L).

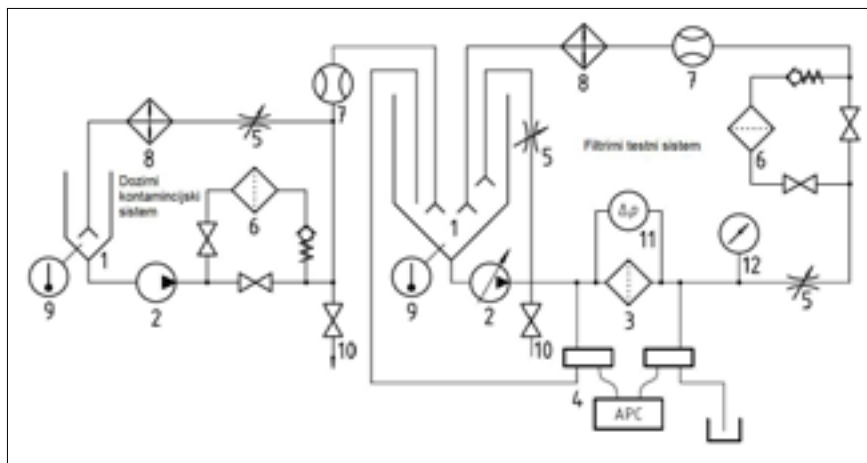
Doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Anže Peterlin, dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Matej Tomšič, TRM Filter, d. o. o., Ljubljana

Natančnost meritev in pogoje testiranja podaja preglednica 1. Specifične testne parametre je potrebno držati znotraj omejitev, podanih v preglednici 2, v odvisnosti od izbrane pogoja izvajanja testa.

Validacijski postopki razkrijejo učinkovitost preizkuševališča za testiranje filtrov. Ločeno validiramo testni filtrirni sistem in dozirni sistem. **Validacija testnega filtrirnega sistema** poteka pri najnižjem hidravličnem toku, pri katerem bo sistem testiranja filtra še deloval. Volumen olja v filtrirnem sistemu mora biti v območju med $\frac{1}{4}$ in $\frac{1}{2}$ pretoka črpalke v eni minuti, vendar ne manjši od 5 l. Če je pretok olja v testnem sistemu manjši ali enak 60 l/min, je priporočljivo, da je volumen sistema enak $\frac{1}{2}$ pretoka v eni minuti. Če pa je pretok večji od 60 l/min, pa naj bo volumen sistema enak $\frac{1}{4}$ pretoka v eni minuti. Preveriti je treba, da je pretok skozi števec delcev enak vrednosti, ki je bila uporabljena za kalibracijo števca delcev in znotraj območja, podanega v preglednici 1. Kapljevina naj v sistemu kroži 1 uro, pri tem pa je potrebno stalno meriti število delcev pred filtrom. V istem časovnem intervalu, ki ne sme odstopati za več kot 1 minuto, se izmeri in zabeleži število delcev v skupnem času 60 minut.

Validacija je uspešna, če posamezno število delcev določene velikosti ne odstopa za več kot 15 % od celotne povprečne vrednosti števila delcev za to velikost delcev in če so povprečne vrednosti kumulativne porazdelitve delcev na mililiter znotraj sprejemljivega območja, prikazanega v preglednici 3.

Validacija sistema za doziranje kontaminantov poteka tako, da najprej preverimo kontaminirani sistem pri največji gravimetrični stopnji ter pri največjem in najmanjšem dozirnem pretoku. Nato ustrezno predhodno računsko določeno količino testnega prahu stresemo v določen volumen olja. Sledi 15-minutno kroženje pripravljene zmesi olja in delcev v kontaminiranem sistemu. Pretok olja mora biti v območju ± 5 % od predpisanega po standardu.



