5.NEWTONIAN VE NEWTONIAN OLMAYAN AKIŞKANLARIN VİSKOZİTESİNİN BELİRLENMESİ

(ROTASYONEL REOMETRE)

1. Amaç

Yapılacak olan deneyin temel amacı, akışkanların viskozitesinin rotasyonel reometre ile ölçülerek kayma hızı ve kayma gerilimi arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Böylece akış grafikleri incelenerek akışkanın özellikleri hakkında bilgi edinilebilecek, sıcaklık ve derişimin viskozite üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

Öğrenme çıktıları

a. Viskozite ve viskozluk kavramlarını öğrenir.
b. Kayma gerilimi ve kayma hızı kavramlarını öğrenir ve akışkanlar için uygun olan modelleri uygular.
c. Reometre kullanımını öğrenir.

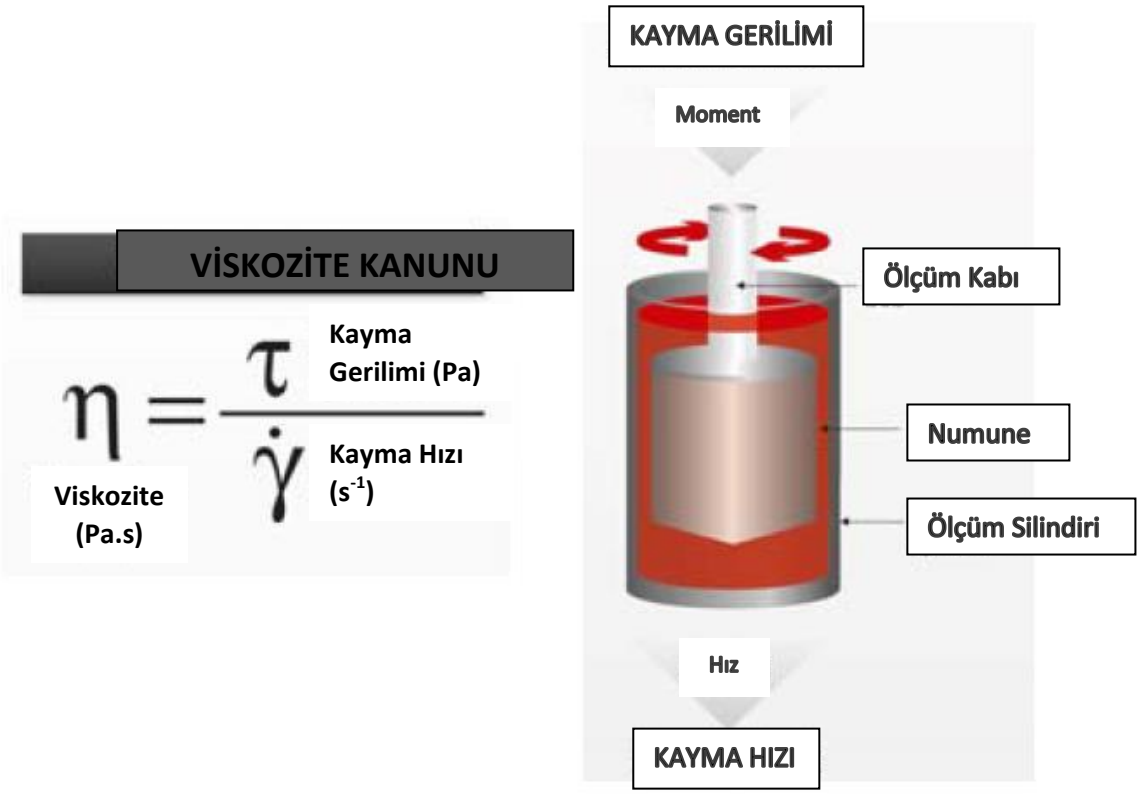
2. Genel Bilgiler

Sıvıların akış, katıların deformasyon özelliklerini tanımlayan **reoloji**, rheos (iş) ve logos (bilim) kelimelerinden oluşmaktadır. Genel olarak katıların deformasyonu ve sıvıların akış özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılır. İster katı ister sıvı olsun her malzeme gerilme altında şekil değiştirir.

Viskozite, akışkanın akışa karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Durgun haldeki bir akışkana kayma gerilimi uygulandığında akışkan deforme olur. Moleküler etkileşim ve moleküler momentumun transferi akışkanların viskozitesinde iki önemli etkendir.

