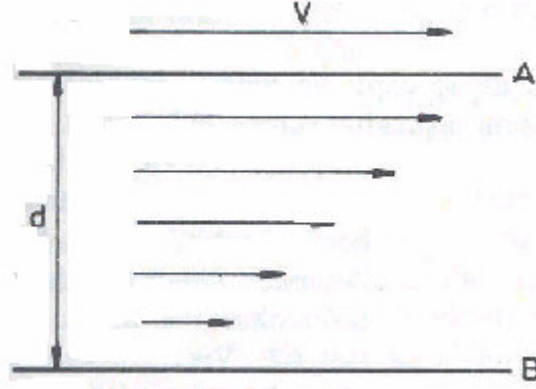


## VİSKOZİTE

Katı, sıvı veya gaz halinde bütün cisimler, kitlelerinin bir bölümünün birbirine göre şekil ya da göreceli yer değiştirmelerine karşı bir mukavemet arz ederler. Bu mukavemet değişik türlerde olabilir, örneğin, birbirinden sabit mesafede bulunan paralel düzlemlerin birbirlerine göre yer değiştirme hızları arttıkça, bu mukavemet de artar; doğada büyük önemi haiz olan bu durumda, bu mukavemetin viskoziteden ileri geldiği söylenir. Her yerde görülebilen sıvıların viskozitesi ele alındığında bu tanımlama açıklık kazanır.



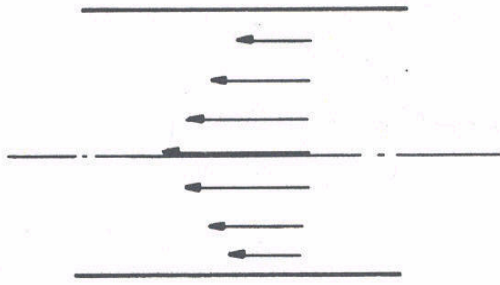
Şek. 61

### *SIVILARIN VİSKOZİTESİ*

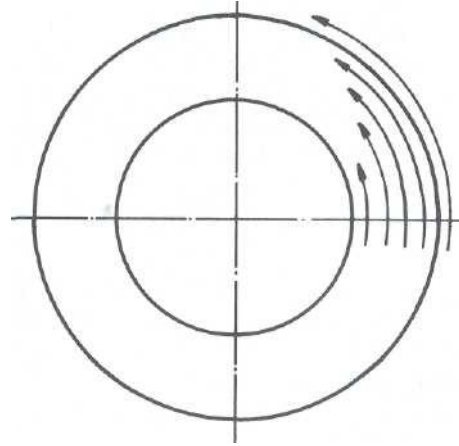
Sonsuz boyutta ve birbirlerinden  $d$  mesafesinde iki A ve B paralel levha ve bunların arasında bir sıvının bulunduğunu farz edelim (şek.61). A levhası kendi düzlemi içinde bir  $v$  hızıyla hareket etsin ve B levhası da sabit kalsın. A'ya temas eden sıvı onunla birlikte hareket eder, B ile temasla olan ise hareketsiz kalır; sıvı içindeki hız sürekli olarak değiştiğinden bunu biz, her bir şek.61 deki oklarla gösterilen hızlarla hareket eden ince levhalar halinde düşünebiliriz,  $v$  hızını sabit tutmak için A'ya belli bir kuvvetin uygulanması gerekir. Newton, bu kuvvetin  $v/d$  hız gradieniyle orantılı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Öbür şeyler eşit kalmak kaydıyla, kuvvet çeşitli sıvılarda çok değişik olur. Kıyaslamayı mümkün kılmak için, levhalar arasındaki hacmin belli bir sıvı ile dolu,  $d$ 'nin birim mesafeye eşit olması halinde A'yı birim hızla hareket ettirecek birim alan başına kuvveti saptamak mutlak olmuştur; bu miktara, *sıvının viskozite katsayısı* adı verilir. Fizikte genellikle kullanılan kuvvet, uzunluk ve zaman birimleri sırasıyla dyne, cm ve sn'dir.

Ancak, viskozite katsayısının tanımlanması için tarif etmiş olduğumuz bu tertip deneysel olarak gerçekleştirilemez. Bununla birlikte sıvının, her biri sabit bir hızla hareket eden ince filmlerden oluşmuş gibi davranması koşulunu yerine getirecek tertipler mümkündür (bu tip harekete, bu nedenle "laminar-ince lamalardan oluşmuş" adı verilir). Örneğin, şek.61'deki paralel düzlemleri eş merkezli iç içe iki silindir haline kıvrırabilir ve dış silindiri sabit bir hızla çevirebiliriz; bu arada içteki silindir sükûnet halinde olur (şek.63). Böylece sıvı halka içindeki her daire sabit bir hızla döner; içteki silindir hareketi takip etme eğiliminde olur ve onu etkileyen kuvvet çiftinden viskozite katsayısı çıkartılabilir.