Slika 1. Hidravlična shema preizkuševališča kontaminacijskega sistema za testiranje filtrov [3]

Preglednica 1. Zahtevana natančnost instrumentov in odstopanja meritev [3]

Testni parametri	Enota	Natančnost merilnega instrumenta (\pm)	Dovoljeno odstopanje (\pm)
Prevodnost	pS/m	10 %	–
Diferencialni tlak	bar	5 %	–
Osnovni gravimetrični nivo	mg/l	–	10 %
Pretok			
Dozirni pretok	ml/min	2 %	5 %
Testni pretok	l/min	2 %	5 %
Pretok čez št. delcev	l/min	1,5 %	3 %
Kinematična viskoznost	mm ² /s	2 %	1 mm ² /s
Teža	g	0,1 mg	–
Temperatura	°C	1 °C	2 °C
Čas	s	1 s	–
Volumen			
Dozirni sistem	l	2 %	–
Filtrirni testni sistem	l	2 %	5 %

Preglednica 2. Testni pogoji [3]

Testni pogoji	Pogoj 1	Pogoj 2	Pogoj 3
Začetni nivo kontaminacije testnega filtrirnega sistema	Manj kot 1 % pri izbranem pogoju za najmanjšo velikost delcev, določeno v preglednici 3		
Začetni nivo kontaminacije dozirnega sistema	Manj kot 1 % od dozirnega gravimetričnega nivoja		
Osnovni gravimetrični nivo, mg/l	3 \pm 0,3	10 \pm 1,0	15 \pm 1,5
Priporočene štete velikosti delcev	Najmanj pet različnih velikosti delcev. Tipične merjene velikosti so: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 20, 25, 30 μ m(c).		
Metoda štetja delcev	Avtomatični števec delcev, nameščen neposredno na merilnem mestu preizkuševališča		

Preglednica 3. Sprejemljive kumulativne porazdelitve delcev na mililiter [3]

Testni parametri	Testni pogoj 1 (3 mg/l)		Testni pogoj 2 (10 mg/l)		Testni pogoj 3 (15 mg/l)	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
1	104000	128000	34000	426000	522000	639000
2	26100	31900	86900	106000	130000	159000
3	10800	13200	36000	44000	54000	66000
4	5870	7190	19600	24000	29400	35900
5	3590	4390	12000	14600	17900	22000
6	2300	2830	7690	9420	11500	14100
7	1510	1860	5050	6190	7570	9290
8	1010	1250	3380	4160	5080	6230
10	489	609	1630	2030	2460	3030
12	265	335	888	1110	1340	1660
14	160	205	536	681	810	1020
20	46	64	155	211	237	312
25	16	27	56	86	87	126
30	6	12	21	40	34	58
40	1,1	4,5	4,4	14,2	7,9	20
50	0,15	2,4	1	7,6	2,4	11

V štirih enakih časovnih intervalih (npr. po 30 min, 60 min, 90 min in po 120 min) je potrebno meriti pretok in vzeti vzorec olja ter opraviti gravimetrično analizo. Na koncu validacijskega testa je potrebno izmeriti še volumen dozirnega sistema, kar je obenem tudi najmanjši validacijski volumen (V_v). Validacijski test je uspešen, če je gravimetrični nivo vsakega vzorca znotraj $\pm 10\%$ gravimetričnega nivoja, določenega po standardu, če je dozirni pretok v mejah znotraj $\pm 5\%$ določenega pretoka in če je končni volumen olja v

dozirnem sistemu znotraj $\pm 10\%$ začetnega volumna.

Pred začetkom testiranja posameznih filtrskih vložkov moramo preveriti še skladnost tlačnega testa filtra (po SIST ISO 2942), testni pretok skozi filter, padec tlaka v odvisnosti od pretoka, nazivno propustnost filtra in predvideno kapaciteto prevzema filtra (M_e). Pred začetkom testa je treba preveriti, da bo ves predvideni pretok kontaminirane kapljevine tekel skozi testirani filtrski vložek (in ne po obtoku).

Preglednica 4. Seznam uporabljenih simbolov za preračun testnega filtrirnega sistema [3]

Oznaka	Enota	Pomen
G'_i	mg/l	Zaželen dozirni gravitacijski nivo
G'_b	mg/l	Zaželen dovodni gravitacijski nivo
M	g	Masa kontaminantov za doziranje
M_e	g	Dosežena kapaciteta filtra (masa doziranja)
q	l/min	Pretok skozi testni filter
q'_i	l/min	Zaželen pretok doziranja kontaminantov
t'	Min	Predvideni čas testiranja
V_{min}	l	Najmanjši potreben dozirni volumen kontaminantov
V_{ii}	l	Začetni izmerjeni volumen doziranja kontaminantov

Priprava sistema za doziranje kontaminantov

V tem podpoglavju je uporabljenih deset enačb. V enačbah uporabljene enote so podane v preglednici 4.

