

Měření viskozity

K měření viskozity se používají přístroje založené na několika principech, tedy na měření veličin, jejichž hodnota v daném fyzikálním systému souvisí s viskozitou měřené kapaliny.

Rotační viskozimetry

Principem společným všem typům rotačních viskozimetrů je měření momentu síly, který musí překonávat rotující těleso ponořené do kapaliny. Za ideálních podmínek pro velikost tohoto momentu platí:

$$M = k\omega\eta$$

, kde M je moment síly, ω je úhlová frekvence rotujícího tělesa, η dynamická viskozita a k je konstanta přístroje zahrnující především jeho geometrii. Pochopitelně že rotace tělesa musí být tak pomalá, aby nedocházelo k turbulentnímu proudění. Obvyklou geometrií je válcová nádoba, do které je ponořen rotující válec. Velkou výhodou rotačních viskozimetrů je to, že jsou v principu schopny měřit i viskozitu nenewtonovských kapalin.

Kapilární viskozimetry

Kapilární nebo též výtokové viskozimetry jsou založeny na měření objemového průtoku měřené kapaliny trubicí definovaných rozměrů. Výchozím principem je Hagen-Poiseuillova rovnice pro svisle umístěnou kapiláru kruhového průřezu o poloměru r a délce l , kterou za čas τ proteče kapalina o objemu V :

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta p \tau}{8 V l}$$

Dále pro rozdíl tlaků Δp platí při pomalém proudění vzorec známý již ze základní školy:

$$\Delta p = h\rho g$$

Měření se obvykle používá tak, že se srovnává čas průtoku referenční (známé) kapaliny a kapaliny měřené. Pro poměr jejich dynamických viskozit platí po dosazení do výše uvedených rovnic:

$$\frac{\eta}{\eta_{ref}} = \frac{\tau\rho}{\tau_{ref}\rho_{ref}}$$

Jednoduchou úpravou dostaneme:

$$\frac{\frac{\eta}{\rho}}{\frac{\eta_{ref}}{\rho_{ref}}} = \frac{\tau}{\tau_{ref}}$$

Zlomek na pravé straně je vlastně poměrem kinematických viskozit, tedy:

$$\frac{\nu}{\nu_{ref}} = \frac{\tau}{\tau_{ref}}$$

Pomocí většiny kapilárních viskozimetrů tedy měříme kinematickou viskozitu, protože hnací silou toku přes kapiláru je síla gravitační. Toto lze do jisté míry korigovat použitím vnější síly, která bude podstatně větší než síla gravitační.

Konkrétních technických realizací existuje celá řada, např.:

- **Fordův pohárek** je nejjednodušší typ sloužící k orientačnímu měření obvykle technických olejů. Vlastně jde jen o standardizovaný model původní „plechovky s dírou ve dně“. Tento viskozimetr měří kinematickou viskozitu.
- **Ostwaldův viskozimet** je vlastně skleněnou trubicí tvaru písmene U, ve které je ryskami přesně vyznačen objem. Tento viskozimetr měří kinematickou viskozitu.
- **Ubbelohdeho viskozimetr** je poněkud komplikovanější konstrukce než Ostwaldův viskozimetr. Tento viskozimetr měří kinematickou viskozitu.
- **Mariotteova láhev** je vlastně uzavřená nádoba s vodorovnou kapilárou u dna. Dominující hnací silou je tlak přiváděný nad hladinu kapaliny. Mariotteova láhev tedy měří dynamickou viskozitu.

Kapilární viskozimetry nelze použít k měření nenewtonovských kapalin, protože nenewtonovská kapalina proudící kapilárou obecně nemá parabolický profil rychlostí. To znamená, že v Hagen-Poiseuillov vztah nebude v uvedeném tvaru platit.

Tělískové viskozimetry

Tělískové viskozimetry jsou založeny na měření rychlosti pádu nebo naopak vystoupání k hladině zkušebního tělesa. Odporovou sílu působící na těleso obtékané kapalinou popisuje Stokesův zákon, který má pro obvykle používané kulové tělísko o poloměru r , které se pohybuje rychlostí v , tvar:

$$F = 6\pi\eta r v$$

Obecně se pro daný přístroj sestaví pohybová rovnice zkušebního tělíska, ve které vedle odporové síly figuruje i síla gravitační a vztlaková. Pro zkušební kuličku o poloměru r a hustotě ρ a po doplnění předpokladu, že kulička již padá konstantní rychlostí, bude mít výsledný vztah podobu:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2 g (\rho - \rho_{\text{kapalina}})}{v}$$

K vlastnímu měření se obvykle použije měření doby t , za kterou tělísko urazí danou vzdálenost. Po zvážení tohoto a po vytknutí všech fixních parametrů do jediné konstanty k lze psát:

$$\eta = K(\rho - \rho_{\text{kapalina}})t$$

Příkladem technické realizace je viskozimetr Höpplerův.

Tělískové viskozimetry lze použít pouze k měření newtonovských kapalin. Dalším omezením je, že je třeba, aby byla kapalina průhledná.

Další typy viskozimetrů

- **Vibrační viskozimetry** jsou založeny na studiu šíření nízkofrekvenčního vlnění s poměrně vysokou amplitudou v kapalině.
- **Ultrazvukové viskozimetry** jsou v hrubém principu podobné vibračním, liší se především tím, že jde o jednoznačně akustické měření na vysokých frekvencích a nízkých amplitudách.
- **Plovákové viskozimetry** jsou založeny na studiu unášení plováku proudící kapalinou.

Odkazy

Související články

- Viskozita