

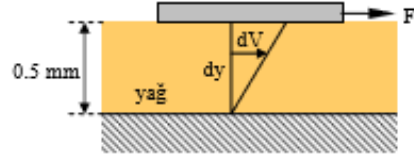
MKB 212
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ I
DERS NOTLARI

DOÇ. DR.SONER CELEN

4. HAFTA

Örnek 2.8

Sabit bir levhadan 0.5 mm uzaklıkta kare şeklindeki, kenar uzunluğu 50 cm olan hareketli bir levhayı 0.25 m/s hızla hareket ettirebilmek için 0.5 N'luk bir kuvvet gerektiğine göre yağlama yağının viskozitesini bulunuz?

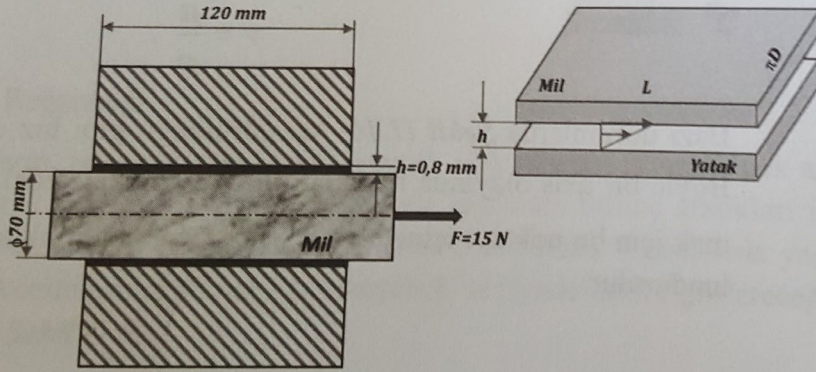


$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{dV}{dy} = \mu \cdot \frac{V}{h}$$

$$\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot V} = \frac{0.5 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3}}{0.25 \cdot 0.25} \Rightarrow \mu = 0.004 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

Örnek 2.9

$[\phi 70 \text{ mm}]$ çapında bir mil aksenal olarak $[120 \text{ mm}]$ uzunluğunda bir yatağın içinde $[15 \text{ N}]$ 'luk bir kuvvetle $[0,2 \text{ m/s}]$ 'lik hız yaptırılarak çekiliyor. Mil ile yatak arasında bulunan yağın dinamik viskozitesini hesaplayınız.



Şekilde görüldüğü gibi mil ile yatak arasındaki aralık çok küçük olduğundan problem iki paralel levha arasındaki duruma indirgenir.

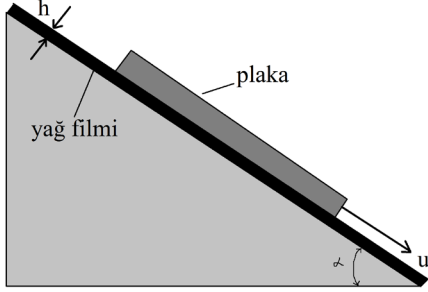
$$F = \mu \cdot \frac{u}{h} \cdot \text{Alan}, \text{ Alan} = \pi \cdot D \cdot L, \mu = \frac{F \cdot h}{u \cdot A},$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 0,0264}, \mu = 2,27 \text{ Pas bulunur.}$$

$$\text{Pa} \cdot \text{s} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m/s} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Örnek 2.10

Şekildeki kare plaka sadece kendi ağırlığı ile viskozitesi (0.02 Pas) olan bir yağ filmi üzerinde (1.4 m/s) lik hız ile kaymaktadır. Plakanın ağırlığını hesaplayınız ($a=1.2$ m, $h=0.6$ mm, $\alpha=30^\circ$).



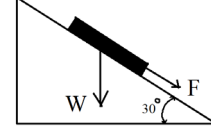
Plakayı çekmek için gereken kuvvet F olsun.

$$F = W \cdot \sin \alpha = A \cdot \tau$$

$$\tau = \mu \frac{u}{h} \quad A = a^2$$

$$W = \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{a^2 \mu \frac{u}{h}}{\sin \alpha}$$

$$W = \frac{1,2^2 \cdot 0,02 \cdot 1,4}{\sin 30^\circ \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}} = 134,4 N$$



Örnek 2.12

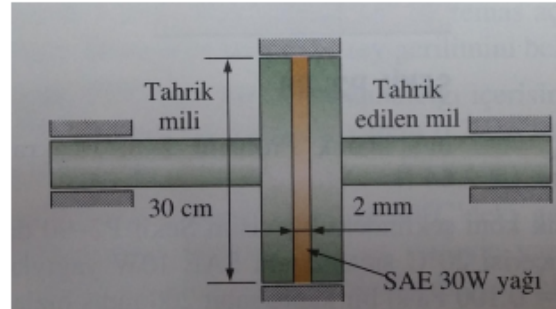
Şekilde gösterilen kavrama sistemi, 30cm çapında iki özdeş disk arasındaki 2mm kalınlığında ve viskozitesi $\mu=0.38$ N.s/m² olan yağ üzerinden tork iletmek için kullanılmaktadır. Tahrik mili 1450 devir/dk hızla dönerken, tahrik edilen mil 1398 devir/dakika hızla dönmektedir. Aradaki yağ filmi içerisindeki hız dağılımını lineer kabul ederek iletilen torku belirleyiniz.

