

## AZ ENGLER-VISZKOZIMÉTER MODERNIZÁLÁSA

### MODERNIZATION OF THE ENGLER-VISCOMETER

Csomor Levente<sup>1</sup>, Kakucs András<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sapientia Egyetem, Marosvásárhelyi Kar, Mechatronika IV. év,  
[lcsomor@yahoo.com](mailto:lcsomor@yahoo.com)

<sup>2</sup>Sapientia Egyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék,  
[kakucs2@yahoo.com](mailto:kakucs2@yahoo.com)

#### Abstract

Using the Engler-viscometer the viscosity is measured by performing a “time-of-discharge” test on a sample. The apparatus and the principle of the method is rather simple but the results can be affected by errors: we have proposed a method to reduce these errors.

**Keywords:** Engler-viscometer

#### Összefoglalás

Az Engler-viszkóziméter a kifolyási idők összehasonlítása alapján állapítja meg egy folyadék viszkozitását. A készülék eléggé egyszerű és a mérési elv is az, azonban néhány hibalehetőséget is felvet: mi ezekre kerestünk egy lehetséges megoldást.

**Kulcsszavak:** Engler-viszkóziméter

#### 1. Az Engler-viszkóziméter

Az Engler-viszkóziméter a kapilláris-viszkóziméterek kategóriájába tartozik. Egy rögzített geometriájú, termosztatikus tartállyal rendelkezik, amelyet egy adott szintig kell feltölteni a mérendő folyadékkal. Ez a tartály alján egy standardizált csövecskén keresztül tud kifolyani.

A mérés 2 dl (200 cm<sup>3</sup>) folyadék kifolyási idejének mérése alapján történik [2], jelöljük ezt  $t_x$ -szel. A készülék „állandója” a 2 dl, 20 °C hőmérsékletű desztillált víz kifolyási ideje, jelöljük azt  $t_0$ -val (ez tipikusan  $51 \pm 1$  s szokott lenni). A viszkozitás mértéke (de nem az abszolút értéke) a  $t_x/t_0$  hányados, amely egy dimenzió nélküli mennyiség ugyan, de „Engler-fok” (°E) megnevezéssel vonult be a műszaki köztudatba.

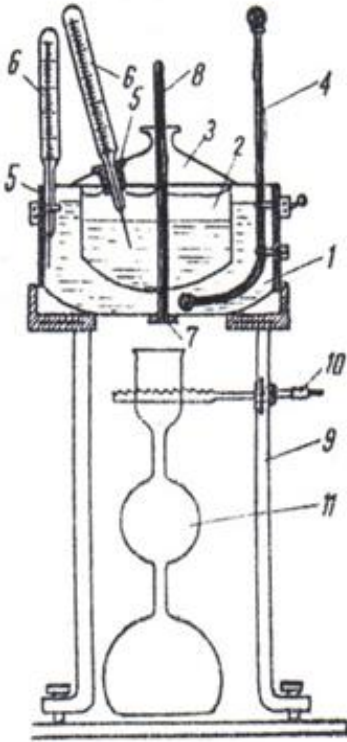
Az ilyen módon megadott viszkozitásból az áramlástanban használt kinematikai viszkozitást összehasonlítások alapján lehet meghatározni; erre a szakirodalomban különféle táblázatokat, nomogramokat lehet találni, de létezik egy átszámítási formula is:

$$n = \left( 7.32 \times {}^\circ\text{E} - \frac{6.31}{{}^\circ\text{E}} \right) \times 10^{-6} \left[ \text{m}^2/\text{s} \right] \quad (1)$$

(a képlet zárójele centistokes-ban adja a kinematikai viszkozitást).

Ha a mérés menetéről magyarul szeretnénk olvasni, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy eléggé nagy káosz uralkodik a szakirodalomban: több helyen az fordul elő, hogy a kifolyási időket azonos körülmények között kell összehasonlítani, például, ha 50 °C hőmérsékletű olaj viszkozitását akarjuk megállapítani, akkor a desztillált

víz kifolyási idejét is ugyanezen a hőmérsékleten kell elvégezni. Egy jó kérdés az, hogy miként járunk el a 150 °C hőmérsékletű olajjal, avagy hogyan határozzuk meg pl. az 50 °C hőmérsékletű desztillált víz viszkozitását?



