

» Testiranje filtarskih materijala za hidrauličke filtre

Dr. Franc Majdič
Rok Zaplotnik
Matej Tomšič

Članak obrađuje područje filtriranja hidrauličkog ulja. Prvo je predstavljen pregled čistoće prema ISO standardu, zatim pregled filtarskih materijala, konstrukcije uređaja za filtriranje, prikaz ispitna stanica, parametara i postupaka mjerenja. Slijedi predstavljanje rezultata mjerenja čistoće tri različite kombinacije filtarskih materijala. Cilj istraživanja je bio izbor odgovarajuće kombinacije filtarskih uložaka za postizanje najboljih rezultata pri filtriranju hidrauličkog ulja.

Filtracija i čistoća hidrauličnog ulja

Hidraulički uređaji u prosjeku sadrže velike količine ulja i s pomoću filtracije želimo ulje što bolje pročistiti, kako bismo osigurali što dulje radno razdoblje bez zastoja i kvarova. U tu svrhu se primjenjuju mobilne i fiksne jedinice za filtriranje. Problem se skriva u tome, da već novo ulje sadrži mnogo nečistoća, što može uzrokovati zastoje i oštećenja. Stoga s filtriranjem, koje ponavljamo više puta, poboljšavamo ulje i tako dobijemo odgovarajuće, čišće hidrauličko ulje. Ulje putuje kroz brojne cijevi, T-komade, ventile, a u njima se nalaze razne brtve, koje uzrokuju nečistoće u ulju. U tu svrhu primjenjujemo mobilne jedinice, s pomoću kojih profiltriramo ulje, kako bismo dobili čišće ulje, koje može dulje vremena ostati u rezervoaru. Najvažnije je da će ulje imati takva svojstva, kakva je imalo u početnom stanju. Problem tih mobilnih jedinica je, da su nepripremljene za transport, a veliki problem su i filtri, koji su najvažniji za filtriranje ulja, jer ih je potrebno brzo mijenjati, pošto se zasite s nečistoćama.

Ulja, koja kupimo (svježa hidraulička ulja) moraju odgovarati normi ISO 11158:2009, koja je uvedena 2006. godine. Norma obuhvaća i zahtjev za potrebnom čistoćom ulje i to prema SIST ISO 4406:1999 čistoća mora iznositi barem 21/19/16. Stupanj čistoće je prema normi vrlo nizak, stoga je većinu hidrauličkih ulja prije njihove primjene potrebno filtrirati.

Nečistoće kao što su voda, čestice prašine, oksidansi i kemikalije u ulju u hidrauličkim sustavima sakupljaju se na razne načine. Mogu se nakupljati već pri procesu izrade strojeva (npr. šljaka od zavarivanja, strugotine, čestice ambalaže), pri površnom održavanju strojeva, a najčešće pri redovitom djelovanju stroja radi njegovog trošenja (npr. istrošeni materijal, erozija brtvi, produkti izgaranja). Posebno štetan učinak na stroj uzrokuju neke posebne kombinacije nečistoća, kao što je primjerice voda-sumpor. Ta kombinacija pri povišenim temperaturama stvara nagrizaajuće kiseline, koje oštećuju sastavne dijelove stroja.

Općenito, nečistoće skraćuju vijek trajanja strojne opreme i

vrijeme uporabe kapljevine, povećavaju broj popravaka na strojnoj opremi, smanjuju pouzdanost uređaja i uz to pored viših troškova održavanja, povećavaju i troškove ekološki prihvatljivog uklanjanja otpadnih ulja.

Za prezentaciju stupnja čistoće hidrauličkih kapljevine primjenjujemo različite međunarodne norme. One su se posljednjih godina donekle promijenile. Razlog za to su prije svega porast tlakova u hidrauličkim uređajima, manje zračnosti između međusobno pokretnih elemenata i sve finiji elementi za filtriranje. Usporedno naime rastu i zahtjevi za čistoćom ulja.

