



# MÜREKKEPLERDE Viskozite Tayini

Dr. Mehmet ÇOPUROĞLU\*

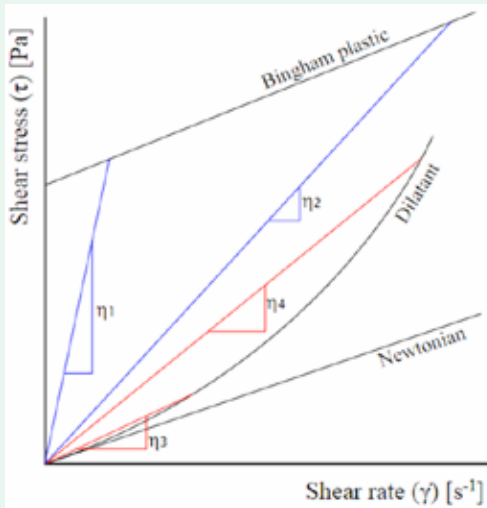
Mehmet KIRBIYIK\*

## 1. Giriş

Fizik biliminde akışkanların (yani sıvıların ve gazların) mekaniğini inceleyen branşa akışkanlar mekaniği denir [1, 2]. Akışkanlar mekaniğinin alt branşı olan akışkanlar dinamiği (ve hidrodinamik branşı), “shear rate” (kesme/kayma hızı) veya kesme/kayma hızı geçmişine bağlı olan akışkanları “Non-Newtonian” akışkanlar olarak tanımlar [3-5]. Kesme/kayma hızı ise, bazı malzemele-

re aşamalı bir kesme deformasyonunun uygulanma oranı/hızıdır; ve Non-Newtonian akışkanlarda, biri sabit bir hızda hareket eden diğeri hareketsiz iki paralel plaka arasında akan bir sıvının kesme/kayma hızı olarak ifade edilir [6].

Bir akışkanın viskozitesi, kesme/kayma gerilmesi veya gerilme stresiyle derece derece deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür [7]. Sıvılar için, gayri resmi olarak “kalınlık” kavramına karşılık gelir (örneğin bal sudan daha yüksek viskoziteye sahiptir) [8]. Çok çeşitli viskozite tipleri bulunmaktadır (“intrinsik” viskozite, “inherent” viskozite, “apparent” (görünür) viskozite). Bunlardan görünür viskozite ( $\eta$ ), bir akışkana uygulanan kesme/kayma gerilmesinin kesme/kayma hızına oranıdır [9]. Görünür viskozite, SI türetilmiş birimi Pa.s (Pascal-saniye) olarak ifade edilir; ancak pratikte sıklıkla centipoise (cP) kullanılır (1 mPa.s = 1 cP). Konu ile ilgili açıklayıcı bir grafik Şekil 1.’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Akışkanlar dinamiği ve hidrodinamik branşına göre kesme/kayma hızı veya kesme/kayma hızı geçmişine bağlı olan akışkanlar ‘Non-Newtonian’ davranış gösterirler. Buna göre bir akışkanın

görünür viskozitesi, ölçüldüğü kesme/kayma hızına bağlıdır. Örneğin, bir ‘dilatant’ sıvının görünür viskozitesi, daha yüksek kesilme hızında ( $\eta_4$   $\eta_3$ ’den daha yüksek) ölçüldüğünde daha yüksektir, buna karşın bir ‘Bingham’ plastiğinin görünür viskozitesi daha düşüktür ( $\eta_2$ ,  $\eta_1$ ’den düşüktür).

Viskozite, viskometre (veya viskozimetre) denilen analiz cihazları kullanılarak tayin edilir. Hangi tip viskometre kullanılacağı ölçülecek viskozite tipine bağlıdır. Tipik bir viskometrede sabit bir hızda tek bir viskozite ölçümü, bir akışkanın görünür viskozitesinin bir ölçümüdür. ‘Non-Newtonian’ akışkanlarda, kesme/kayma hızı bilgisi olmadan görünür viskozite ölçümü çok fazla bilgi vermemektedir – iki cihazın hızı ve geometrisi aynı değilse, ölçüm diğer ölçümlerle karşılaştırılmaz. Kesme/kayma hızı gibi bilgiler olmadan rapor edilen görünür viskozite anlamsızdır. İyi tanımlanmış kesme/kayma hızlarındaki görünür viskozite ölçümleri, bir sıvının non-Newtonian davranışları hakkında yararlı bilgiler verebilir.

## 2. Mürekkeplerde Viskozite Tayini

Zaman zaman beyanname kapsamında veya üst yazı ile laboratuvarımıza GTİP tespiti amacıyla bilyeli kalem numuneleri gönderilmektedir. T.C. Gümrük Tarife Cetveli bu eşyaları 96.08.10 no.lu alt pozisyonu dâhilinde değerlendirmekte ve

- - Sıvı mürekkepli olanlar
- - Diğerleri

şeklinde iki adet alt açılıma ayırmaktadır.