1. ábra. Az Engler-viszkóziméter

A mérendő térfogat körül is van némi zűrzavar, ugyanis ellenőrzésképpen két időt is regisztrálni lehet: 1 dl, illetve 2 dl kifolyási idejét (a viszkóziméter edényén rendszerint mindkét térfogathoz tartozó szint meg van jelölve), de a tulajdonképpeni Engler-fokban megadott viszkozitást 2 dl folyadék kifolyási ideje alapján kell megállapítani.

Az Engler-viszkóziméter mérési elve nem sokban különbözik az Ostwald-viszkóziméterétől, amely szintén egy kapil-

lárís viszkóziméter, de az egy inkább laboratóriumban használt üveg-készülék. Lehet, hogy az előbbi pontatlanabb, viszont több fajta folyadék esetében használható (festékek, kőolaj-származékok, egyéb átlátszatlan vagy nehezen kimosható folyadékok).

Az Engler-viszkóziméter nem egyeduralgódó a saját kategóriájában sem: hasonló felépítéssel és mérési elvvel rendelkezik az Egyesült Királyságban használt Redwood-viszkóziméter, valamint az Egyesült Államokban használt Saybolt-viszkóziméter.

## 2. A mérési hibák lehetséges forrásai

A kifolyási idő mérésének a kezdete a viszkóziméter kapillárisát elzáró tű felemelésének a pillanata, a vége pedig az a pillanat, amikor a folyadékszint eléri a gyűjtőedény falába karcolt, 2 dl-nek megfelelő jelet. A manuális gépek esetében ez azt jelenti, hogy a méréseket elvégző személy az egyik kezével felemeli a tűt, miközben a másikkal elindítja a stopperórát, majd a folyadékszintet figyelve, amikor úgy véli, hogy az elérte a jelet, megállítja azt. Ebbe a folyamatba kétszeresen is beépül az emberi reakcióidő, ugyanakkor a folyadékszint szemmel történő megállapítása leolvasási hibákhoz vezet: egyrészt szemmel még a nyugvó folyadékok szintjét is kb. fél milliméter pontossággal tudnánk megállapítani, ami egy 10 mm átmérőjű nyakban a térfogat meghatározásában  $\pm 0.04 \text{ cm}^3$ -es hibát jelent. Ez a  $200 \text{ cm}^3$ -hez viszonyítva ugyan nem sok, a problémát inkább a csordogáló folyadék által keltett buborékok és az üveg-edény falára tapadó cseppek jelentik, amelyek miatt a térfogatot csak ennél nagyobb hibával tudjuk leolvasni.

A térfogat meghatározásában a másik hibalehetőség a hőtáguláshoz köthető: a mérés elve szerint 2 dl folyadék kifolyási idejét kellene megmérni, csak hogy a forró folyadékoknak a mérés ideje alatt van ide-

jük kihűlni, mivel a mérőedény nem termosztatikus. A folyadékok hőtágulási tényezője  $10^{-4} \text{ K}^{-1}$  nagyságrendű, ami  $100 \text{ °C}$  hőmérséklet-különbség mellett 1% nagyságrendű hibát okoz, ami jóval nagyobb az előbb említett leolvasási hibánál. Erre a hibalehetőségre utal egy régebbi tanulmány is [1], amely nem az Engler-, hanem a Redwood-viszkoziméter standardizálásáról szól.



2. ábra. A folyadékszint megállapításának nehézségei

### 3. A mérési folyamat automatizálásának lehetőségei

A manapság kapható laboratóriumi Engler-viszkoziméterek részben automati-

záltak: ez azt jelenti, hogy a hőmérsékletnek a beállított értéken tartását egy szabályzó-rendszer végzi (rendszerint csak fűt, de a hűtés is megoldható lenne), a kronométer pedig a tú felemelésével automatikusan indul, a kijelzője pedig nem (vagy nemcsak) az időt mutatja, hanem az Engler-fokban megadott viszkozitást.