Važeće norme, koje propisuju čistoću hidrauličkih kapljevine su: SIST ISO 4406 i SAE AS 4059.

Potrebni stupanj čistoće hidrauličke kapljevine za određenu namjenu propisuju/preporučuju proizvođači strojeva tj. hidrauličkih uređaja, prije svega obzirom na ugrađene sastavne dijelove. Kada nemamo spomenute podatke, kao smjernice možemo u obzir uzeti opće preporuke iz tablice 1, gdje su prikazane opće preporuke čistoće za ventile, koji su najosjetljiviji elementi i hidrauličkom sustavu. Očito je, da su potrebni stupnjevi čistoće primjerice za servoventile bitno zahtjevniji, nego li iznose prosječni stupnjevi čistoće svježih hidrauličkih ulja i neusporedivo zahtjevniji, nego li je zahtjev norme ISO 11158:2009. Potreban stupanj čistoće može

TLAK	P ≤ 210 BAR	P ≥ 210 BAR
Smjerni ventili	20/18/15	18/17/15
Tlačni ventili	19/17/14	19/17/14
Protočni ventili	19/17/14	19/17/14
Nepovratni ventili	20/18/15	20/18/15
Ugradni ventili	18/16/13	17/15/12
Dvosmjerni ventili – upravljački umetci	18/16/14	17/15/13
Hidrauličko daljinsko upravljanje	18/16/13	17/15/12
Proporcionalni smjerni i tlačni ventili	17/15/12	16/14/11
Proporcionalni protočni ventili	17/15/13	17/15/13
Proporcionalni ugradni ventili	17/15/13	16/14/11
Servoventili	16/14/11	15/13/10

» Tablica 1: Preporučeni stupnjevi čistoće za različite izvedbe ventila



Dr. Franc Majdič, Rok Zaplotnik, Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo
Matej Tomšič, TRM Filter, d. o. o.

mo postići i održavati kvalitetnim filtriranjem. Dodatno filtriranje mora uvijek izvesti korisnik tijekom punjenja hidrauličkog ulja, prije prvog pokretanja hidrauličkog sustava i tijekom redovitog rada.

Korisnici, koji nemaju potrebnu opremu za dodatno filtriranje, žele već u početku primijeniti što čišće ulje, te tako smanjiti troškove dodatnog filtriranja. Stoga se sve češće javljaju želje za boljim stupnjem čistoće svježeg hidrauličkog ulja.

Nova važeća norma SIST ISO 4406:1999 definira broj čestica većih od 4 µm, 6 µm i 14 µm u uzorku od 1 ml ulja. Normu SIST ISO 4406 su uveli 1987. godine, prvo je bila modificirana 1997. godine, a posljednje 1999. godine. Rezultat za SIST ISO stupanj čistoće prezentiramo kao vrijednost triju brojk, primjerice 18/15/10. Prvi broj se odnosi na čestice veće od 4 µm(c), drugi na čestice veće od 6 µm(c) i treći na čestice veće od 14 µm(c). Oznaka (c) uz jedinicu µm znači, da je brojanje čestica izvedeno u tri dimenzije, prema novoj normi iz 1999. godine.

U normi je predstavljena tablica (Tablica 2), gdje je naveden broj čestica u 1 ml ulja obzirom na određeni razred, s kojim možemo odrediti, koliko kojih čestica ima u 1 ml ulja. Prikazani su razredi od 0 do 28, a broj čestica po stupnjevima je naveden od – do. Što je viši razred, veći je dopušteni broj čestica. Primjer: 10. razred sadrži 5 do 10 čestica. Čistoća se prikazuje kao SIST ISO 4406 X1/X2/X3, gdje X1 znači broj razreda za čestice veće od 4 µm, X2 broj razreda za čestice veće od 6 µm i X3 broj razreda za čestice veće od 14 µm.

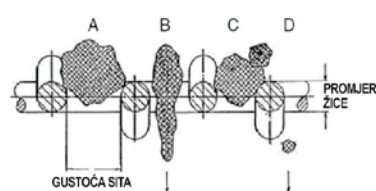
Filtarski materijali

Slika 1 prikazuje mrežastu strukturu, koja zadržava čestice tipa A i C, a čestice tipa B i manje čestice prolaze kroz nju.