Najprej iz preglednice 2 izberemo želeni osnovni gravimetrični nivo (G'_b) tako, da bo predvideni testni čas izračunan po enačbi (1) med 1 in 3 urami. M_e je predvidena kapaciteta filtra, q pa testni pretok kontaminiranega olja.

$$t' = \frac{1000 \times M_e}{G_b \times q} \quad (1)$$

Izračunamo najmanjši potrebni volumen olja v dozirnem sistemu (enačba 2), ki je skladen s predvidenim testnim časom in želeno vrednostjo dozirnega toka.

$$V_{min} = (1,2 \times t' \times q'_i) + V_v \quad (2)$$

Po enačbi (3) izračunamo želeni gravimetrični nivo dozirnega sistema kapljevine.

$$G'_i = \frac{G_b \times q}{q'_i} \quad (3)$$

Začetni volumen kontaminiranega dozirnega sistema (V_{ii}) prilagodimo volumnu V_{min} , izračunanem po enačbi (2).

Po enačbi (4) izračunamo količino testnega prahu, potrebne za kontaminacijo sistema.

$$M = \frac{G'_i \times V_{ii}}{1000} \quad (4)$$

Preden dodamo testni prah (po ISO 12103-A3), je treba preveriti, da je predhodni nivo kontaminacije manjši od vrednosti, podanih v preglednicah 2 in 3.

Sledi priprava kontaminiranega dozirnega sistema z volumnom kapljevine V_{ii} in količino testnega prahu M . Priprava kontaminiranega sistema mora biti izvedena po postopku, ki je bil predhodno opisan v razdelku Validacija sistema za doziranje kontaminantov.

Sledi še nastavitev dozirnega pretoka znotraj območja $\pm 5\%$ od izračunane vrednosti V_{min} . Ta pretok

je treba zagotavljati v zahtevanem območju čez celotni test.

Priprava filtrirnega testnega sistema

Najprej namestimo ohišje filtra brez filtrirnega elementa na preizkuševališče ter izločimo zrak.

Priporočeno je, da je prevodnost uporabljene kapljevine v območju med 1000 pS/m in 10000 pS/m (po ASTM D-4308-95). To se lahko zagotavlja z dodajanjem antistatičnega dodatka kapljevini.

Kapljevina naj cirkulira v testnem filtrirnem sistemu pri ustreznem pretoku in temperaturi, da je viskoznost kapljevine v območju 15 mm²/s +/- 1 mm²/s. Pri pretoku olja z viskoznostjo v določenem območju je potrebno izmeriti temperaturo in diferencialni tlak ohišja filtra brez filtrirnega elementa (po ISO 3968).

Nato je potrebno prilagoditi celotni volumen filtrirnega testnega sistema tako, kot je opisano v razdelku Validacija testnega filtrirnega sistema.

Priprava na začetek testiranja filtra

Najprej vstavimo filtrirni element v ohišje in ga izpostavimo predhodno določenim testnim pogojem – ustreznemu toku in temperaturi.

Izmerimo tlačno razliko pri pretakanju skozi čist filtrirni sestav. Nato izračunamo tlačno razliko pri pretakanju skozi čist filtrski vložek kot razliko med tlakom pri pretakanju skozi čist filtrirni sestav in tlakom pri pretakanju skozi prazno ohišje filtra.

Izračunamo tlačno razliko filtrirnega sestava, ki je vsota trenutne tlačne razlike skozi filtrski element in ohišje.

S števcem delcev nato izmerimo in zabeležimo začetni nivo kontaminacije v sistemu pred testnim filtrirnim elementom.

Ko je nivo kontaminacije pred testnim filtrom nižji, kot je zapisano v preglednicah 2 in 3, zapremo obtok

skozi dodatni čistilni sistemski filter.

Nato vzamemo vzorec olja iz dozirnega kontaminiranega sistema in ga označimo kot »začetni dozirni gravimetrični vzorec«.

Sledi še kontrola dozirnega pretoka. Dozirni pretok je potrebno zaradi zahtev standarda stalno meriti in po potrebi prilagajati.

