

Technická měření v bezpečnostním inženýrství

Čís. úlohy:

8

Název úlohy:

Měření viskozity

Úkol měření

Určete dynamickou viskozitu neznámé kapaliny při laboratorní teplotě.

Zjistěte dynamickou viskozitu při dalších teplotách – cca o 10 a 20 °C vyšších než původní teplota, z měření sestrojte graf funkční závislosti viskozity na teplotě.

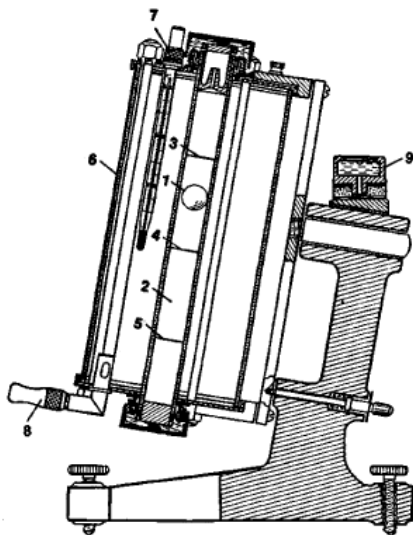
Uveďte, kde se s viskozitou můžeme setkat a v jakých jednotkách se vyjadřuje.

Obecná část

Dynamická viskozita η látky je veličina, neboli materiálová charakteristika, závislá na teplotě (se vzrůstající teplotou u kapalin klesá a u plynů roste). Definuje se jako konstanta úměrnosti mezi tečným napětím při proudění kapaliny a gradientem rychlosti, který je určován ve směru kolmém k toku kapaliny. K měření viskozity se běžně používají kapilární (průtokové), tělískové (pádové) a rotační viskozimetry a moderní vibrační viskozimetry.

Měření viskozity pomocí Höpplerova viskozimetru

Höpplerův viskozimetr (obr. 1) patří mezi tzv. tělískové viskozimetry. U tohoto druhu viskozimetrů se viskozita určuje z rychlosti pádu tělíška (kuličky) v dané kapalině.



- (1) kulička
- (2) trubice s kapalinou
- (3),(4),(5) kruhové značení na trubici
- (6) kapalina lázně
- (7) teploměr
- (8) přípojovací potrubí k termostatu
- (9) vodováha

Obr. 1: Höpplerův viskozimetr

Princip:

Na kuličku padající v kapalině působí tři síly: tíha \underline{G} , vztlak \underline{F}_A a odpor prostředí \underline{F}_S . Pro kuličku o hustotě ρ_K a poloměru r platí:

$$G = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_K g \qquad F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_V g \quad (\text{Archimedova síla), kde}$$

ρ_V hustota vzorku kapaliny,

ρ_K hustota padající kuličky.

g tíhové zrychlení

Pro odpor prostředí platí:

$$F_S = 6\pi\eta r v \quad (\text{Stokesova síla), kde}$$

η dynamická viskozita vzorku v rychlost pádu kuličky.

Mezi rýskami viskozimetru se kulička pohybuje pohybem rovnoměrným přímočarým, podle 1. Newtonova zákona tedy platí

$$G - F_A - F_S = 0.$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_K g - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_V g - 6\pi\eta r v = 0$$

Po dosazení:

$$\eta = \frac{2r^2(\rho_K - \rho_V)g}{9v}$$

odtud

Provedeme-li experiment tak, že necháme při měření kuličku proběhnout vždy stejnou dráhu a měříme čas t , za který tuto dráhu urazí, dostaneme

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9s} (\rho_K - \rho_V) t$$

Konstantu $K = \frac{2r^2 g}{9s}$ nazýváme konstanta kuličky.

Pak tedy: $\eta = K (\rho_K - \rho_V) t.$ (1)

Použité přístroje

Höpplerův viskozimetr, kovové a skleněné kuličky, teploměr, stopky, termostat pro zahřívání vodní lázně (temperovací kapaliny); odměrný válec, hustoměr.

Postup práce

1. Nalejte neznámou kapalinu do odměrného válce a pomocí hustoměru stanovte její hustotu s přesností $\pm 0,008 \text{ g/cm}^3$.
2. Zkontrolujte, zda základní deska viskozimetru je umístěna vodorovně (vodováha na přístroji). Pokud ne, upravte jeho polohu pomocí stavěcího šroubu na noze.
3. Ujistěte se, že viskozimetr je zaaretován. Odaretování se provádí vytažením šroubu se zářezem, aretuje se zasunutím zpět do kotvení.
4. Odšroubujte horní uzávěr, čistou a suchou spádovou trubicí zcela naplňte studovanou kapalinou a vložte vhodnou kuličku (dle pokynů pedagoga); doba průchodu kuličky mezi

- značkami se doporučuje 30 až 600 s. Viskozimetr uzavřete horním uzávěrem tak, aby přebytečná kapalina vytekla.
5. Odečtěte a poznamenejte teplotu na teploměru
 6. Změřte dobu, za kterou horní okraj kuličky spadne od horní rysky trubice viskozimetru k dolní rysce. Pak viskozimetr odaretujte, tělo viskozimetru otočte o 180° kolem vodorovné osy a opět zaaretujte. Opakujte měření (celkem nejméně třikrát – doba jednotlivých měření se neliší od střední hodnoty o více než 0,3%, jinak měření opakujeme).
 7. Zapněte termostat pro zvýšení teploty temperovací kapaliny o cca 10°C vyšší než laboratorní teplota, nechejte měřenou kapalinu nahřát cca 15 min a měření opakujte podle bodu 5 a 6.
 8. Zvyšte teplotu termostatu ještě o dalších cca 10°C a celý postup opakujte.
 9. Viskozimetr otevřete, jeho obsah vylejte do kádinky (pozor na padající kuličku) a viskozimetr důkladně propláchněte srovnávací kapalinou o známé viskozitě (např. destilovanou vodou).
 10. Po skončení práce vypusťte měřenou kapalinu z viskozimetru, viskozimetr důkladně vyčistěte a vypláchněte. Pak jej nechejte otevřený vyschnout.
 11. Podle údajů výrobce si zapište hustotu a konstantu použité kuličky.
 12. Proveďte výpočet: podle vztahu (1) a doplňte správně jednotky měřených veličin a vypočtených hodnot viskozity.
 13. Z výsledků měření sestrojte graf závislosti dynamické viskozity η na teplotě.

Výsledky - tabulky naměřených hodnot