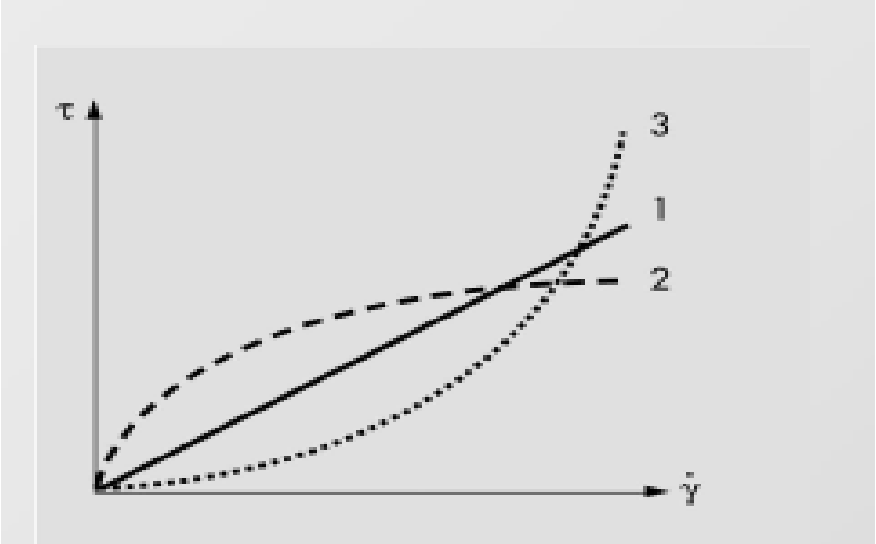
Akışkanlar, Newtonian ve Newtonian Olmayan akışkanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. **Newtonian akışkan**, uygulanan kayma gerilimi ile oluşan deformasyon hızı (kayma hızı) arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu akışkandır. Bu yüzden belirli bir sıcaklıkta sabit viskoziteleri vardır.

Newtonian olmayan akışkan ise uygulanan kayma gerilimi ile kayma hızının doğrusal olarak değişmediği akışkandır. Viskozite hız gradyanından bağımsız değildir, sabit sıcaklıkta bile değişkenlik gösteren viskoziteye sahiptirler. Newtonian olmayan akışkanlar iki kategoriye ayrılırlar, zamana bağlı olmayan Newtonian olmayan akışkanlar (Sözde plastik, Kayma İncelmesi, Bingham Akışkanlar) ve zamana bağlı Newtonian olmayan akışkanlar (Tiksotropik, Reopektik)

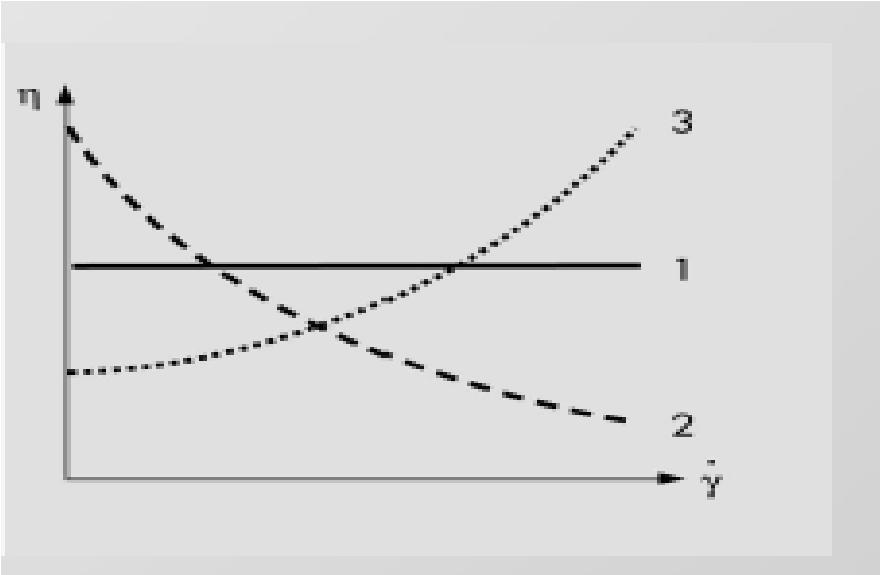


Şekil 1 . Viskozite kanunu

Reometre deneylerinden elde edilen akış ve viskozite eğrileri:



Şekil 2. Akış Eğrisi



Şekil 3. Viskozite Eğrisi

1-)İdeal viskoz (Newtonian) akışkan
2-)Kayma incelmesi(sözde plastik)
3-)Kayma kalınlaşması(dilatant)

Newtonian Olmayan Akış Modelleri

Akış, standart matematiksel modeller ile analiz edilmektedir. Matematiksel modeller akışkanın hareketinin numerik ve grafiksel olarak analiz edilmelerine olanak sağlamaktadır. Üssel Model, Bingham Plastik, Cross ve Casson modelleri mevcut olan akış modelleridir.