Keza laminar hareket, bir sıvı küçük iç çaplı ve yeterli uzunlukta bir borunun içinden aktığında, hız belli bir sının aşmadığı sürece, elde edilir. Sıvı, ince eşmerkezli borulardan oluşmuş gibi akar, bunların her biri sabit bir hızla hareket eder, bu hız, cidardan boru eksenine doğru artar (şek.62). Viskozite katsayısı tüpün boyutlarından ve belli bir basınç tarafından birim zamanda bunun içinden geçmeye zorlanan sıvı miktarından çıkarılabilir.



Şek. 62



Şek. 63

Ve nihayet bir sıvının viskozite katsayısının saptanması, belli bir çap ve kitlede küçük bir kürenin bunun içinde düşme hızının gözlenmesiyle mümkün olabilir. Stokes, bir viskoz (lüzucetli) ortamın içine düşen bir küçük kürenin az sonra bir sabit hıza vardığını göstermiştir (oysa ki hiçbir mukavemet arz etmeyen bir ortamda kürenin hızı uniform şekilde iver); bu hız aşağıdaki denklemle verilir:

$$v = \frac{2r^2(\rho - \rho')g}{q n}$$

Burada  $v$ , saniyede düşme hızı;  $r$ , kürenin yarıçapı;  $p$  ve  $p'$  sırasıyla küre ve sıvının yoğunluğu;  $g$ , yerçekimi ivmesi =  $981 \text{ cm/sn}^2$  ve  $n$  da, viskozite katsayısıdır, öbürleri sabit kalmak kaydıyla viskozite katsayısı ile düşme hızı birbirleriyle ters orantılıdır.

Viskozitenin saptanması için bir kapiler borudan akışın ölçülmesi yöntemi bugün bile en genel şekilde kullanılmaktadır. Kapiler borulardan akışın kanunu, Poiseuille tarafından 1842'de neşredilmiş bir klasik araştırmada deneysel olarak bulunmuştur. Buna göre birim zaman içinde bir kapiler borudan geçen sıvı hacmi (a) basınçla orantılı, (b) yarıçapın dördüncü kuvvetiyle orantılı ve (c) boru uzunluğu ile ters orantılıdır.

$$Q = \frac{CPR^4}{L}$$

Burada  $Q$  - birim zamanda akan hacim;  $P$  = basınç;  $R$  - yarıçap ve  $L$  = borunun uzunluğudur.  $C$ 'ye gelince bu, her sıvı için karakteristik bir sabite olup yükselen sıcaklıkla artar. Poiseuille viskozite katsayısını buradan çıkartmamıştı; bunu, problemi matematik olarak ele alan birkaç fizikçi yapacaktı; elde edilen denklem Poiseuille formülü olarak bilinir:

$$Q = \frac{\pi PR^4}{8nL}$$

Burada  $n$ , viskozite katsayısı olup böylece Poiseuille'ün deneysel verilerinden çıkartılır. Yukarıda söylenmiş olduğu gibi, viskozite katsayısı cm-gm-sn birimleriyle ifade edilir; bu birimlerde  $n = 1,000$  katsayısına bir *poise* adı verilir (Poiseuille'ün onuruna) ve bunun yüzde birine de *centipoise* denir.  $20^\circ\text{C}$ 'ta suyun viskozite katsayısı tam bir *centipoise*'a eşittir.

Bir sıvının  $t/t_0$  viskozitesini ifade etmenin bir uygun başka yöntemi de  $n_1/n_0$  oranını saptamak olup burada  $n_0$ , seçilmiş uygun bir standart sıvının viskozitesidir; bu orana *izafi viskozite* adı verilir. Bu bağlamda olmak üzere *belli bir sıcaklıkta Engler viskozitesi*, bir miktar sıvı yağın bu sıcaklıktaki akış zamanının, aynı miktardaki suyun  $20^\circ\text{C}$ 'taki akış zamanına oranıdır.

Esas itibarıyla sıvıların (ve gazların) viskozitesi, bu sıvı (veya gazın) akışı sırasında meydana gelen iç sürtünmenin sonucu olmaktadır. Buna göre *mutlak (salt) viskozite*, sıvının birim düzlem yüzeyinin, aynı sıvının birim uzaklıkta buna paralel başka bir düzlem yüzeyine göre birim hızla yer değiştirmesi için gerekli kuvvettir. *Kinetik viskozite katsayısı* ise belli bir sıcaklıkta, bir akışkanın mutlak viskozitesinin yoğunluğuna bölümü olup bu büyüklük C.G.S. sisteminde *stokes* cinsinden ölçülür.

İçinde, toplam hacmi  $V$  olan asıltı (süspansiyon) halinde yabancı bir madde bulunan sıvılar için Einstein, karışımın  $n$  viskozitesinin

$$n = n_0(1+2,5V)$$

bağıntısıyla verildiğini göstermiştir.

Sıcaklık artışıyla iyice düşen viskozite, basınçla artar ve basınç çok yüksek olduğunda o da çok yüksek değerlere varır. Bundan su, istisna teşkil eder.