Postopek testiranja filtra

- Odpremo dovod kontaminirane kapljevine iz dozirnega sistema v rezervoar testiranega filtrirnega sistema.
- Začnemo meriti čas – začne se testiranje.
- Preusmerimo povratni tok kapljevine od testnega sistema k dozirnemu in tako ohranimo konstantni volumen kapljevine v testnem filtrirnem sistemu (v območju +/-5 %).
- Izmerimo čistočo pred testiranim filtrom in za njim. Najbolje je, če imamo pred testiranim filtrom in za njim svoj števec delcev. Če delamo samo z enim števcem delcev, pa čas med merjenjem pred filtrom in za njim ne sme biti daljši od ene minute. Čistočo pred filtrom in za njim merimo intervalno, dokler ne dosežemo tlačne razlike skozi filter, kot je zapisano v razdelku Priprava na začetek testiranja filtra.
- V času testa izvedemo deset meritev čistoče pred filtrom in za njim v enakih časovnih intervalih.
- Pred vsako vmesno meritvijo čistoče najprej izmerimo tlačno razliko pri pretakanju skozi filtrirni sestav.
- Pred testiranim filtrom vzamemo vzorec za gravimetrično analizo, ko diferencialni tlak filtrirnega sestava doseže 80 % dopustnega tlaka.
- Ko dosežemo dopustno tlačno razliko skozi filter, ustavimo meritve in zabeležimo čas izvajanja testa.
- Izmerimo in zapišemo končni volumen kapljevine v filtrirnem testnem sistemu (V_{tp}).
- Izmerimo in zapišemo končni volumen kapljevine v dozirnem

kontaminiranem sistemu (V_{ip}).

- Vzamemo vzorec olja iz dozirnega sistema za gravimetrično analizo.
- Preverimo, če so se med testom pojavile vidne poškodbe filtrskega elementa.

Vrednotenje rezultatov testiranja filtra

Najprej izračunamo povprečne vrednosti števila delcev pred filtrom (enačba 5) in za njim (enačba 6) za različne velikosti delcev, x , za vsako od desetih časovnih period:

$$\bar{N}_{u,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{u,x,t}}{n} \quad (5)$$

$$\bar{N}_{d,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{d,x,t}}{n} \quad (6)$$

Pri tem je n število štetij v specifični časovni periodi.

Nato po enačbi (7) izračunamo vrednosti beta ($\beta_{x,t}$) za vseh 10 časov z deljenjem povprečnega števila delcev pred filtrom s povprečnim številom delcev za filtrom za različne velikosti delcev, x .

$$\beta_{x,t} = \frac{\bar{N}_{u,x,t}}{\bar{N}_{d,x,t}} \quad (7)$$

Število delcev, zapisano v povprečnih vrednostih, se uporabi za izračun povprečnega filtrirnega razmerja (β). Beta vrednosti ne smemo računati v povprečja. Sledi izračun povprečne vrednosti števila delcev pred filtrom (enačba 8) in za njim (enačba 9) za celotni čas merjenja.

$$\bar{A}_{u,x} = \sum_{i=1}^{100} \bar{N}_{u,x,t} \quad (8)$$

$$\bar{A}_{d,x} = \sum_{i=1}^{100} \bar{N}_{d,x,t} \quad (9)$$

Končno povprečno filtrirno razmerje beta ($\bar{\beta}_{x(c)}$) izračunamo po enačbi (10) z deljenjem končnega povprečnega števila delcev pred filtrom s končnim številom delcev za filtrom za vsako velikost delcev (x).

$$\bar{\beta}_{x(c)} = \frac{\bar{A}_{u,x,t}}{\bar{A}_{d,x,t}} \quad (10)$$

3 Preizkuševališče

V Laboratoriju za fluidno tehniko smo zasnovali prototipno preizkuševališče za testiranje filtrirnih

materialov in vložkov po standardu SIST ISO 16889. Na *sliki 2* je prikazano preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran. Glavni rezervoar sistema z glavno črpalko (poz. 1) predstavlja testni filtrirni del preizkuševališča. Črpalko poganja elektromotor (poz. 2). Na glavnem rezervoarju je pritrjeno stojalo, na katerem je dozirni rezervoar oz. lijak (poz. 3 in 4). Za merjenje čistoče pred testirano filtrirno membrano in za njo (poz. 7) z enim števcem delcev (poz. 6) uporabljamo 3/2-potni ventil (poz. 5), ki ga na 4,5 minute preklaplja časovnik (poz. 9). S tlačnim omejitelnim ventilom (poz. 8) kontroliramo tlak znotraj filtrirnega ohišja, v katero vstavljamo testirane membrane (poz. 7).