Kayma incelmesi ve kayma kalınlaşması davranışı için kayma gerilmesi-kayma hızı eğimi orijinden geçmektedir. Bu davranışın yaklaşımı genellikle "**üssel model**" ile yapılır ve "üssel modele uyan akışkanlar" olarak tanımlanır. Üssel model, Ostwald-de Waele denklemi olarak da bilinmektedir.

$$\tau = K * \gamma^{-1} \quad (1)$$

Ayrıca, üssel model viskozitesi aşağıdaki şekilde belirtilir;

$$\eta_a = K * \gamma^{(n-1)} \quad (2)$$

Üst n, üssel model indisi veya akış davranış indeksi olarak da bilinir. K ise uyum indisidir. K ve n katsayıları denklemin verilere uygulanması ile belirlenir. Kayma incelmesi davranışı n<1 de gözlenirken, kayma

kalınlaşması n>1 de meydana gelmektedir. Newtonian akış ise n=1 değerinde tanımlanır, bu durumda K katsayısı viskoziteye eşit olur, μ.

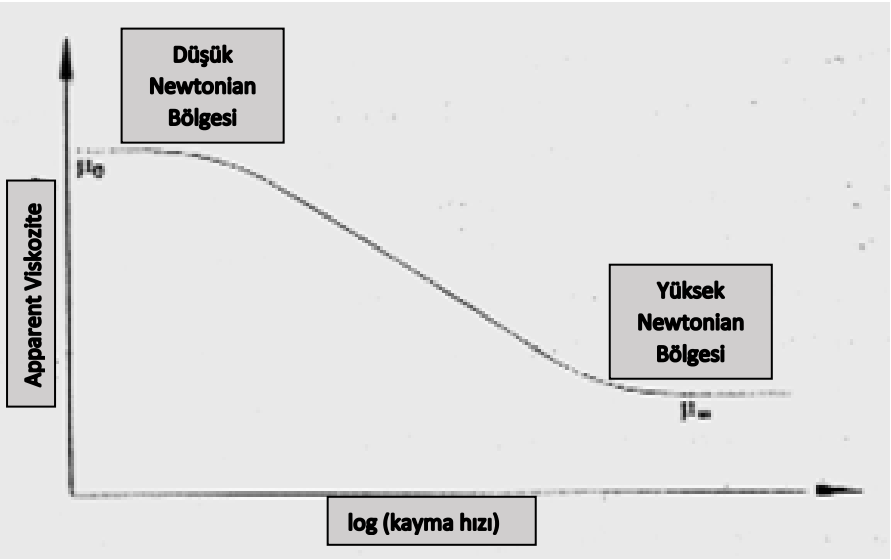
Viskozitenin sonunda sabit bir değere ulaştığı yüksek kayma hızı değerlerinde üssel model akış için uygun değildir. Zamana bağlı davranışın gözlendiği, akma gerilmesi, τ_y gösteren bir diğer davranış ise **Bingham plastik** malzemeleri olarak tanımlanır. Eğer uygulanan kayma gerilimi akma geriliminden küçükse, bu malzemelerin katı bir yapısı vardır ve akmazlar. Akma değeri aşıldığında ise akış başlar. Bingham plastik modelinde, kayma hızı akma gerilimi varlığında kayma gerilimi ile orantılıdır.

$$\tau = \tau_y + \eta_p \gamma \qquad (3)$$

Bingham model denkleminde, τ_y ve η_p sabittir, sırasıyla akma gerilimi ve plastik viskozite katsayısıdır. Bingham denklemi, düşük kayma hızlarında birçok kayma incelmesi gösteren akışkanların kayma gerilimi/kayma hızı davranışını tanımlamaktadır.

Birçok malzeme çok düşük kayma hızlarında Newtonian davranış gösterir, ayrıca çok yüksek kayma hızlarında da şekil 1 de gösterildiği gibi Newtonian davranış gösterdikleri bilinmektedir. Bu tür akış gösteren malzemeler **sözde plastik akışkan** terimi ile tanımlanmaktadır. Bu davranışın bütün akış eğrisi **Cross modeli** ile açıklanmaktadır. η_0 ve η_∞, sırasıyla en düşük ve en yüksek Newtonian bölgeleri için görünür viskozite olarak tanımlanmaktadır. Sabit γ_m ise ortalama görünür viskozitede ,$(\eta_0 + \eta_\infty)/2$, hesaplanan kayma hızıdır.

$$\frac{\eta_a - \eta_\infty}{\eta_0 - \eta_\infty} = \frac{1}{1 + (\gamma/\gamma_m)^n} \qquad (4)$$



Şekil 4 . Bir polimer için görünür viskozitenin kayma hızı ile değişimi

Casson modeli ayrıca Bingham plastik modeline benzer şekilde akış analizinde kullanılabilir. İki fazlı süspansiyonların katı ve sıvı fazlarının etkileşimli davranışı üzerine dayalı bir modeldir.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau o} + \sqrt{\tau \eta} \qquad (5)$$

Casson modeli hem akma gerilimi hem de kayma incelmesi Newtonian olmayan akışkan viskozitesi göstermektedir.