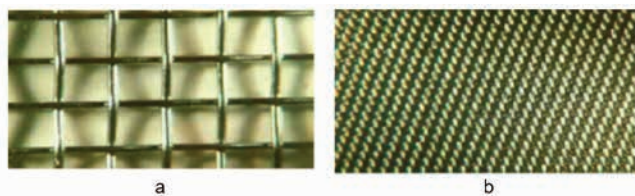
Na slici 2 vidimo četiri različite veličine nehrđajuće metalne mrežice: a) nazivna propusnost 700 µm i b) nazivna propusnost 50 µm.

Slika 3 prikazuje koprenastu strukturu, koja zadržava čestice tipa A, B i C, a manje čestice prolaze kroz nju.

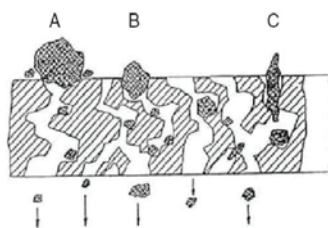
Na slici 4 vidimo dvije različite koprenaste strukture filtarskog materijala: a) staklena vlakna s nazivnom propusnošću između 10 µm i 25 µm, b) papirnata vlakna s nazivnom propusnošću između 4 µm i 20 µm.



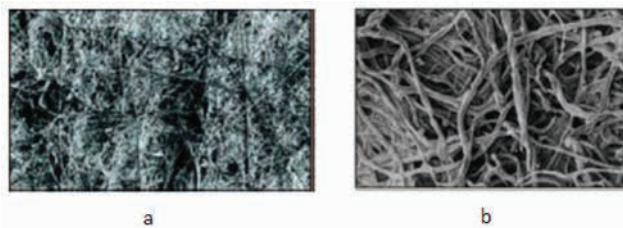
» Slika 1: Prikaz učinkovitosti filtriranja različitih oblika čestica za mrežastu strukturu.



» Slika 2: Mrežasta struktura - nehrđajuća metalna mrežica.



» Slika 3: Prikaz učinkovitosti filtriranja različitih oblika čestica kroz koprenastu strukturu.



» Slika 4: Koprenasta struktura; a) staklena vlakna, b) papirnata vlakna.

BROJ ČESTICA U 1 ML ULJA		BROJ RAZREDA
VIŠE OD	DO I UKLUČIVO	
1.300.000	2.500.000	28
640.000	1.300.000	27
320.000	640.000	26
160.000	320.000	25
80.000	160.000	24
40.000	80.000	23
20.000	40.000	22
10.000	20.000	21
5.000	10.000	20
2.500	5.000	19
1.300	2.500	18
640	1.300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,01	0

» Tablica 2: Stupnjevi čistoće prema normi SIST ISO 4406:1999.

Podjela filtara obzirom na ugradnju

Hidrauličke filtre možemo ugraditi na različita mjesta:

- usisni filtri,
- tlačni filtri,
- povratni filtri,
- usporedni (»by-pass«) filtri i
- naljevno-odražni filtri.

