

VİSKOZİTE ÖLÇÜMLERİ

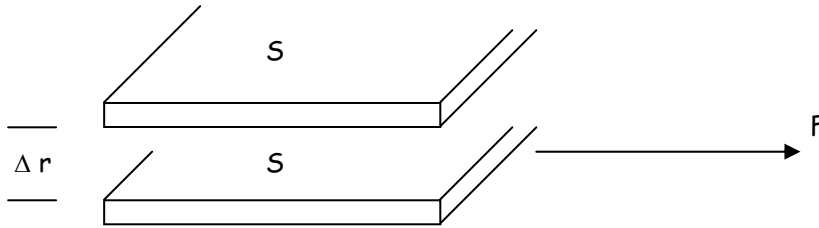
AMAÇ

Bu deneyin amacı, sıvıların istenilen sıcaklıktaki viskozitelerini (ağdalı akış katsayılarını) kinematik ve dinamik olarak belirlemektir.

A) Limit Hız Yöntemi İle Viskozite Tayini

1) Teorik Bilgiler

Günlük yaşantımızda bal, koyu kıvamlı sıvı yağlar vb. sıvıların diğerlerinden daha yavaş aktığını gözlemek mümkündür. Bir sıvının hareketini komşu sıvı tabakalarının birbiri üzerinde kayması gibi düşünülebilir. İşte birbiri ile temasta olan farklı hıza sahip komşu sıvı tabakaları arasındaki iç sürtünmeye ağdalı akış (viskozite) denir. Başka bir deyişle, sıvının akışa karşı gösterdiği iç direnmenin bir ölçüsüdür. Gerçek bir sıvı içinde birbirinden çok küçük (moleküler mertebe) bir Δr uzaklığında bulunan ve yüzey alanı S olan paralel iki düzlem tabaka düşünelim (Şekil-1).



Şekil-1

Deneyler bir sıvı tabakasının birim yüzeyine düşen direnç kuvvetinin tabakalar arasındaki hız değişimi ile orantılı olduğunu göstermiştir. Böylece;

$$F / S = \eta \Delta v / \Delta r \quad (1)$$

yazılabilir. Burada η sıvının cinsine bağlıdır ve ağdalı akış katsayısı ismini alır. CGS birimlerinde birimi $\text{din s} / \text{cm}^2 = \text{poise}$ 'dir. MKS birimlerinde ise $\text{N s} / \text{m}^2$ olur. Sıvıların ağdalı akışı sıcaklıkla azalır; gazlarınki ise sıcaklıkla artar.

Sıvıların, içlerinde hareket eden cisimlere karşı gösterdikleri direnç, ağdalı akış katsayısıyla orantılıdır. Stokes yasasına göre bu direnç kuvveti,

$$R = 6 \pi \eta r v \quad (2)$$

şeklinde verilmektedir. Katı cisim (örneğin, çelik veya kurşun bilye) sıvı içinde yer çekim kuvveti altında düşerken etkileyen kuvvetler:

$$P = 4 \pi r^3 d' g / 3 \quad (3)$$

bilyenin ağırlığı ile

$$F = 4 \pi r^3 d g / 3 \quad (4)$$

sıvının bilyeye uyguladığı kaldırma kuvvetidir. Burada;

r : bilyenin yarıçapı

v : limit hız

g : $9,8 \text{ m/s}^2$, yerçekimi ivmesi

d : sıvının yoğunluğu

d' : bilye malzemesinin yoğunluğu

Bilyeye etki eden bu üç kuvvetin bileşkesi sıfır olduğu andan itibaren bilye, ulaştığı limit hızla düşmeye devam eder. Bu durumda ;

$$R + F - P = 0$$

eşitliği geçerlidir. (2),(3),(4) eşitliklerinden yararlanarak değerleri yerine konulursa;

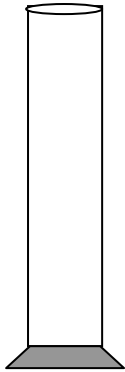
$$6 \pi \eta r v + 4 \pi r^3 d g / 3 - 4 \pi r^3 d' g / 3 = 0$$

veya ağdalı akış katsayısı için

$$\eta = 2 g r^2 (d' - d) / 9v \quad (5)$$

elde edilir.

2) Kullanılacak Araçlar



Şekil-2



Şekil-3

- Cam Silindir (Şekil-2)
- Ağdalı akış katsayısı bulunacak sıvı
- Hidrometre (yoğunluk ölçer) (Şekil-3)
- Kronometre
- Mikrometre
- Çelik, kurşun bilyeler.