Herschel-Bulkley Modeli

Herschel Bulkley modeli nonlineer davranış ve akma gerilimi gösteren akışkanlarda uygulanır. Elde edilen verilere göre üç adet ayarlanabilir parametresi vardır, τ0 akma gerilimi, K uyum indisi ve n akış indisi. Herschel Bulkley modeli aşağıdaki denklem ile tanımlanır:

$$\tau = \tau_0 + K * \gamma^{n} \qquad (6)$$

Herschel Bulkley modeline göre;

$\tau_0 = 0$ & $n = 1 \Rightarrow$ Newtonian davranış
$\tau_0 > 0$ & $n = 1 \Rightarrow$ Bingham plastik davranışı
$\tau_0 = 0$ & $n < 1 \Rightarrow$ Sözde plastik davranışı
$\tau_0 = 0$ & $n > 1 \Rightarrow$ Dilatant davranış

3. Deney Sistemi

Rotasyonel reometre, akışkan içerisine daldırılmış milleri (spindle) döndürmek için gerekli torku (momenti) hesaplayarak viskozite ölçümü yapmaktadır. Uygulanan tork mil üzerindeki viskoz sürtünmesi ve dolayısıyla da akışkanın viskozitesiyle bağlantılıdır. Rotasyonel viskometrelerin avantajı kurulum ve kullanımlarının kolay olması, Newtonian ve Newtonian olmayan akışkanlar için uygun ölçümlerin sağlanması, kayma gerilimi ve kayma hızı bağıntılarının belirlenmesidir.

Deneyde, silindir ve dönen milleri içeren ölçüm cihazı ve sıcaklık kontrolünü sağlayan sıcaklık cihazına sahip Anton Paar RheolabQC rotasyonel reometresi kullanılacaktır.

Şekil 5. Deney Düzeneği (Temel Ünite)

Şekil 6a. Ölçüm kabı ve mili (CC39)

Şekil 6b. Ölçüm kabı ve mili (DG42)

Şekil 6a ve 6b de reometre düzeneğinde kullanılacak olan ölçüm silindirleri gösterilmektedir. CC39 eşmerkezli silindir ve milden oluşmaktadır ve ölçüm numunesi hacmi 56 ml'dir. DG42 ise düşük viskoziteli akışkanların ölçümünde kullanılan çift kayma boşluğu olan silindir ve mil içeren ölçüm sistemidir. Numunenin ölçüm hacmi 12 ml'dir. Rotasyonel reometre ile yapılan ölçümlerde dikkat edilmesi

gereken önemli bir husus ölçüm alınan akışkanların hacimlerinde stabilitenin sağlanmasıdır.

4. Deneysel Çalışma

4.1. Deneyin Yapılışı

Newtonian ve Newtonian olmayan davranış gösteren akışkanların belirli bir kayma hızında Anton Paar RheolabQC kullanılarak viskozite değerleri elde edilir. Sabit sıcaklık ve derişimde gerçekleştirilen deneylerin yanı sıra sıcaklığın akış üzerindeki etkisini incelemek için farklı sıcaklıklarda ve derişimlerde ölçümler alınır.

Kullanılacak malzemeler: Gliserol, Silikon Yağı, Şampuan, Sıvı Sabun, Jöle, Krem, Ketçap, Mayonez.

4.2. Hesaplamalar

- Viskozitenin kayma hızına bağlı grafiğini çiziniz.
- Kayma hızı ve kayma gerilimi ilişkisini gösteren grafiği çiziniz.
- Kullanılan malzemeler için akış modellerini elde edilen grafiklere göre belirleyiniz.
- Sıcaklığa ve zamana bağlı viskozite davranışını inceleyen grafiği çiziniz.

5. Kaynaklar

1. Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri, Christie John Geankoplis, Çev. SinanYapıcı, 4. Baskıdan Çeviri, İzmir Güven Kitabevi, 2011.
2. Instruction Manual, RheolabQC, Rotational Rheometer, Instrument Firmware Version: 1.31
3. İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Kimya Mühendisliği Laboratuvari I.
4. Süleyman Demirel Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Kimya Mühendisliği Laboratuvari II.

Arş.Gör.Gözde Geçim