Karakteristična svojstva hidrauličkih filtara

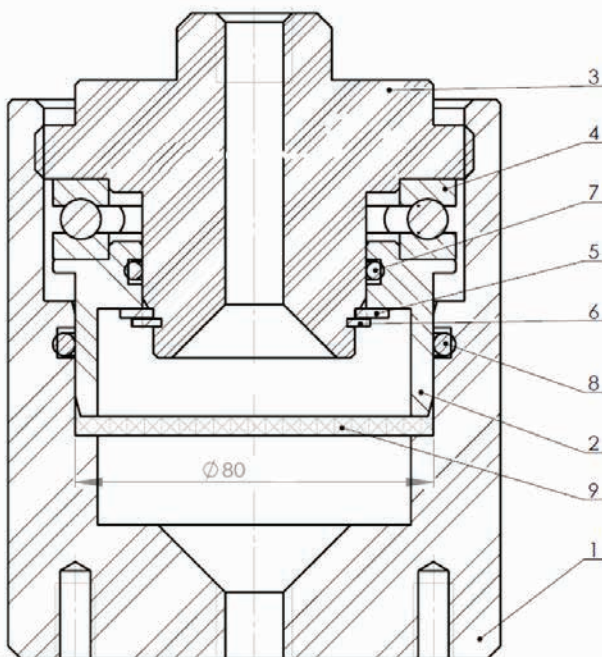
Poznajemo tri glavna karakteristična svojstva hidrauličkih filtarskih uložaka:

- a nazivna propusnost,
- b beta vrijednost i
- c upijanje.

Nazivna propusnost je osnovni podatak svakog filtarskog uložka. On se prikazuje u μm i govori, kakav je prosječni razmak između pora filtarskog materijala.

Beta (β) vrijednost filtarskog uložka nam govori, koliko čestica, većih od dane veličine (μm) prolazi kroz filtarski uložak. Primjerice $\beta_{10} > 100$ znači, da jedna od 100 čestica, koje su veće od 10 μm prolazi kroz filtarski uložak.

Upijanje filtra se prikazuje kao masa čestica u mg, g ili kg. Govori nam o masi nečistoća, koje pojedini filtarski uložak veže na sebe u točki zasićenja – to je pri postignutom dopuštenom tlaku zamjene.



» Slika 5: Presjek uređaja za ispitivanje (\varnothing 110 mm x 144 mm).

Uređaj za ispitivanje

Na slici 5 je prikazan presjek primijenjenog uređaja za ispitivanje. Uređaj je sastavljen od sljedećih sastavnih dijelova: kućište (poz. 1), držalo uložka (poz. 2), poklopac (poz. 3), aksijalni ležaj (poz. 4), podloška (poz. 5), uskočnik (poz. 6), brtva između držala uložka i poklopca (poz. 7), brtva između držala uložka i kućišta (poz. 8) i testirani filtarski uložak (poz. 9).

Ispitna stanica

Rezervoar se napuni s onečišćenim uljem. Rezervoar je podijeljen na tri dijela, tako da ulje, koje se filtrira, kruži kroz rezervoar. Izuzimanje ulja se obavlja iz zadnje trećine rezervoara, a zatim ulje ide naprijed kroz filtarski uređaj i vraća se u prvu trećinu rezervoara. Iz prve trećine rezervoara ulje se crpi u uređaj za mjerenje čistoće. Primijenjena je bila crpka s konstantnom istisninom, s protokom 2 l/min. Na sustav je ugrađen sigurnosni ventil, postavljen na 9 bara. Iza crpke je ugrađen manometar, kojim se mjeri tlak. Na temelju promjene tlaka možemo zaključiti, kada se filtarskih uložak zasitio nečistoćama i više ne filtrira ulje. U rezervoaru je termometar koji mjeri temperaturu, jer nas zanima za koliko će se promijeniti temperatura ulja tijekom ispitivanja. Ispitna stanica je prikazana na slici 6.

Čitav sustav sastavljen je od instalacijskog dijela koji je namijenjen za manje protoke. Na njega je povezan brojač čestica i sigurnosni ventil. Senzori s izvorom svjetlosti djeluju na načelu osvjetljavanja sa svjetlosnom zrakom. Sjene, koje se stvaraju, generiraju električne pulsove na foto detektoru. Veličina i broj pulsa je proporcionalno povezan s brojem čestica u uzorku. Razvoj te tehnologije dopušta brojanje čestica do veličine 5 μm . Laserski brojači čestica djeluju na sličnom načelu, samo što je izvor svjetlosti laserska zraka. Ta tehnologija dopušta brojanje čestica do veličine 2 μm .