3) Deneyin Yapılışı

1. Deneyde kullanacağınız çelik bilyenin çapını bir mikrometre ile ölçünüz.
2. Ağdalı akış katsayısı bulunacak sıvı, cam silindir içine doldurulmuştur. Silindir üzerinde birisi üstte diğeri altta iki işaret çizgisi vardır. Bu iki işaret çizgisi arasındaki h yüksekliğini ölçünüz.
3. Bilyeyi sıvı yüzeyine yavaşça bırakınız ve ilk işaret çizgisinden geçtiği anda kronometreye basınız. İkinci işaret çizgisine ulaştığı anda kronometreyi durdurunuz. Böylece bilyenin h yüksekliğini t(s) kadar zamanda aldığını kronometreden okuyunuz.
4. t değeri için $v = h / t$ eşitliği gereğince v limit hızını bulunuz.
5. Bir hidrometre yardımıyla sıvının yoğunluğunu ölçünüz. Bunun için hidrometre sıvı içine daldırılır. Dengeye geldikten sonra sıvı yüzeyi ile çıkışan değeri okuyunuz.
6. Deneyde kullandığınız bilyeler çelik ise $d' = 7800 \text{ kg/m}^3$, kurşun ise $d' = 11.3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ alınız.
7. (4) eşitliğinden yararlanarak deney yaptığınız sıvının ağdalı akış katsayısını (η) hesaplayınız.

4) Bulgular

Çizelge-1. Deney Sonuçları

Çap (m)	Yükseklik h, (m)	Süre t (s)	Hız $v = h / t$	Yoğunluk $d (\text{kg} / \text{m}^3)$	Viskozite $\eta (\text{kg} / \text{m.s})$

B) Engler Viskozimetresi ile Viskozite Tayini

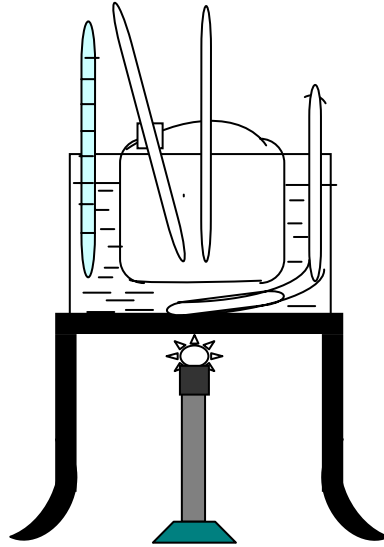
Deney cihazı Şekil-4' de gösterilmiştir. Kap, işaret noktalarına kadar doldurulur. Banyoya, ısıtma ortamı olarak deneyin yapılacağı sıcaklığa göre su veya yağ doldurulur. Banyo elektrik ile ısıtılır. Bütün viskoziteler suyun 20°C'deki değerine oranlanır. Kap ve standart delik önce yağ bulaşıklarını gidermek için eter, daha sonra alkol ile iyice yıkanır, kurutulur. Akma deliği tıkaç ile kapatılır. Kap işaret noktalarına kadar 20°C 'de su ile doldurulur. Toplama kabı, akacak sıvının kenarlara bulaşamayacağı şekilde akış deliğinin altına yerleştirilir. Tıkaç çekilir. Aynı anda kronometreye basılarak 50 ml (veya 100 ml, 200 ml) suyun akması için geçen zaman ölçülür. Su ile yapılan işlem diğer petrol fraksiyonları içinde aynen tekrar edilir. Ancak sıcaklık farklı olabileceğinden termometre ile banyo devamlı kontrol edilir. Sıcaklığın, deneyin yapılacağı sıcaklığın üstüne çıkmaması gerekir. Banyo istenilen sıcaklığa geldikten sonra 3 dakika beklenir ve ölçme yapılır.

$$T(^{\circ}\text{C})\text{deki viskozite} = \frac{T(^{\circ}\text{C})\text{deki sıvının akış süresi (sn)}}{20^{\circ}\text{C'deki suyun aktığı süre (sn)}} \quad (6)$$

Not :

1. Yukarıda oran yapılırken, sıvının ve suyun akan miktarları aynıdır. 50 ml veya 100 ml veya 200 ml .
2. Viskozite cihazı hava akımı ve ani sıcaklık değişimi olmayan bir yerde olmalıdır.
3. Numunenin sıcaklığını içine sıcak veya soğuk cisimler sokarak ayarlamayınız. Aksi halde numunede değişikliklere neden olur.
4. Sonuçları 0,1 saniye yakınlıkla okuyunuz.

Standart deneme sıcaklıkları : 25, 37.8, 50, 54.4, 60, 82.2, 98.9 °C



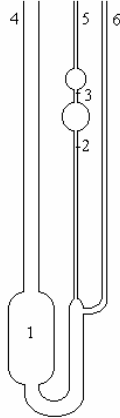
Şekil-4. Engler Viskozimetresi

Ön Hazırlık:

1. Kinematik viskozite nedir?
2. Dinamik viskozite nedir?
3. Sıvıların viskozitesi sıcaklıkla nasıl değişir?
4. Gazların viskozitesi sıcaklıkla nasıl değişir?
5. Tayinde sapmaya neden olabilecek en önemli parametre nedir, sebebiyle açıklayınız.
6. Viskozite başka hangi cihazlarla, nasıl tayin edilir?

