



MOGUĆE GREŠKE KOD ODREĐIVANJA KINEMATSKE VISKOZNOSTI TEČNOSTI

spec. **Milorad ĐUKIĆ**, mr **Pero DUGIĆ**, **Mirko PETKOVIĆ**, dipl. inž.
Rafinerija ulja Modriča, Vojvode Stepe 49, Republika Srpska, BiH
E-mail: primjena@modricaoil.com

Rezi me

Prilikom određivanja vrednosti viskoznosti uzoraka tečnosti moguće su greške koje ne smeju preći dozvoljenu vrednost. Standard ISO 3104 definiše maksimalno odstupanje rezultata merenja koje se dobije nakon različitih načina i mesta merenja. Greške koje nastaju su uglavnom posledica određivanja kalibracione konstante, koncentracije ispitivača, određene temperature ispitivanog uzorka.

U radu su prezentovani rezultati merenja kinematske viskoznosti uzoraka ulja po Ubbelohde. Cilj merenja ja bio da se utvrde moguće greške ispitivača pri određivanju kinematske viskoznosti uzorka ulja na 40 i 100 °C i moguća greške koja može da nastane usled nepreciznosti prilikom određivanja temperature uzorka ulja za određenu temperaturu.

Ključne reči: viskoznost,, viskozimetar, preciznost, temperatura

1. UVOD

Viskoznost je po definiciji mera unutrašnjeg trenja u fluidu i predstavlja najznačajniju fizičku karakteristiku maziva. Za njeno određivanje se koriste viskozimetri koji su zasnovani na određenim fizičkim principima koji su prisutni tokom njegovog merenja. Razlikujemo tri vrste viskozimetara i to: kapilarni viskozimetar, viskozimetar sa padajućom koglicom i rotacioni viskozimetar. Najviše primenjivani viskozimetri za određivanje viskoznosti tečnosti su kapilarni viskozimetri.

Prilikom određivanja kinematske viskoznosti maziva moguće su greške koje su posledica sledećih faktora:

- koncentracija i spretnost ispitivača,
- određena temperatura uzorka ulja za ispitivanje,
- kalibraciona konstanta viskozimetra,
- čistoća ulja,
- homogenost uzorka ulja,

- čistoća mernog uređaja,

U radu su prezentovani rezultati merenja kinematske viskoznosti uzoraka ulja po Ubbelohde-ovom viskozimetru. Cilj merenja ja bio da se utvrde moguće greške ispitivača pri određivanju kinematske viskoznosti uzorka ulja na 40 i 100 °C i moguće greške koja može da nastane usled nepreciznosti prilikom određivanja temperature uzorka ulja za određenu temperaturu.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

U laboratoriji Rafinerije ulja Modriča za ispitivanje maziva i tečnosti izvršena je analiza merenja viskoznosti ulja s ciljem ukazivanja na moguće greške ispitivača i moguće greške nastale zbog nepreciznosti pri određivanju temperature uzorka ulja.

Određivanje kinematske viskoznosti uzorka ulja je vršeno od strane jednog ispitivača na Ubbelohde-ovom viskozimetru za određivanje kinematske viskoznosti na 40 i 100 °C.

Postupak određivanja vrednosti viskoznosti je zasnovan na početnoj pripremi jednog uzorka za ispitivanje i tri viskozimetra koja su prethodno baždarene, te štoperice za merenje vremena i termometra za određivanje temperature uzorka. Merenje vremena je izvršeno 10 puta po viskozimetru. Nakon toga određena je aritmetička vrednost vremena i utvrđena su odstupanja odnosno greške ispitivača. Prilikom određivanja greške koja može da nastane zbog nepreciznosti određivanja temperature, korišćene su temperature na 39; 39,5; 40; 40,5; 41; 99; 99,5; 100; 100,5 i 101 i mereno je vreme isticanja ulja u viskozimetru pet puta.

2.1 Greška ispitivača

1. Dobijeni rezultati kinematske viskoznosti na 40 i 100 °C po Ubbelohde-ovom viskozimetru.

Rezultati se dobiju iz sledećeg izraza:

$$v = k t, [\text{mm}^2/\text{s}]$$

gde je:

- v-kinematska viskoznost ulja,
 - k-baždarena konstanta epruvete,
 - t-vreme kretanja ulja u određenom intervalu.
- S tim da su u konkretnom primeru određivanja kinematske viskoznosti korišćene sledeće veličine:
- k_1, k_2 i k_3 - kalibracione konstante viskozimetara 1, 2 i 3,
 - t_1, t_2, \dots, t_{10} - vremena merenja kretanja uzorka ulja u viskozimetru sa štopericom,
 - t_{SR} - srednje vreme proticanja uzorka ulja u viskozimetru,
 - Δt - odstupanje vremena od srednje vrednosti,
 - Δt_{SR} - srednje odstupanje vremena od srednje vrednosti
 - t_0 - greška ispitivača izražena u procentu u odnosu na srednju vrednost vremena.