Kabuller:

1. Yağ tabakasının kalınlığı üniformdur.
2. Disklerin açısal hızı sabit kalmaktadır.

Özellikler:

Yağın dinamik (mutlak) viskozitesi $\mu = 0.38$ N.s/m²



Çözüm:

Diskler aynı doğrultuda ve ω_1 ve ω_2 farklı açısal hızlarıyla dönmektedir. Disklerden birini sabit olduğunu ve diğerinin de $\omega_1 - \omega_2$ hızıyla döndüğünü kabul edebiliriz.

Film tabakasının her yerinde hız gradyanı V/h

h : Yağ film tabakasının kalınlığı

V : Teğetsel hız $= (\omega_1 - \omega_2)r$

$$\text{Kayma gerilmesi: } \tau_w = \mu \frac{du}{dr} = \mu \frac{V}{h} = \mu \frac{(\omega_1 - \omega_2)r}{h}$$

Sonsuz küçük (diferansiyel) dA alanına etki eden kayma kuvveti tork T şu şekilde hesaplanabilir:

$$dF = \tau_w dA = \mu \frac{(\omega_1 - \omega_2)r}{h} (2\pi r) dr$$

$$dT = r dF = \mu \frac{(\omega_1 - \omega_2)r^2}{h} (2\pi r) dr = \frac{2\pi\mu(\omega_1 - \omega_2)}{h} r^3 dr$$

$$\text{İntegre edilirse } T = \frac{2\pi\mu(\omega_1 - \omega_2)}{h} \int_{r=0}^{D/2} r^3 dr = \frac{2\pi\mu(\omega_1 - \omega_2)}{h} \frac{r^4}{4} \Big|_{r=0}^{D/2} = \frac{\pi\mu(\omega_1 - \omega_2)D^4}{32h}$$

$$\omega = 2\pi n$$

$$(\omega_1 - \omega_2) = 2\pi(n_1 - n_2) = \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{rev}}\right) [(1450 - 1398)\text{rev/min}] \left(\frac{1\text{min}}{60\text{s}}\right) = 5.445 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{\pi(0.38 \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2})(\frac{5.445}{\text{s}})(0.30\text{m})^4}{32(0.002\text{m})} = 0.82 \text{ N.m}$$

Örnek 2.13

Keşik koni şeklindeki bir cisim, şekilde görüldüğü gibi içerisi 20°C sıcaklıktaki SAE 10W yağıyla doldurulmuş ($\mu=0.1 \text{ Pa.s}$) bir kaptta sabit 200 rad/s hızla döndürülmektedir. Cismin içerisinde döndüğü yağ filminin kalınlığı 1.2mm olduğuna göre, bu hareketi sağlamak için gerekli gücü hesaplayınız. Ayrıca yağ sıcaklığının 80°C 'ye çıkması halinde ($\mu=0.0078 \text{ Pa.s}$) bu güçte yüzde kaç azalma olacağını belirleyiniz.

Kabuller:

1. Yağ tabakasının kalınlığı sabit kalmaktadır.

Çözüm:

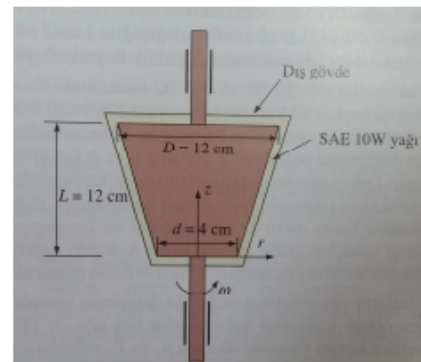
Yağ tabakasının h kalınlığındaki her yerinde hız gradyanı V/h olup $V=\omega r$ teğetsel hızdır. Bu durumda koni şeklindeki cismin dönme ekseninden r mesafesinde oluşan kayma gerilmesi:

$$\tau_w = \mu \frac{du}{dr} = \mu \frac{V}{h} = \mu \frac{\omega r}{h}$$

$$dF = \tau_w dA = \mu \frac{\omega r}{h} dA$$

$$dT = r dF = \mu \frac{\omega r^2}{h} dA$$

$$T = \frac{\mu\omega}{h} \int_A r^2 dA$$



$$\dot{W}_{sh} = \omega T = \frac{\mu \omega^2}{h} \int_A r^2 dA$$

Alt ve üst yüzeyler: $dA = 2\pi r dr$

$$\dot{W}_{sh,top} = \frac{\mu \omega^2}{h} \int_{r=0}^{D/2} r^2 (2\pi r) dr = \frac{2\pi \mu \omega^2}{h} \int_{r=0}^{D/2} r^3 dr = \frac{2\pi \mu \omega^2}{h} \frac{r^4}{4} \Big|_{r=0}^{D/2} = \frac{\pi \mu \omega^2 D^4}{32h}$$

$$\dot{W}_{sh,bottom} = \frac{\mu \omega^2}{h} \int_{r=0}^{d/2} r^2 (2\pi r) dr = \frac{2\pi \mu \omega^2}{h} \int_{r=0}^{d/2} r^3 dr = \frac{2\pi \mu \omega^2}{h} \frac{r^4}{4} \Big|_{r=0}^{d/2} = \frac{\pi \mu \omega^2 d^4}{32h}$$

Yanal yüzey: $dA = 2\pi r dz$ $r = \frac{d}{2} + \frac{D-d}{2L} z$ $dr = \frac{D-d}{2L} dz$ ya da $dz = \frac{2L}{D-d} dr$

Bu durumda $dA = 2\pi dz = \frac{4\pi L}{D-d} r dr$

$$\dot{W}_{sh,side} = \frac{4\pi \mu \omega^2 L}{h(D-d)} \frac{r^4}{4} \Big|_{r=d/2}^{D/2} = \frac{\pi \mu \omega^2 L(D^2 - d^2)}{16h(D-d)}$$

$$\dot{W}_{sh,total} = \dot{W}_{sh,top} + \dot{W}_{sh,bottom} + \dot{W}_{sh,side} = \frac{\pi \mu \omega^2 D^4}{32h} \left[1 + \left(\frac{d}{D}\right)^4 + \frac{2L[1-(d/D)^4]}{D-d} \right]$$

$$d/D = 4/12 = 1/3$$

$$\dot{W}_{sh,total} = \frac{\pi(0.1 \frac{Ns}{m^2})(200/s)^2(0.12 m)^4}{32(0.0012m)} \left[1 + (1/3)^4 + \frac{2(0.12m)[1-(1/3)^4]}{(0.12-0.04)m} \right] \left(\frac{1W}{1 Nm/s} \right) = 270W$$

Gerekli güç yağın viskozitesiyle orantılıdır. Bu durumda 80 °C'deki durumda gerekli güç;

$$\dot{W}_{sh,total,80^\circ C} = \frac{\mu_{80^\circ C}}{\mu_{20^\circ C}} \dot{W}_{sh,total,20^\circ C} = \frac{0.0078 \frac{Ns}{m^2}}{0.1 \frac{Ns}{m^2}} (270W) = 21.1 W$$

80 °C'de gereken güçten elde edilen tasarruf=270-21.1=248.9 W=249 W → %92 kazanç

ÖRNEK 2-4 Bir Akışkanın Viskozitesinin Belirlenmesi

Bir akışkanın viskozitesi, 40-cm boyunda iç içe geçmiş iki silindirden oluşan bir viskozimetre ile ölçülecektir (Şekil 2-18). İçteki silindirin dış çapı 12 cm ve iki silindir arasındaki boşluk 0.15 cm'dir. İçteki silindir 300 devir/dakika hızla döndürüldüğünde oluşan tork $1.8 \text{ N} \cdot \text{m}$ olarak ölçüldüğüne göre akışkanın viskozitesini belirleyiniz.

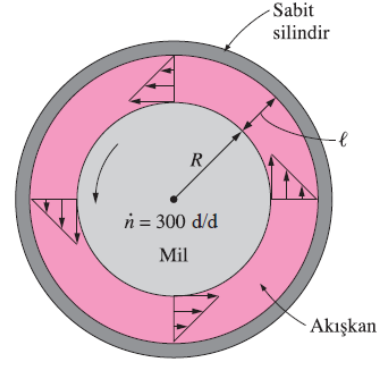
ÇÖZÜM Çift silindirli bir viskozimetrenin torku ve dakikadaki dönme sayısı verilmiştir. Akışkanın viskozitesi belirlenecektir.

Kabuller 1 İçteki silindir tamamen yağ içerisindedir. 2 İçteki silindirin her iki ucundaki viskoz etkiler ihmal edilebilir.