Úgy tűnik, hogy a folyadékszint automatikus leolvasása viszont már egy nehezebben megoldható feladat.

Számba vettük a lehetséges egyszerű megoldásokat: a folyadékszint úszókaival való detektálása a buborékos-hullámzó felület miatt nem lenne pontosabb a szemmel való leolvasásnál, ráadásul a folyadék fajsúlyától is függ az, hogy mikor emelkedik meg az úszóka, a megvalósítás is elég bonyodalmas lenne a mérőedény szűk nyaka miatt.

Egy másik lehetőség lett volna a folyadékszint optikai módszerekkel történő detektálása, azonban az üveg falán megtapadó cseppek miatt ez is bizonytalanul működne.

Jobb ötletnek tűnik a hőmérséklettől is befolyásolt térfogat helyett tömeget mérni: egy kellőképpen pontos mérleggel (érzékelővel) kiküszöbölhető a folyadékszint vizuális megállapításához köthető hibalehetőségek, ugyanis a sűrűség ismeretében ki lehet számítani azt, hogy mekkora a tömege van a 2 dl mérendő folyadéknak. E módszernek a további előnye az lenne, hogy a mérleget be lehet építeni a viszkoziméter vezérlő-áramkörébe: a kronométer megállításának a pillanata az lenne, amikor a mérleg a 2 dl folyadék tömegét jelzi (ezzel kiküszöbölhető az emberi reakcióidő hatása is).

A módszernek azonban nemcsak előnye, hanem hátránya is van: meg kell állapítani a mérendő folyadék sűrűségét is. Az eredeti eljárás szerint a térfogatmérés a gyűjtőedényben történik, tehát valahol a környezet és a termosztatikus tartály hőmérséklete közötti, bizonytalan ponton (mivel a folyadék közben hűl, vagy melegszik). Mivel a

kifolyási idő a tartályban levő folyadék-szinttől (a tartály alján, a kapilláris bemene-ténél mérhető hidrosztatikai nyomástól) függ, kézenfekvőnek tűnik az a javaslat, hogy a sűrűség a tartály hőmérsékletén le-gyen meghatározva és nem pl. a szobahő-mérsékleten.

#### 4. A megvalósítás, következtetések

Adott egy hajdanában félig automatizált Engler-viszkoziméter, amelynek az elektro-nikája elromlott. Ehhez fogunk egy új rend-szert építeni, amelynek a középpontja egy Raspberry Pi 3 mikroszámítógép [3]. Ehhez a GPIO csatlakozón keresztül közvetlenül illeszthetünk érzékelőket és reléket, így nincsen szükség egy adatgyűjtőre is.

Ilyenképpen a viszkoziméter tartályának a hőmérsékletét egy beépített érzékelővel követhetjük, a 220 V-os fűtőellenállást pe-dig egy relén keresztül kapcsolgatjuk a be-állított hőmérséklet tartásához.

A mérés kezdetekor, a tú felemelésének a pillanatát egy mikrokapcsoló jelzi (ez még a régi rendszer tartozéka volt).

A kifolyt folyadék tömegét egy erőmérő cella (ez tulajdonképpen egy hajlított rúd, nyúlásmérő bélyegekkel) méri: amikor az eléri a beállított, 2 dl folyadéknak megfele-lő értéket, akkor az időmérés megáll.

A Raspberry PI 3-hoz billentyűzetet, egeret és egy számítógép-képernyőt is csat-lakoztathatnánk, de mindezt kiváltjuk egy közvetlenül hozzá építhető érintőképernyő-vel: így a felhasználó egy kompakt rendsze-ren dolgozhat, amin beállíthatja a kívánt paramétereket (hőmérséklet, tömeg) és kö-vetheti a mérési folyamatot.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Winslow H. Herschel: *The Redwood viscometer. Technologic Papers of the Bureau of Standards*, 1921, <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/nbstechnologic/nbstechnologicpaperT210.pdf>
- [2] Dabir S. Viswanath, Tushar Ghosh, Dasika H.L. Prasad et al.: *Viscosity of Liquids: Theory, Estimation, Experiment, and Data*. Springer 2007
- [3] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>