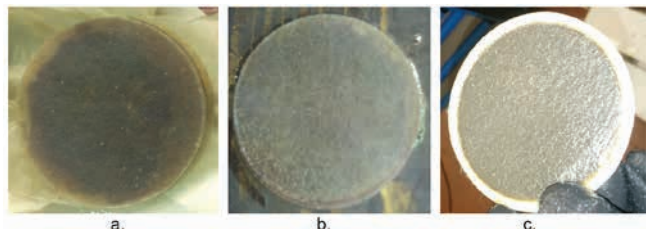
Postupak mjerenja

Prvo smo u rezervoar natočili 4 litre onečišćenog ulja. Pokrenuli smo uređaj za mjerenje čistoće ulja, kako bismo prije početka filtriranja dobili razred čistoće. Stoga smo pokrenuli crpku s konstantnom istisninom s protokom 2 l/min. Čitavo vrijeme je radio brojač čestica te nam odmah očitavao razrede čistoće. Istodobno je



» Slika 6: Ispitna stanica filtarskih materijala.

u rezervoaru termometar mjerio temperaturu ulja. Ulje smo filtrirali pola sata, a ukoliko je filtarski uložak bio bolji, pustili smo ga dulje vrijeme. Pustili smo ga do trenutka, dok mu je još padao razred čistoće. Nakon završetka ispitivanja, prvo smo isključili crpku i na kraju mjerili čistoću. Slika 7 prikazuje ispitivane kombinacije filtarskih materijala nakon završenog filtriranja.

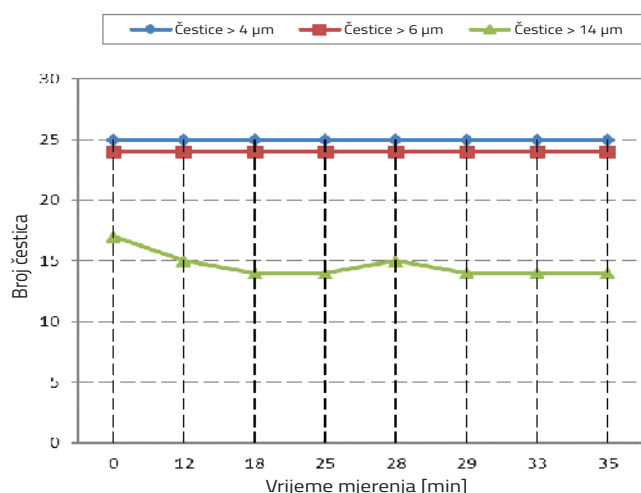


» Slika 7: Filtrski material, a) kombinacija A, b) kombinacija B, c) kombinacija C

Ispitna kombinacija filtarskih materijala A

Na slici 8 je očito, da se tijekom filtriranja broj čestica većih od 4 µm nije mijenjao, broj čestica većih od 6 µm je isto tako ostao nepromijenjen, a broj čestica većih od 14 µm je oscilirao, a konačna vrijednost (razred 14) je bila za tri razreda manja nego li na početku (razred 17).

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti, da je kombinacija filtarskih uložaka A primjerna samo za grubo filtriranje, jer filtrira samo čestice veće od 14 µm.



» Slika 8: Izmjerena čistoća hidrauličke kapljevine pri prvom filtriranju, s kombinacijom filtarskih materijala A.

Ispitna kombinacija filtarskih materijala B

Na slici 9 je očito, da se tijekom filtriranja broj čestica većih od 4 µm smanjio iz razreda 25 na razred 24, broj čestica većih od 6 µm je pao iz razreda 22 na razred 20, a broj čestica većih od 14 µm se smanjio iz razreda 16 na razred 10.

