



### NOVI PRISTUPI U ODREĐIVANJU POTREBNE ČISTOĆE HIDRAULIČKIH FLUIDA

Vladimir SAVIĆ, red. prof., *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, SCG*

Mitar JOCANOVIĆ, asistent, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, SCG*

Milija KRAJIŠNIK, asistent, *Mašinski fakultet, Srpsko Sarajevo, Republika Srpska, BiH*

#### **Rezime:**

Čvrste čestice u hidrauličkom fluidu dovode do poremećaja u radu hidrauličkog sistema i utiču na skraćenje veka korišćenja hidrauličkih komponenti. Logična je težnja da se sve čvrste čestice, internog i eksternog porekla, izdvoje iz hidrauličkog fluida. Kako je to složen i skup postupak, neophodno je za svaki hidraulički sistem definisati stvarno potreban stepen čistoće, koji će obezbediti nesmetan rad hidrauličkog sistema i troškove izdvajanja čvrstih čestica koji će biti usklađeni sa konstrukcijom sistema i njegovim značajem u proizvodnom procesu. Krajem 1990-te godine stupili su na snagu novi ISO standardi kojima je uveden kriterijum merenja veličine čvrstih čestica u tri, umesto u dve dimenzije. Takvim postupkom snimanja značajno se približilo realnom sagledavanju veličina čvrstih čestica, posebno onih manjih dimenzija, u osnovi i najbrojnijih u hidrauličkom fluidu. U radu se daje prikaz tih promena i pristup definisanju potrebne čistoće hidrauličkog fluida za pojedine konstrukcije hidrauličkih komponenti.

#### **1. UVOD**

Hidraulički fluid se kontaminira čvrstim česticama, vodom i vazduhom. Svaka kontaminacija dovodi do poremećaja u radu hidrauličkog sistema i utiče na smanjenje veka korišćenja hidrauličkih komponenti. Zbog složenog delovanja posebno značajno je prisustvo čvrstih čestica. Njihov uticaj na hidrauličke komponente zavisi od:

1. karakteristika čvrstih čestica: oblik, broj, veličina i karakteristike materijala,
2. karakteristika komponenti: konstrukcioni oblik komponente, oblik kontakta, veličina zazora, kinematika kretanja i karakteristike materijala,
3. karakteristika sistema: radni pritisak i protok.

Osnovni preduslov za ocenu stepena uticaja čvrstih čestica na hidrauličke komponente je:

- a) definisanje zahteva komponente u pogledu „dozvoljenog“ broja čvrstih čestica određene veličine i

- b) identifikacija stvarnog broja čvrstih čestica razvrstanih po veličinama.

Prvi standardi kojima se definišu kriterijumi čistoće hidrauličkih fluida pojavljuju se u USA početkom šezdesetih godine (MIL; NAS; SAE ASTM). Nešto kasnije se pojavljuju standardi ACFTD i ISO. Paralelno sa definisanjem pomenutih standarda razvijaju se i metode ispitivanja sadržaja čvrstih čestica, ukupno i pojedinačno po veličinama, da bi se krajem devedestih godina pojavila sasvim nova serija standarda ISO za kalibraciju uređaja, klasifikaciju čvrstih čestica i efikasnost izdvajanja. Potrebno je naglasiti da se standardima ne definiše potreban stepen čistoće hidrauličkog fluida za pojedine konstrukcije komponenti i sistema, to čine proizvođači komponenti, proizvođači uređaja za prečišćavanje i pojedini istraživači.

## 2. GRUPA ISO STANDARDA

Nova serija ISO standarda, kojima se definišu kriterijumi za merenje broja čvrstih čestica i klasiranje po grupama, stupili su na snagu krajem 1999-te godine ali kako će se, ranije proizvedena skupa oprema za ispitivanje koristiti još dugi niz godina, još uvek se koriste i stari standardi.

| Stari standard | Novi standard | Sadržaj standarda                               |
|----------------|---------------|---|
| ISO 4402       | ISO 11171     | Kalibracija automatskog merenja čvrstih čestica |
| ISO 4406       | ISO 4406/99   | Klasifikacija ISO kodova (klasa) čistoće fluida |
| ISO 4572       | ISO 16889     | Merenje efikasnosti izdvajanja čv. čestica      |

Najznačajnije promene se mogu uočiti kod standarda za kalibraciju automatskog merenja čvrstih čestica. Ovaj standard se koristi samo kod uređaja za elektronsko i automatsko snimanje, brojanje i razvrstavanje čvrstih čestica po grupama različitih veličina.

