

## RHEOLOGICAL DATA

“*Rheological Data*” malzemenin viskozite(*viscosity*) özelliğini açıklar. Viskozite, malzemenin yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür. Akışkanın akmaya karşı gösterdiği iç direnç olarak da tanımlanabilir.

Temelde “*Navier-Stoke*” denklemlerinin tanımlanması ile akış simülasyonunun da tanımlanma imkanı doğmuştur. Kauçuk malzeme akışı ile ilgili çalışmalar ise 1930lu yıllarda Mooney, Dillon ve Johnston tarafından yapılmıştır.

*Doğrusal viskozite teorisi* elastomerler ve termoplastiklerin erime small-strain özellikleri deneysel araştırmacılar tarafından Boltzmann'ın geliştirdiği formülasyon ile tanımlanmıştır. Boltzmann formülü doğrusal malzemeler için tanımlanmakta ve T=0 iken belli bir strain altında stress değeri

$$\sigma = G(t)\gamma$$

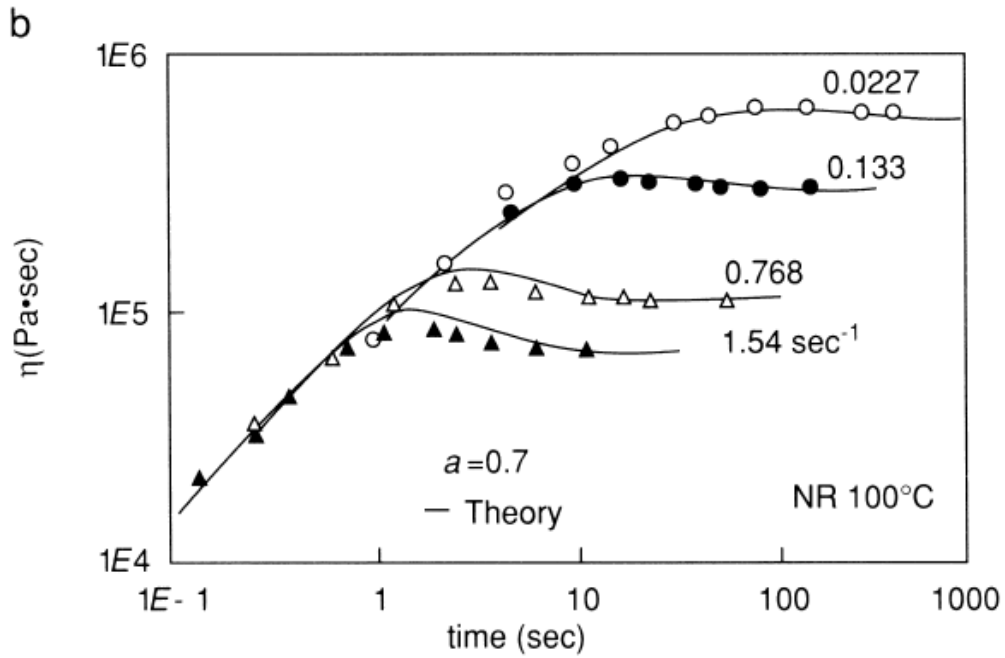
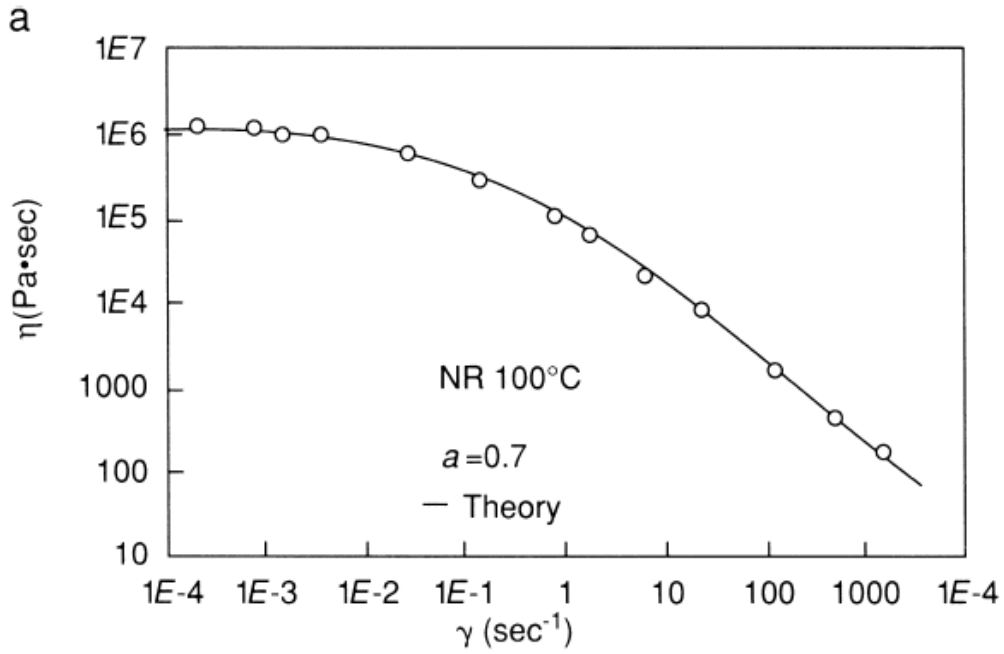
formülü ile tanımlanır.