C) Polimer Çözeltilerinin Viskozitesi - Viskozite Ortalama Molekül Ağırlık Tayini

Polimer örneklerinin viskozite ortalama molekül ağırlıklarının bulunabilmesi için Ubbelohde viskozimetresinden yararlanılır. Bu yöntem temel olarak seyreltik polimer çözeltilerinin viskozitesinin ölçümlerine dayanır. Ubbelohde viskozimetresi Şekil-5'de gösterilmiştir.



Şekil-5. Ubbelohde viskozimetresi

Polimer numunesinden 0.2 g alınır ve 20 ml çözücü içerisinde çözülür. Böylece %1' lik çözelti elde edilir. Gerekli miktarlarda toluen ilavesi ile % 0.8, % 0.6, %0.5 ve % 0.4'lük seyreltik polimer çözeltileri hazırlanır. Bu çözeltilerin Ubbelohde viskozimetresinde viskoziteleri ölçülür. Ubbelohde viskozimetresi ile yapılan deneysel çalışma yöntemi aşağıda verilmiştir.

Termostatlı ve karıştırılmalı bir su banyosu içerisine Ubbelohde viskozimetresi yerleştirilir. Su banyosu 25 °C'de sabit tutulur. Viskozitesi ölçülecek çözelti 4 noktasından 1 nolu hazneye konur. 6 nolu borunun ucu kapatılarak 5 noktasından bir puar yardımıyla çözeltinin en üstteki balona kadar dolması sağlanır. 5 ve 6 nolu boruların uçları açılarak çözeltinin 3 ile 2 noktaları arasında serbestçe akması sağlanır. Akış süresi bir kronometre yardımıyla belirlenir. Bu işlem önce çözücü için yapılır, daha sonra seyreltik polimer çözeltilerine uygulanır. Ölçülen akış süreleri kullanılarak bağıl viskoziteler (μ_r) hesaplanır.

$$\mu_r = \frac{t}{t_o} \quad (7)$$

t_o : çözücü için akış süresi

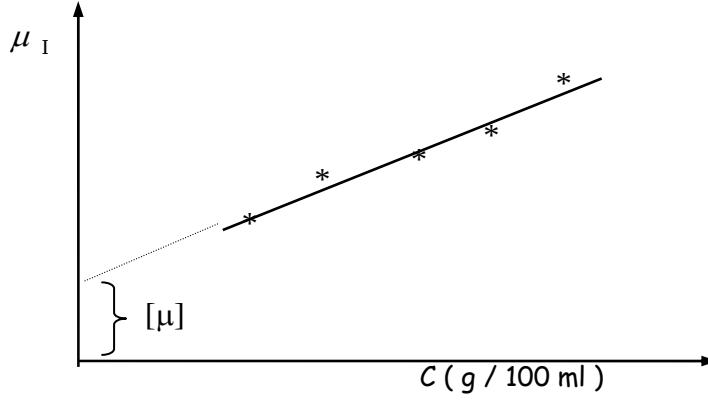
Bağıl viskoziteden spesifik viskoziteye (μ_{sp}) geçilir.

$$\mu_{sp} = \mu_r - 1 \quad (8)$$

Her konsantrasyona karşılık gelen indingenmiş (intrinsik) viskoziteler (μ_I) bulunur.

$$\mu_I = \frac{\mu_{sp}}{C} \quad (9)$$

Bulunan indingenmiş viskoziteler konsantrasyona karşı grafiğe geçirilir (Şekil-6). Buradan da mutlak viskozite [μ] bulunur.



Şekil-6. İndirgenmiş viskozitenin polimer konsantrasyonu ile değişimi

$$[\mu] = K \overline{M}_v^\alpha \quad (\text{Mark-Houwink Eşitliği}) \quad (10)$$

Eş. 10'dan polimer zincirlerinin viskozite ortalama molekül ağırlığı ($\overline{M}_v$) hesaplanır. Burada K ve α sabitler olup, polimerin cinsine, molekül ağırlığının büyüklüğüne, çözücünün cinsine ve sıcaklığa bağlı olarak literatürden alınır (*).

(*) Brandrup, J. and Immergut, E.H., 1966, Polymer Handbook, **John Wiley & Sons, Inc.**, USA.

Bu deney için tasarlanan 2 haftalık plan:

1. **hafta:** Grupların, deney ile ilgili araştırma yapmış ve yukarıdaki ön hazırlık sorularına hazırlanmış olarak gelmeleri beklenmektedir. 1.deney haftasında deney ile ilgili genel bir tartışma yapılacak ve verilen bir polimer numunesi için viskozite ortalama molekül ağırlık tayini deneyi gerçekleştirilecektir.
2. **hafta:** Limit hız yöntemi ve engler viskozimetresi ile viskozite tayini deneyleri yapılacaktır.