Slika 2. Hidravlično preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran po standardu

4 Rezultati meritev

Pri testiranju posameznih membran sta količina dodanega testnega prahu in testni čas odvisna od kontaminacijske prevzemnosti posamezne membrane. Testiranec je v filtrirnem ohišju sestavljen v

naslednjem vrstnem redu od spodnjega dela navzgor: perforirana kovinska podporna plošča, plastična mrežica, fina papirnata mrežica, filtrirna membrana premera 80 mm. Dovod olja je bil z zgornje strani ohišja, torej s strani testirane membrane. Prispevek prikazuje rezultate testa membrane A z dodajanjem 1,312 g testnega prahu (MTD po ISO 12103-A3) in časom

testiranja 65 minut. Meritev smo trikrat ponovili.

Za določitev β -vrednosti vzamemo srednje vrednosti po standardu SIST ISO 4406 in izračunamo povprečno vrednost za vsako velikost delcev pred filtrom in za njim. Za izračun povprečnih vrednosti smo zajeli podatke iz vseh treh meritev membrane A. Tako dobimo rezultat izmerjenega povprečnega števila delcev pred filtrom in za njim (*preglednica 5*).

Iz dobljenih povprečnih izmerjenih vrednosti števila delcev (*preglednica 4*) lahko po enačbi (10) izračunamo vrednosti β za vse tri standardne velikosti delcev.

$$\bar{\beta}_4 = \frac{36307}{29830} = 1,21$$

$$\bar{\beta}_6 = \frac{16620}{13809} = 1,20$$

$$\bar{\beta}_{14} = \frac{1664}{1167} = 1,42$$

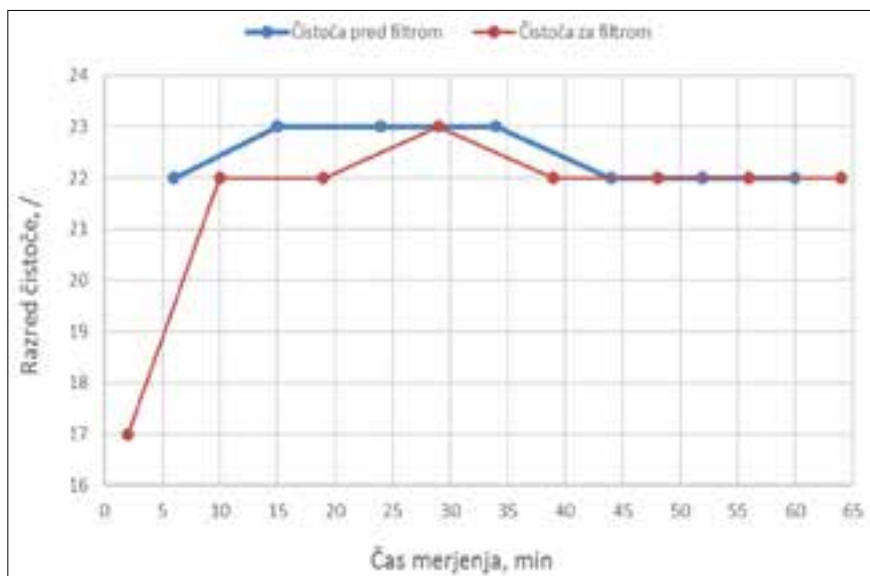
Slika 4 prikazuje izmerjeno čistočo po ISO 4406 med testiranjem membrane A za delce, večje od 4 μm , pred filtrom in za njim. Razvidno je, da je bila čistoča za filtrom od začetka testa pa do 38 minut testa v povprečju boljša kot pred filtrom za en razred. V zadnjem delu testa pa se čistoča ni več izboljševala, pred filtrom in za njim je bila izmerjena enaka. Zelo podobni rezultati so bili