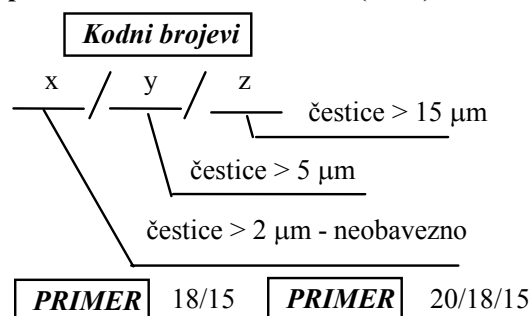
Snimanje čvrstih čestica prema ranijem standardu ISO 4402, vrši se u dve dimenzije (površinski snimak), a kalibracija uređaja za snimanje se vrši prema normativu ACFTD (Air Cleaner Fine Test Dust) iz 1960 - tih godina.

Četrdesetak godina kasnije razvijena je tehnologija merenja koja je omogućila snimanje čvrstih čestica u tri dimenzije (prostorni snimak) pa su stvoreni uslovi za definisanje novog standarda ISO 11171 kojim se propisuje novi postupak kalibracije. Osnova za to je i upotreba standarda ISO MTD (Medijum Test Dunst) kojim se definiše distribucija čvrstih čestica u novom standardnom referentnom materijalu SRM 2806. U cilju razgraničavanja brojčanih veličina izmerenih po jednom i drugom standardu, jer su postupci merenja sasvim različiti (u dve i tri dimenzije), uvedena je i oznaka (c) koja se obavezno navodi uz brojčanu vrednost čvrste čestice i ona označava da je merenje izvršeno u tri dimenzije.

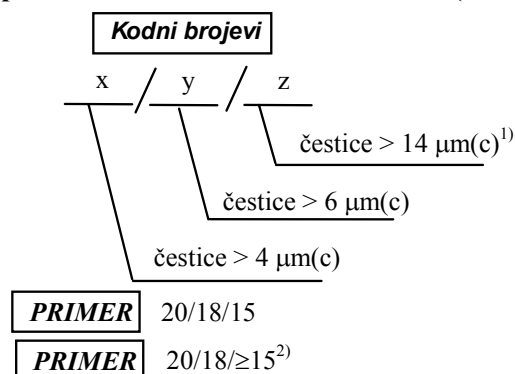
Klasiranje čvrstih čestica se po ranijem standardu ISO 4406 vršilo u 24 kodne grupe od 1 do 24, a po novom standardu iz 1999-te godine (ista oznaka 4406) vrši se u 29 grupa od 0 do 28. Ranijim standardom se odbrojava broj čvrstih čestica veličine 5 i 15  $\mu\text{m}$  (kasnije uvedena neobavezno i veličina 2  $\mu\text{m}$ ) u 100 ml uzorka, a po novom u 1 ml uzorka ulja odbrojavaju se čvrste čestice veličine 4, 6 i 14  $\mu\text{m}(c)$  mereno u tri dimenzije.

U skladu sa navedenim, principi označavanja prema čistoći ulja prema starom i novom standardu ISO 4406 prikazuje se na sledeći način:

### a) prema standardu ISO 4406 (stari)



### b) prema standardu ISO 4406 iz 1999. (stari)



1) Oznakom (c) se ukazuje da je ispitivanje broja čvrstih čestica izvršeno po novom standardu.

2) Znak  $\geq$  se navodi kada je u uzorku od 1 ml izmereno manje od 20 čestica veličine na koju se odnosi kodni broj.