*Doğrusal olmayan viscoelasticity teorisi* ile formül daha doğru tanımlanmıştır ancak bu tanımlama Boltzmann'dan 30 yıl kadar sonra olabilmıştır ancak formülasyonun kabulü ancak 1950li yıllarda gerçekleşmiştir.

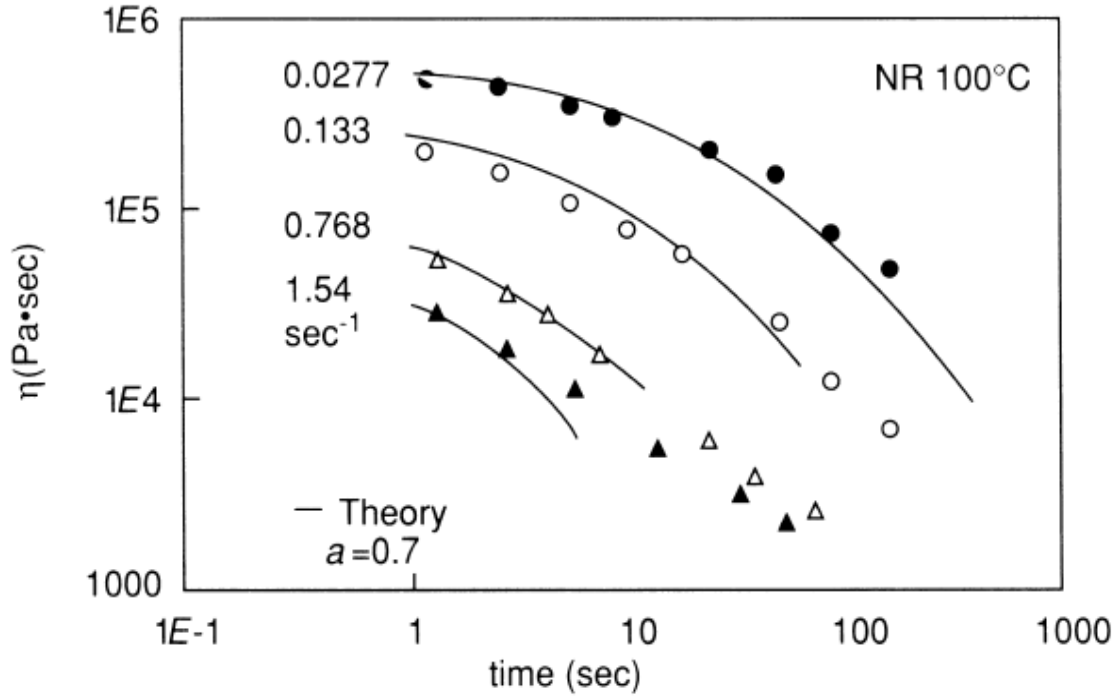
Plastik malzemeler için viscosity büyük oranda *shear rate* ve sıcaklık parametlerine bağlıdır. *Shear rate* ise akmanın hızına bağlıdır.

*Rheological datalar* dolma(filling) ve ütüleme(packing) safhaları simülasyonu için birincil derecede gerekli datalardır.

Viskozite akmaya karşı direnç olduğundan yüksek viskoziteye sahip olan malzemeler daha çok enjeksiyon basıncına ihtiyaç duyarlar. Viscosity birimi Pa.s , shear rate 1/s ve sıcaklık °C ve basınç da bar olarak tanımlanabilir.



Şekil 1: Doğal kauçuğun deneysel olarak elde edilen rheological datalarının tanımlı denklemlerle karşılaştırılması. (a) Steady-state shear viscosity. (b) Akış başlangıcında transient shear viscosity. Kaynak: "Science and Technology of Rubber"

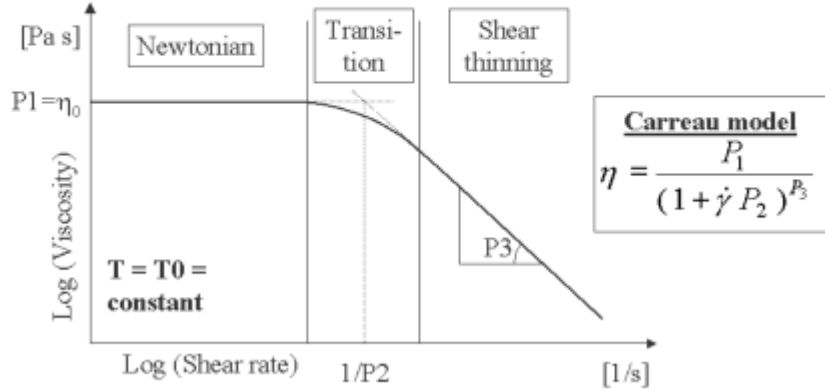


Şekil 2: Stress rahatlama takibi. Kaynak: "Science and Technology of Rubber"

Thermoplastic malzemeler *shear thinning* ile tanımlanan tipik davranışı sergilerler. Bu tanımlama ile yüksek *shear rate* artışının viskozite artışını düşürdüğü bilinmektedir. Bu özellik o kadar baskındır ki viscosity vs. shear rate diyagramı genelde iki kez logu alınmış şekilde tanımlanır.