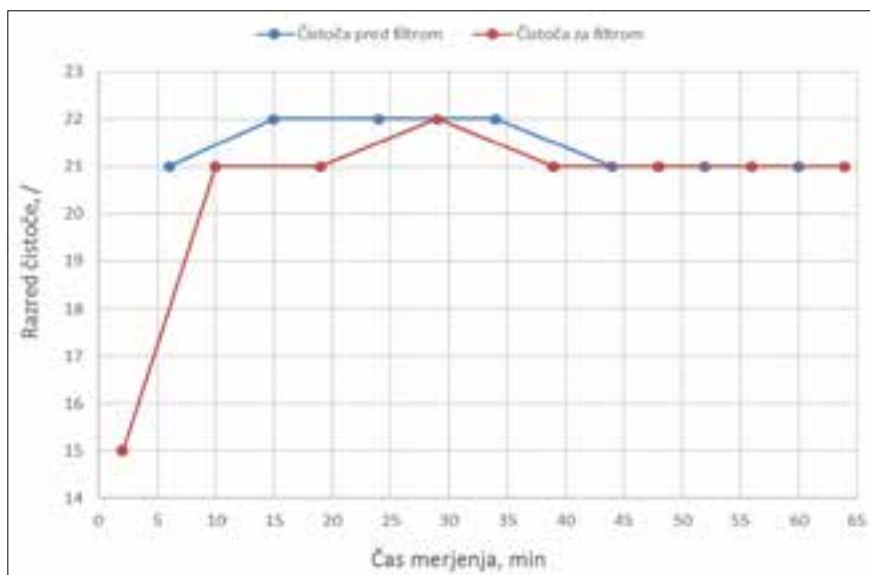
Slika 3. Mikroskopska slika 25-kratne povečave membrane A pred testom

Preglednica 5. Izračunane povprečne vrednosti delcev pred filtrom in za njim

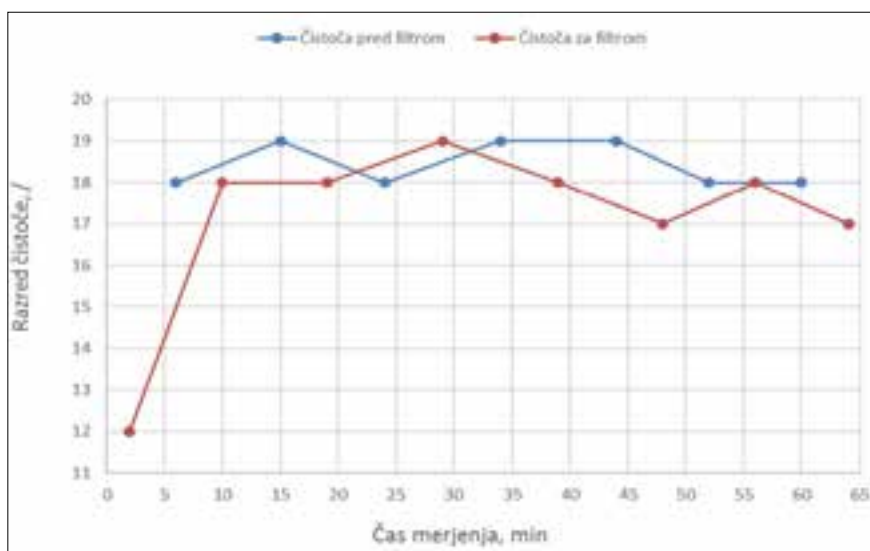
Pred filtrom			Za filtrom		
>4	>6	>14	>4	>6	>14
36307	16620	1664	29830	13809	1167



Slika 4. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 4 μm



Slika 5. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 6 μm



Slika 6. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 14 μm

izmerjeni tudi v primeru delcev, večjih od 6 μm . Razlika je le v tem, da je bilo delcev, večjih od 6 μm , v povprečju skozi celotno merjeno obdobje za 2-krat manj oziroma manj za en razred. Rezultat je v skladu s pričakovanji.

Slika 6 prikazuje izmerjeno čistočo po ISO 4406 pri testiranju membrane A za delce, večje od 14 μm . Po pričakovanju je bilo teh delcev v povprečju za 2 razreda manj kot tistih, ki so večji od 6 μm . Število delcev, večjih od 14 μm , je bilo v povprečju med 2- in 4-krat manjše za filtrom kot pred njim. Razlika med vstopom in izstopom je bila vidna v celotnem obdobju testiranja.