Različit način snimanja po dva navedena standarda u dve i tri ravni, daje i različite rezultet merenje čestica iste stvarne veličine. Te razlike se navode u tabeli:

| Područje manjih dimenzija čestica ( $\mu\text{m}$ ) |       | Područje većih dim. čestica ( $\mu\text{m}$ ) |       |
|---|-------|---|-------|
| Standard ISO  |       |   |       |
| 4402  | 11171 | 4402  | 11171 |
| < 1   | 4,0   | 12,0  | 11,3  |
| 1,0   | 4,2   | 15,0  | 13,6  |
| 2,0   | 4,6   | 15,5  | 14,0  |
| 2,7   | 5,0   | 20,0  | 17,5  |
| 3,0   | 5,1   | 25,0  | 21,2  |
| 4,3   | 6,0   | 30,0  | 24,9  |
| 5,0   | 6,4   | 40,0  | 31,7  |
| 7,0   | 7,7   | 50,0  | 38,2  |
| 10,0  | 9,8   | 100,0   | 70,0  |

Iz datog prikaza vidi se da je čestica veličine:

- 2 µm merena u dve dimenzije, stvarne veličine 4,5 µm;
- 5 µm merena u dve dimenzije, stvarne veličine 6,4 µm;
- 15 µm merena u dve dimenzije, stvarne veličine 13,6 µm;

pa je zato i promenjeno merno područje veličina čvrstih čestica sa 2, 5 i 15 µm na 2, 6 i 14 µm.

### 3. OSNOVNI KRITERIJUMI POTREBNE ČISTOĆE HIDRAULIČKIH FLUIDA

Definisanje potrebnog nivoa čistoće hidrauličkog fluida donosi se na osnovu nekoliko polaznih elemenata: konstrukcija komponente; konstrukcija hidrauličkog sistema; veličina zazora unutar komponente; radni pritisak; godina proizvodnje; važnost mašine u proizvodnom ili transportnom procesu; preporuka proizvođača komponente; intenzitet kontaminacije čvrstim česticama i dr. Analizom literaturnih podataka i preporuka proizvođača hidrauličkih komponenti i filtera dolazi se do zaključka da se zahtevi u pogledu potrebnog stepena čistoće fluida povećavaju paralelno sa razvojem konstrukcije hidrauličkih komponenti, porastom radnih pritisaka i tendencijom da se produži rad hidrauličkog sistema bez otkaza komponenti. U odnosu na te objektivne promene kriterijuma, mogu se uočiti i dijametralno različiti pristupi, čak i sa potpuno nerealnim zahtevima.

Detaljan pristup autora problemu definisanja potrebne čistoće hidrauličkog fluida izložen je u [4], a ovde se daje u skraćenom obliku:

#### A. Radni pritisci do 70 bara

| Komponenta               | ISO<br>4406/99 | NAS<br>1638 |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Zupčasta pumpa           | 20/18/15       | 9           |
| Krilna p. konst. kapaci. | 20/18/15       | 9           |
| Krilna p. sa regulacijom | 19/17/14       | 8           |
| Klipnoaksijalna p.konst. | 19/17/14       | 8           |
| Klipnoaksijalna p.regul. | 18/16/13       | 7           |
| Cilindar                 | 20/18/15       | 9           |
| Razvodni ventil          | 20/18/15       | 9           |
| Ventil pritiska          | 20/18/15       | 9           |
| Ventil protoka           | 20/18/15       | 9           |
| Ugradni ventil           | 20/18/15       | 9           |
| Proporcionalni ventil    | 19/17/14       | 8           |
| Servo ventil             | 16/14/11       | 5           |

#### B. Radni pritisci do 210 bara

| Komponenta               | ISO<br>4406/99 | NAS<br>1638 |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Zupčasta pumpa           | 19/17/14       | 8           |
| Krilna p. konst. kapa.   | 19/17/14       | 8           |
| Krilna p. sa regulacijom | 19/17/14       | 8           |
| Klipnoaksijalna p.konst. | 19/17/14       | 8           |
| Klipnoaksijalna p.regul. | 18/16/13       | 7           |
| Cilindar                 | 20/18/15       | 9           |
| Razvodni ventil          | 19/17/15       | 9/8         |
| Ventil pritiska          | 19/17/14       | 8           |
| Ventil protoka           | 19/17/14       | 8           |
| Ugradni ventil           | 19/17/15       | 9/8         |
| Proporcionalni ventil    | 18/16/13       | 7           |
| Servo ventil             | 16/14/11       | 5           |