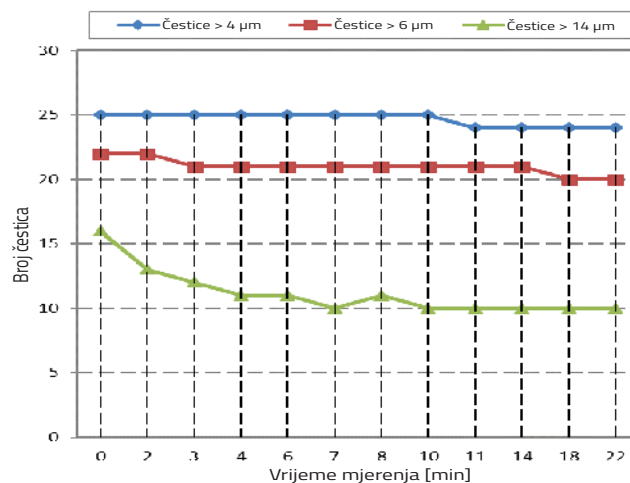
Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti, da je kombinacija filtarskih uložaka primjerna za grubo filtriranje, jer dobro filtrira samo čestice veće od 14 µm, a količina ostalih se smanjuje zanemarivo.

Ispitna kombinacija filtarskih materijala C

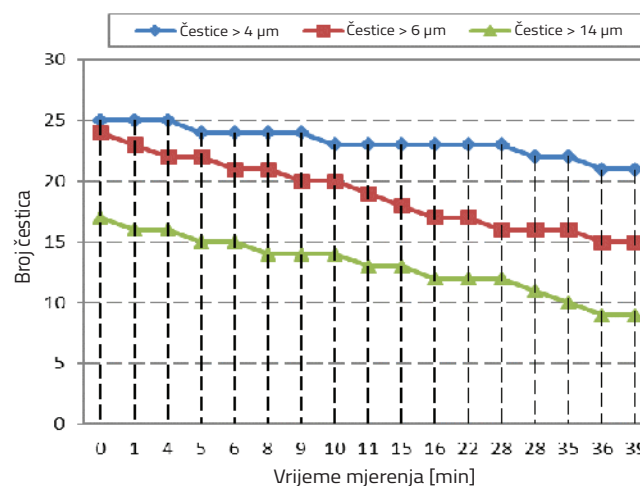
Na slici 10 je očito, da se tijekom filtriranja broj čestica većih do 4 µm smanjio iz razreda 25 na razred 21, a broj čestica većih od 14 µm, smanjio se iz početnog 17. razreda na konačni 9. razred.

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti, da je kombi-

nacija filtarskih uložaka primjerna za srednje filtriranje, jer filtrira sve čestice, iako se osjetno smanjuje samo broj čestica većih od 14 µm i broj čestica većih od 6 µm.



» Slika 9: Izmjerena čistoća hidrauličke kapljevine pri drugom filtriranju, s kombinacijom filtarskih materijala B.



» Slika 10: Izmjerena čistoća hidrauličke kapljevine pri trećem filtriranju, s kombinacijom filtarskih materijala C.

Zaključci

Članak obrađuje problematiku filtriranja hidrauličkih kapljevine. Ispitali smo učinkovitosti različitih filtarskih materijala, različitim nazivnim propusnostima, beta vrijednosti i apsorpciji. Za testiranje smo primijenili onečišćeno hidrauličko ulje SIST ISO VG46. Homogenost ulja je u našem slučaju bila teško postiziva.

U prosjeku su različiti ispitivani filtarski materijali smanjili broj čestica većih od 14 µm za 3 do 9 razreda, što znači 8 do 512 puta manje čestica. U prosjeku su smanjili broj čestica većih od 6 µm za 0 do 9 razreda, što znači između 0 i 512 puta manje čestica. U prosjeku su smanjili broj čestica većih od 4 µm za 0 do 4 razreda, što znači za 0 do 16 puta manje čestica. Očito je, da ispitani filtarski materijali najbolje uklanjaju veće čestice, tj. čestice veće od 6 µm i 14 µm.

U nastavku istraživanja ćemo ispitati kvalitetu filtarskih materijala prema normi s primjenom ispitnog praha. Rezultati navedenih istraživanja će biti predstavljeni u jednom od sljedećih brojeva časopisa IRT3000.

» lab.fs.uni-lj.si/lft
» svet-filtracije.com