Viskoznost na 40 °C

Prvi viskozimetar

Tabela 1: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	121,14	120,89	121,08	121,06	120,77	120,66	121,17	121,03	121,08	120,84
t_{SR} [s]	120,97									
Δt [s]	0,17	0,08	0,11	0,09	0,2	0,31	0,2	0,06	0,11	0,13
Δt_{SR} [s]	0,15									

Tabela 2: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	119,65	119,45	119,41	119,52	119,54	119,42	119,82	119,35	119,14	119,38
t_{SR} [s]	119,47									
Δt [s]	0,18	0,02	0,06	0,05	0,07	0,05	0,35	0,12	0,33	0,09
Δt_{SR} [s]	0,13									

$$k_1=0,5845$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 1.

$$v = 70,71 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t_0 = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,12 \text{ \%}.$$

Drugi viskozimetar

$$k_2=0,5914$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 2.

$$v = 70,65 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t_0 = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,11 \text{ \%}.$$

Treći viskozimetar

$$k_3=0,6037$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 3.

$$v = 70,71 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t_0 = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,08 \text{ \%}.$$

Ako se uzmu u obzir dobijene veličine kinematske viskoznosti može se odrediti ukupna greška ispitivača pri određivanju kinematske viskoznosti na 40 °C uzorka ulja sa tri različite kalibracione konstante viskozimetra. Prema tome greška ispitivača iznosi:

$$GI_{\%} = (0,12 + 0,11 + 0,08) / 3 = 0,1 \text{ \%}.$$

Dobijena greška ispitivača je u granicama tolerancije propisana standardom ISO 3104.

Viskoznost na 100 °C

Prvi viskozimetar

$$k_1=0,0582$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 4.

Tabela 3: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	117,18	116,95	117,16	117,20	117,27	117,04	117,21	117,03	117,01	117,12
t _{SR} [s]	117,12									
Δt [s]	0,06	0,17	0,04	0,08	0,15	0,08	0,09	0,09	0,11	0,00
Δt _{SR} [s]	0,09									

Tabela 4: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	152,04	151,80	151,69	152,75	151,47	152,01	151,47	151,13	151,85	151,01
t _{SR} [s]	151,72									
Δt [s]	0,32	0,08	0,03	0,03	0,25	0,29	0,25	0,59	0,13	0,71
Δt _{SR} [s]	0,27									

Tabela 5: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	144,85	144,69	145,20	144,34	144,80	144,54	144,70	144,68	144,73	144,83
t _{SR} [s]	144,74									
Δt [s]	0,11	0,05	0,46	0,40	0,06	0,20	0,04	0,06	0,01	0,09
Δt _{SR} [s]	0,15									

Tabela 6: Vreme proticanja ulja u viskozimetru

t [s]	164,05	164,03	165,03	164,48	165,24	164,75	164,26	164,26	164,38	164,19
t _{SR} [s]	164,47									
Δt [s]	0,42	0,44	0,56	0,01	0,23	0,28	0,21	0,21	0,09	0,28
Δt _{SR} [s]	0,27									

$$v = 8,83 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t\% = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,18 \%$$

Drugi viskozimetar

$$k_2 = 0,06007$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 5.

$$v = 8,69 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t\% = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,10 \%$$

Treći viskozimetar

$$k_3 = 0,05339$$

Tabelarni prikaz rezultata merenja vremena proticanja uzorka ulja u viskozimetru je dat u tabeli 6.

$$v = 8,78 \text{ mm}^2/\text{s}.$$

$$t\% = (\Delta t_{SR} / t_{SR}) 100 = 0,16 \%$$

Ako se uzmu u obzir dobijene veličine kinematske viskoznosti može se odrediti ukupna greška ispitivača pri određivanju kinematske viskoznosti na 100 °C uzorka ulja sa tri različite kalibracione konstante viskozimetra. Prema tome greška ispitivača iznosi:

$$GI\% = (0,18 + 0,10 + 0,16) / 3 = 0,15 \%$$

Dobijena greška ispitivača je u granicama tolerancije propisana standardom ISO 3104.