Su baskıda iken, "Newtonian" olarak tanımlanan özelliği sergiler bir başka deyişle *shear rate* ile bağlantısı yoktur. Plastikler de düşük basınçta aynı şekilde davranır. Bu genellikle ütüleme safhasında olur. Görüldüğü bir başka durum ise çekirdek katmanda yüksek hızda enjeskiyon safhasıdır. Bu çift safha davranışı *Carreau viscosity* model olarak tanımlanır. Bu model 3 katsayı ile P1, P2, P3 ile tanımlanır. Bu katsayılar sadece tek doğru sıcaklık için geçerlidir, ve T0 aynı zamanda alakalı sıcaklık olarak adlandırılır.

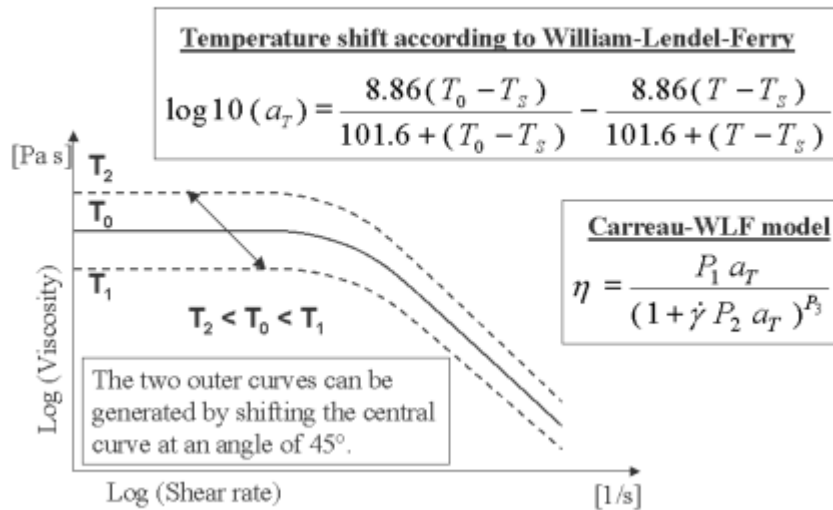
P1 düşük *shear rate* lerde viskoziteyi tanımlar ve bundan dolayı da bu aralık *zero viscosity* olarak adlandırılır. P2 Newtonian dan *shear thinning* a geçisi tanımlar. Bu da *inverse transition shear rate* olarak adlandırılır. P3 ise *shear thinning gradyant curve* aralığını tanımlar.



Şekil 3: Viskozite -shear rate grafiği

Plastik malzemeler geniş bir aralıktaki katsayılarla olabilir. Ama P3 ün 1'i geçmesi imkansızdır. Geçmesi düşük sıcaklıkta malzemelerin daha kolay akacağı anlamına gelir. Bundan dolayı P3 0.9 un altında olmalıdır.

Sıcaklığın viskoziteye etkisi ise sıcaklık ile Carreau eğrisinin ötelenmesi ile tanımlanır. WLF sıcaklık öteleme fonksiyonu ilave katsayısı  $T_s$ , standart sıcaklık, ve  $T_0$  için sıcaklık öteleme faktörü  $a_T$  olarak *Geliştirilmiş Carreau* fonksiyonunda tanımlanmıştır.



Şekil 4: Sıcaklık ötelemesi ile viskozite-shear rate grafikleri

Sıcaklığın etki şiddetini T<sub>0</sub>-T<sub>s</sub> farkı belirler. Farkın büyük olması etkinin az olması anlamına gelmektedir. Basıncın etkisi ise basınç düzeltme katsayısı fp ile hesaba katılabilir. Bu noktalara bağlı olarak oluşan öteleme faktörü:

$$\log_{10}(a_T(T, p)) = \frac{8.86 (T_0 - T_s)}{101.6 + (T_0 - T_s)} - \frac{8.86 (T - T_s - fp)}{101.6 + (T - T_s)}$$

Bu değer birçok malzeme için bilinmemektedir ve sadece bazı malzemelerde ve yüksek basınçta etki etmektedir.

Basınç etkisi standart sıcaklık olan T<sub>s</sub> değerinin tekrardan düzenlenmesi ile hesaba katılır.

İki malzemenin karşılaştırılması tekil noktalar ile değil tüm aynı sıcaklıktaki eğrilerin karşılaştırılması ile olur. Örnek olarak MFI değerleri sadece tek nokta olan ana proses *shear rate* aralığını temsil eder. Yüksek shear ratelerde davranışı bu değer tanımlayamaz.

Viskozite dataları belirli gradeler ile alakalıdır. Renklendirici eklemek bile büyük etki yapmaktadır. Bundan dolayı ölçüm yapılacak ise viskozite öncelikle tanımlanmalıdır.