Buna göre, bilyeli kalemleri değerlendirirken içlerinde mevcut bulunan mürekkeplerin “sıvı” olduğu veya olmadığı yönünde bir ayırım yapılması gerekmektedir. ISO 27668-1:2009 standardı “gel ink ball pen”i (jel mürekkepli bilyeli kalem) tanımlarken, ayrıntıları yine aynı standart içerisinde geçen bazı

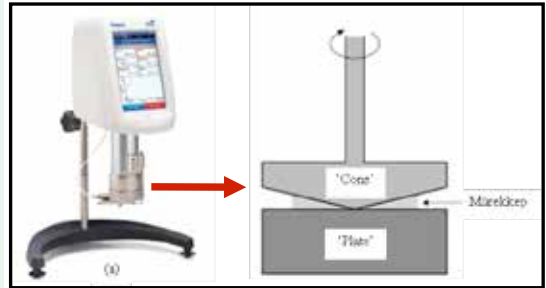


viskozite ölçümleri sonucunda elde edilen değerleri temel olarak belli bir “gel ink” (jel mürekkep) tanımı yapmaktadır. Buna göre bilyeli kalem numunelerinin içerilerinde mevcut bulunan mürekkebin “sıvı” veya “sıvı olmayan” olarak sınıflandırılabilmesi için ilgili testler ISO 27668-1:2009 standardına göre “Cone-plate rotasyonel viskometre (E-type viskometre)” (Şekil 2.) (veya teknolojik olarak eşdeğer bir test cihazı) kullanarak gerçekleştirmelidir ve şu veriler değerlendirmeye alınmalıdır:

- $\eta_1$  : Kesme/kayma hızı değeri 3 s-1 ile 50 s-1 arasında herhangi bir değerde viskometrede ölçülecek olan viskozite değeri
- $\eta_2$  : Kesme/kayma hızı değeri  $\eta_1$  değerinin ölçüldüğü kesme/kayma hızı değerinin 10 misli olacak şekilde ölçülecek olan viskozite değeri
- Örneğin;  $\eta_1$  değeri kesme/kayma hızı 15 iken ölçüldüyse,  $\eta_2$  değeri de kesme/kayma hızı 150 iken ölçülecektir.

- $\eta_3$  : Kesme/kayma hızı değeri 383 s-1 veya daha yüksek bir değerde ölçülecek olan viskozite değeri.

Buna göre,  $\eta_1$  değerinin  $\eta_2$  değerine oranı,  $\eta_1/\eta_2 \geq 2,0$  ve  $\eta_3 \geq 20$  mPa·s olanlar “gel ink” olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2. (a) Bir “Cone-plate” rotasyonel viskometre (‘E-type’ viskometre). (b) Viskometrenin numune mürekkep koyulan kısmının şematik gösterimi.

### 3. Mürekkeplerde Viskozite Analiz Sonuçlarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bilyeli kalemleri T.C. Gümrük Tarife Cetveli çerçevesinde GTİP tespiti amacıyla değerlendirirken ilgili tarafların söz konusu bu teknik hususları göz önünde bulundurarak görüş bildirmeleri gerektiğini düşünmekteyiz.

Bilgi eksikliği nedeniyle sıklıkla yaşanmakta olan bazı sıkıntıların şüpheye yer vermeksizin aşılabilmesi için özellikle konu ile ilgili tarafların – yani firma/mükellef, muayene memurları, vs. – şu hususlara dikkat etmelerinde fayda vardır:

- Sonuçlar değerlendirilirken ISO 27668-1:2009 standardında belirtilen “jel mürekkepli bilyeli kalem” tanımı esas alınmaktadır.
- Bu analizlerin yapılmasında kullanılacak viskozimetre tipi ‘Cone-plate rotasyonel viskozimetre (E-type viskozimetre)’dir.
- Bir numuneden söz konusu üç değerin ( $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ ) elde edilebilmesi için mililitre mertebesinde alınacak bir miktar mürekkep yeterli olmaktadır.

Dolayısıyla, bu konu ile ilgili teknik bir rapor düzenlenirken ISO 27668-1:2009 standardında belirtilen “jel mürekkepli bilyeli kalem” tanımı esas alınmaz, yukarıda değinilen şartlarda ölçümler elde edilmez veya ölçüm koşulları belirtilmeksizin sadece tek bir viskozite değeri sunulursa, bu sonuçlar ISO 27668-1:2009 standardında belirtilen ve yukarıda açıklanan tanımlar ile kıyaslanamaz nitelikte olur.

2017 yılı içerisinde Laboratuvarımızda özellikle bu tip analizlerin yapılması amacıyla bir “Cone-plate” rotasyonel viskozimetre (E-type viskozimetre) satın

alınmış olup, bugüne kadar tutarlı ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısıyla, karşılaşılabilecek her türlü bilyeli kalem tipi eşyanın viskozite analizleri ve onu müteakip ilgili GTİP tespitine yönelik değerlendirmeler Laboratuvarımızda kalifiye personel tarafından başarılı ve eksiksiz bir şekilde yapılabilmektedir.

### Referanslar

- Batchelor, George K. (1967). An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, ISBN 0-521-66396-2.
- Eckert, Michael (2006). The Dawn of Fluid Dynamics: A Discipline Between Science and Technology. Wiley. p. ix. ISBN 3-527-40513-5.
- Acheson, D. J. (1990). Elementary Fluid Dynamics. Clarendon Press. ISBN 0-19-859679-0.
- Batchelor, G. K. (1967). An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press. ISBN 0-521-66396-2.
- Chanson, H. (2009). Applied Hydrodynamics: An Introduction to Ideal and Real Fluid Flows. CRC Press, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 478 pages. ISBN 978-0-415-49271-3.
- Brookfield Engineering - Glossary section on Viscosity Terms. Retrieved 2007-06-10.
- “viscosity”. Merriam-Webster Dictionary.
- Symon, Keith (1971). Mechanics (3rd ed.). Addison-Wesley. ISBN 0-201-07392-7.
- Fox, Robert; McDonald, Alan; Pritchard, Philip (2012). Fluid Mechanics (8 ed.). John Wiley & Sons. pp. 76–83. ISBN 978-1-118-02641-0.