## ***GAZLARIN VİSKOZİTESİ***

Kaynak olayında sıvıların olduğu kadar (ergimiş metal, örtü maddesi-dekapan) gazların da viskozitesi önemli olmaktadır.

Stokes formülü kürelerin, sıvılar içinde olduğu gibi, gazlar içinde de düşmesine uygulanır; ancak bunun için kürelerin ortalama serbest geçiş yoluna göre çok küçük olmamaları gerekir. Hep bilindiği gibi çok ince dağılmış malzeme havada uzun süre asıltı (süspansiyon) halinde kalır ve Stokes formülü belli bir malzemenin zerreciklerinin boyutunu hesap etmede kullanılır, örneğin belli bir tempo ile batacak olan su damlacıkları. Bu batış, örneğin saatte bir cm olursa, zerrecik (damlacığın) çapı  $1,38\mu$ 'u aşmamalıdır.

Gazların viskozitesi, sıvılarınkinin aksine, artan sıcaklıkla yükselir. Ancak viskozite, teoremin gösterdiği gibi salt (mutlak) sıcaklığın kare köküyle orantılı olmayıp çok daha hızlı artmaktadır. Bu sapmayı izah eden Sutherland, salt sıcaklıkla değişmeyi

$$n = A \frac{\sqrt{T}}{1+C/T}$$

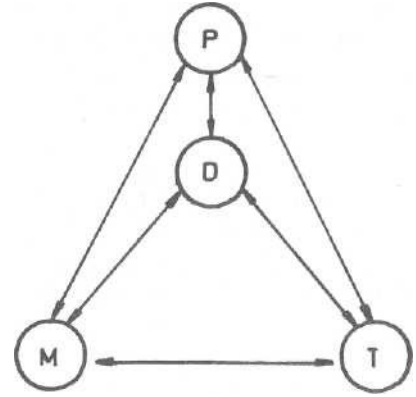
formülü ile vermekte olup  $C$ , her gaz için Sutherland Sabitesi olarak bilinen bir büyüklüktür.

Ark olayında elektrot metalinin koruyucu gazlar arasından özellikle "yağmur" halinde geçişinin etüdünde işbu viskozitenin devreye gireceği kesindir.

Teknolojinin değişik kollarında önemli ve âcil bir sorun, imal sürecini sert lehim ve lehimlemeye, otomatik işlem dahil, göre dizayn ve optimize etmek olmuştur. Bir sert lehimlenmiş (lehimlenmiş) mamulün güvenilirliğinin dizayn aşamasında önceden saptandığı,

üretim aşamasında sağlandığı ve çalışma süresinde idame edildiği farz edilerek biz burada günümüz üretim sürecinin üç unsurunun, ezcümle dizayn, malzeme ve yöntem tekniğinin uyuşma-bağdaşma (compatibility) kavramına dayalı sorunu irdeleyeceğiz. Gerçekten "preslemeye uygun" veya "kaynağa uygun" konstrüksiyonlarda olduğu gibi "sert lehim-lehime uygun" olanlarından da söz edilebilir. Bir lehim birleşmesinin başarılı olmasında birleştirilecek parçaları lehime uygun olarak şekillendirilmesi büyük önem taşır. Şekil verme, lehim işleminin akışını, masrafların ve birleşmenin kalitesini kesin şekilde etkiler. Bu nedenle usulüne uygun lehimleme daha yapımcının çizim masasında başlar.

Sert lehim ya da lehimleme İşlemleri bir ilâve metal, dekapan (fluks), ana metaller ve yöntem teknolojisi sistemi olarak irdelenecektir. Sistem, bir temel dizayn kavramıyla tasarlanan (*P*) performans karakteristiklerine olumlu şekilde cevap verecektir. \* Şek.63a'da görüldüğü gibi.



Lehimlenmiş parçaların kalitesini saptayacak üretim sistem unsurları, ürün dizaynı (*D*), ürün malzemesi (*M*) ve sertlehim lehim yöntem teknolojisi (*T*) dir. Bunların karşılıklı ilişkileri şek. 63a'da gösterilmiştir.

Lehim-Sert lehim işlemlerinde bu üretim unsurlarından en önemli olanı, yani ürün dizaynı, iki grup faktörle nitelenir:(1) tasarım (dizayn) faktörleri-ürünün sınıfı, birleşmenin tipi, birleşme aralığı, bindirme uzunluğu; (2) ölçü faktörleri-mamulün maksimum cidar kalınlığı, mamulün parçaları arasında cidar kalınlık farkları, mamulün kitlesi ve tam boyutları. Ölçü faktörleri, değişen cidar kalınlıkları ve boyutlar dolayısıyla mamulün içinde sıcaklık ve gerilme alanlarının uniform olmama derecesini etkiler. Tasarım faktörleri de, lehim-sert lehimlenmiş ürünün sınıfını (klasını) ve lehim yöntem teknolojisinde birleşme tipini etkiler.