2.2 Greška u temperaturi

1. Dobijeni rezultati kinematske viskoznosti na različitim temperaturama po Ubbelohde-ovom viskozimetru.

Rezultati se dobiju iz sledećeg izraza:

$$v = k t, \text{ [mm}^2/\text{s]}$$

gde je:

- v-kinematska viskoznost ulja,
 - k-baždarena konstanta epruvete,
 - t-vreme kretanja ulja u određenom intervalu.
- S tim da su u konkretnom primeru određivanja kinematske viskoznosti korišćene sledeće veličine:
- k - kalibraciona konstanta viskozimetra,
 - t₁, t₂, ..., t₅ - vremena merenja kretanja uzorka ulja u viskozimetru sa štopericom,
 - t_{SR} - srednje vreme proticanja uzorka ulja u viskozimetru,
 - T- temperatura merenja uzorka ulja,
 - Δv - odstupanje viskoznosti od temperatura na 40 i 100 °C.

U tabeli 7 su prikazani rezultati merenja kinematske viskoznosti uzorka ulja na temperaturama u blizini 40 °C.

U tabeli 8 su prikazani rezultati merenja kinematske viskoznosti uzorka ulja na temperaturama u blizini 100 °C.

Tabela 7: Kinematska viskoznost uzorka ulja na temperaturama u blizini 40 °C

T, °C	k	t, s					t _{SR}	v, mm ² /s	Δv, mm ² /s
40	0,5997	118,06	118,28	118,30	118,29	118,29	118,29	70,94	-
39		125,32	125,33	125,50	125,40	125,40	125,39	75,20	4,26
39,5		121,34	121,23	121,23	121,24	121,23	121,25	72,72	1,78
40,5		115,27	115,26	115,30	115,29	115,29	115,28	69,13	1,81
41		111,52	111,58	111,60	111,54	111,53	111,56	66,90	4,04

Tabela 8: Kinematska viskoznost uzorka ulja na temperaturama u blizini 100 °C

T, °C	k	t, s					t _{SR}	v, mm ² /s	Δv, mm ² /s
100	0,05411	161,62	161,69	161,69	161,70	161,69	161,68	8,75	-
99		167,10	167,22	167,14	167,14	167,17	167,15	9,04	0,29
99,5		163,68	163,89	163,79	163,82	163,80	163,80	8,86	0,11
100,5		159,74	159,71	159,72	159,72	159,71	159,72	8,64	0,11
101		156,91	156,97	156,95	156,90	156,96	156,94	8,49	0,26

Nakon završetka merenja kinematske viskoznosti na temperaturama u blizini 40 i 100 °C može se konstatovati da je greška odnosno odstupanje vrednosti veće sa povećanjem razlike temperature. Na višoj temperaturi vrednost viskoznosti se smanjuje u odnosu na traženu temperaturu (40 i 100 °C), dok za smanjenje temperature viskoznost raste. Na dijagramu viskoznost ima pravilan grafik koji pokazuje tendenciju rasta odnosno opadanja vrednosti kinematske viskoznosti.

3. ZAKLJUČCI

- Viskoznost je jedna od najvažnijih fizičkih karakteristika maziva,
- Za određivanje viskoznosti maziva i tečnosti koriste se viskozimetri koji mogu biti: kapilarni i rotacioni viskozimetri i viskozimetar sa padajućom koglicom,
- Greške koje se javljaju prilikom merenja viskoznosti mogu da nastanu tokom baždarenja, rada pri merenju i računanja sa dobijenim brojkama,
- Uzročnici grešaka koje se javljaju prilikom merenja viskoznosti su: temperatura uzoraka ulja, spretnost analitičara sa štopericom, čistoća ulja, homogenost uzorka ulja, čistoća viskozimetra, tačnost konstante baždarenog viskozimetra,

- Oscilacije u temperaturi u odnosu na traženu temperaturu kinematske viskoznosti uzoraka ulja mogu da uzrokuju velika odstupanja od tražene viskoznosti ulja za određenu temperaturu,
- Dobra koncentracija odnosno spretnost ispitivača povlači dobru tačnost dobijenog rezultata koji će zadovoljiti standarde koji definišu preciznost merenja.
- Redovna kalibracija viskozimetra, štoperice i termometra će smanjiti greške merenja.

LITERATURA

- [1] *Dowson, D., History of Tribology*, Longman, 1979
- [2] *Dr Rac, A., Osnovi tribologije*, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1991.
- [3] *Grupa autora., Maziva i podmazivanje*, JUGOMA, Zagreb, 1988.
- [4] *Dr Adžić, M, Dr Rac, A., Priručnik za laboratorijska merenja iz pogonskih materijala*, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1983.
- [5] *spec. Đukić, M. M., Tehno-ekonomski aspekti primene ulja SAE 20W-50 u vremešnim motorima*, Konferencija o tribologiji, Beograd, 2001.
- [6] *Barz, W.J., Viscosity and flow behaviour of multigrade oils*, Tribologia e lubrificazione- vol. XIII, Decembar 1978.