#### C. Radni pritisci iznad 210 bara

| Komponenta               | ISO<br>4406/99 | NAS<br>1638 |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Zupčasta pumpa           | 18/16/13       | 7           |
| Krilna p. konst. kapa.   | 18/16/13       | 7           |
| Krilna p. sa regulacijom | 17/15/13       | 7/6         |
| Klipnoaksijalna p.konst. | 17/15/13       | 7/6         |
| Klipnoaksijalna p.regul. | 16/14/12       | 6/5         |
| Cilindar                 | 19/17/14       | 8           |
| Razvodni ventil          | 19/17/14       | 8           |
| Ventil pritiska          | 19/17/14       | 8           |
| Ventil protoka           | 19/17/14       | 8           |
| Ugradni ventil           | 19/17/14       | 8           |
| Proporcionalni ventil    | 17/15/12       | 6           |
| Servo ventil             | 16/14/11       | 5           |

Da bi se u potpunosti shvatio obim promena u zahtevima koji se postavljaju u pogledu potrebne čistoće hidrauličkog fluida u tabeli daje se pregled zahteva iz 1991. godine jednog od najvećih evropskih proizvođača hidrauličke opreme. Ranijih godina se radni pritisak nije uzimao kao jedan od kriterijuma u oceni potrebne čistoće hidrauličkog fluida. To je bio sasvim pogrešan pristup, jer su kod viših radnih pritisaka veći i mehanički pritisci unutar komponenti, posebno pumpi, a kod viših radnih pritisaka veća je verovatnoća utiskivanja čvrste čestice u zazor hidrauličke komponente.

| Komponenta               | ISO<br>4406/99 | NAS<br>1638 |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Zupčasta pumpa           | 19/15          | 10          |
| Krilna p. konst. kapa.   | 18/14          | 9           |
| Krilna p. sa regulacijom | 18/14          | 9           |
| Klipnoaksijalna p.konst. | 18/14          | 9           |
| Klipnoaksijalna p.regul. | 18/14          | 9           |
| Cilindar                 | 19/15          | 10          |
| Razvodni ventil          | 19/15          | 10          |
| Ventil pritiska          | 19/15          | 10          |
| Ventil protoka           | 19/15          | 10          |
| Proporcionalni ventil    | 18/14          | 9           |
| Servo ventil             | 17/13          | 7           |

#### 4. ZAKLJUČAK

1. Hidraulički fluid se kontaminira čvrstim česticama, vodom i vazduhom. Čvrste čestice imaju najznačajniji uticaj na poremećaj u radu hidrauličkog sistema i smanjenja veka upotrebe hidrauličke komponente.
2. Održavanje potrebnog nivoa čistoće ulja vrši se sistemom za filtriranje.
3. U cilju postizanja optimalnog veka korišćenja hidrauličkih komponenti, obezbeđenja rada hidrauličkog sistema bez poremećaja i ekonomičnosti održavanja čistoće hidrauličkog fluida, neophodno je utvrditi nužno potrebni nivo čistoće ulja. Čistoća ulja se definiše

dozvoljenim brojem čvrstih čestica određene veličine.

4. Snimanje broja čvrstih čestica i njihovo razvrstavanje po grupama vrši se na osnovu nekoliko standarda od kojih se posebno izdvaja ISO standard. Od 1999. god. uveden je princip snimanja dimenzija čvrstih čestica u tri umesto u dve dimenzije.
5. Paralelno sa razvojem konstrukcije komponenti hidrauličkih sistema i pooštrenim zahtevima u pogledu pouzdanosti rada hidrauličkog sistema, značajno su povećani zahtevi u pogledu čistoće ulja.

#### LITERATURA

1. Grupa autora; Obrada iskorišćenih ulja i emulzija, IKOS, Zenica, 1991.
2. Hahman, W.; Filtration today, Fluid Power Conference, 2001.
3. Savić V.; Održavanje komponenti i hidrauličkih sistema; IKOS, Novi Sad, 1998.
4. Savić V.; Uljna hidraulika 3, IKOS, Novi Sad, 2003.
5. US Stil, The Lubrication Engineers Manual, USA, 1971.
6. Fa. Rexroth, Umweltvertregliche Flussigkeiten fur Hydraulik, 2002.
7. Fa. Vickers, Verschmutzung Wirksame der Kontrolle in Hydrauliksysteme, 1985.
8. Fa Schroeder, Stručni materijali i katalozi.
9. Standardi: ISO, JUS, DIN, ASTM
10. Časopis Plant Engineering; 1999.