Na sliki 7 je prikazana fotografija testirane membrane A po končanem testu.

Prevzemnost filtrov je eden pomembnejših podatkov o njihovi kvaliteti. V preglednici 6 so prikazani rezultati tehtanja membrane pred testom in po njem. Razlika med maso nove namočene membrane in maso membrane po testu je zelo velika (2,239 g), čeprav smo v olje dodali zgolj 1,312 g testnega prahu. Razlog za to je verjetno v tem, da se nova membrana zaradi majhnih por ne napije olja, pač pa olje enostavno zdrsi s površine in neposredne mikroplastje izpod nje.



Slika 7. Testirana membrana A po zaključeni filtraciji

Preglednica 6. Stehtana masa membrane A pred testom in po njem

	Masa suhe membrane [g]	Masa nove membrane, namočene v olje [g]	Masa membrane po testu [g]	Razlika [g]
Membrana A	0,324	0,551	2,790	2,239

5 Zaključki

Prispevek predstavlja zahteve standarda SIST ISO 16889 za testiranje zmogljivosti hidravličnih filtrov. Na podlagi zahtev je bilo izdelano preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran. Pri testu smo uporabili standardni testni prah (MTD) in števec delcev za analizo čistoče. Prispevek prikazuje rezultate testa membrane A po omenjenem standardu. Ugotavljamo, da je membrana A najbolj primerna za filtracijo

delcev, večjih od 14 μm . To trditev potrjujejo rezultati merjenja čistoče pred filtrom in za njim tudi tik pred zaključkom testa. Čistoča hidravlične kapljevine je bila v povprečju za filtrirno membrano za delce, večje od 14 μm , vedno boljša od čistoče pred njo.

Za teste smo uporabili zelo enostaven filtrirni material v samo eni plasti, zato so izmerjene β vrednosti bistveno nižje od tistih, ki jih nava-

jajo izdelovalci kakovostnih filtrov. Kvalitetni, serijsko izdelani filtri so običajno večplastni in nagubani.

Na podlagi koristnih izkušenj s preizkuševališča za testiranje filtrskih membran v Laboratoriju za fluidno tehniko pripravljamo večje, univerzalno preizkuševališče za testiranje različnih hidravličnih filtrov.

Literatura

- [1] Pezdinik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana 2011
- [2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [3] SIST ISO 16889:2001: Fluidna tehnika – Hidravlični filtri – Postopek "multi-pass" za ocenjevanje filtracijske sposobnosti filtrskega vložka.

Testing of hydraulic filter materials by standard

Abstract: Cleanliness of hydraulic liquid has one of the major role for long-term trouble-free operation of hydraulic machines and devices. Several factors affect the cleanliness, but hydraulic filters have normally the most important influence on it. There is a brief overview of standard ISO: 16889 with recommendations for setting test parameters and design of the test rig in the first part of the paper. Test rig for testing the filter membranes was designed based on the recommendations of the standard. The results of the first tests of the filter membrane are shown in the end.

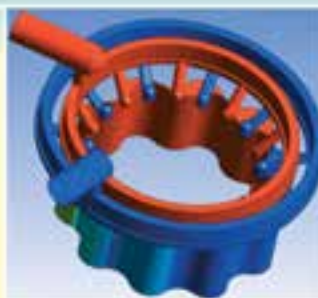
Keywords: hydraulic oil, cleanliness, filters, standard test

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Upravljamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno PK hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo. To se odraža v večjem številu uspešno zaključenih projektov in sodelovanju z uspešnimi slovenskimi podjetji.

Öbrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih sestavin in naprav
- izdelava hidravličnih naprav
- izboljšave in popravila hidravličnih naprav in strojev
- izdelava sodobnega krmilja za hidravlične stroje
- izobraževanje na področju hidravlike
- ekološke hidravlične naprave za pitno vodo
- izdelava ali izris hidravličnih shem
- itd.



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo
AŠkerčeva 6
1000 Ljubljana
T: 01/4771115, 01/4771411
E: lpkh@fs.uni-lj.si
<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