Analiz Hız profili yalnızca eğrilik etkileri ihmal edilebildiğinde doğrusaldır. Verilen durumda $\ell/R \ll 1$ olduğundan, profil doğrusal olarak düşünülebilir. Denklem 2-34'ü viskozite için çözer ve verilen değerleri yerine koyarsak, akışkanın viskozitesi;

$$\mu = \frac{T\ell}{4\pi^2 R^3 n L} = \frac{(1.8 \text{ N} \cdot \text{m})(0.0015 \text{ m})}{4\pi^2 (0.06 \text{ m})^3 (300/60 \text{ 1/s})(0.4 \text{ m})} = 0.158 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

İrdeleme Viskozite sıcaklığa karşı çok duyarlıdır ve hangi sıcaklıkta olduğu belirtilmemiş bir viskozite değerinin pek bir önemi yoktur. Dolayısıyla deney süresince akışkanın sıcaklığı da ölçülmeli ve yapılan hesaplamada belirtilmelidir.



ŞEKİL 2-18

Örnek 2-4'ün şematik çizimi



Yüzeysel Gerilme ve Kapilarite (Kılcallık)

Sıvılar, sanki çekilip büzülme eğilimde olan bir zar ile çerçevelenmiş gibi davranırlar. Bu olay sıvıdaki çekme kuvvetleri nedeniyle oluşur. Bilindiği gibi bütün moleküller birbirini çeker. Merkezdeki moleküller, bütün yönlerde eşit olarak çekilirler. Fakat yüzeydeki moleküller sadece merkeze doğru çekilirler. Çünkü diğer yönde olanları dışarıya doğru çekecek sıvı molekülleri yoktur. Yüzeydeki moleküllere uygulanan, bu net kuvvet nedeniyle yüzeyde bir gerilim oluşur. Buna **yüzey gerilimi** denir ve birim yüzey alanındaki yüzey enerjisi olarak tanımlanır.

Bir sıvının yüzey gerilimi (σ), yeterli sayıda molekülü yüzeye taşıyarak yeni bir birim alan oluşturmak için yapılması gereken iş olarak tanımlanabilir. Yüzeysel gerilme ortak yüzeyli akışkanların iç yapılarına ve sıcaklıklarına bağlıdır.

$$\sigma = \frac{W}{A} = \frac{J}{m^2} = \frac{Nm}{m^2} = \frac{N}{m}$$

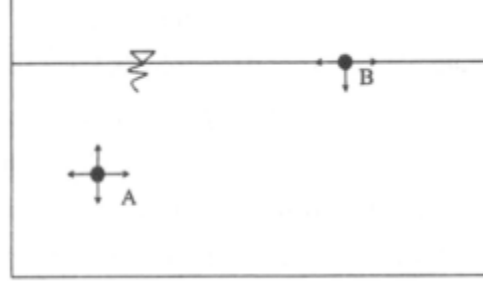
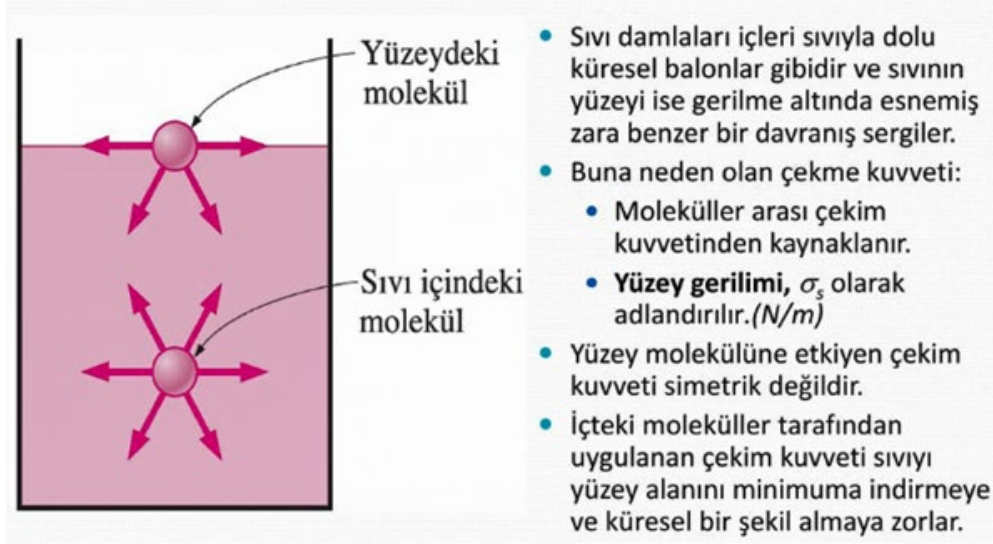
Tablo 2.3 Bazı sıvıların yüzeysel gerilme değerleri

SIVI	YÜZEYSEL GERİLME (σ) N/m
SU-HAVA	0,073
BENZOL-HAVA	0,028
ALKOL-HAVA	0,025
ALKOL-SU	0,002
ZEYTİNYAĞI-HAVA	0,025.....0,030
ZEYTİNYAĞI-SU	0,02
CİVA-HAVA	0,47
CİVA-SU	0,41

Yüzey gerilimin etkileyen faktörler

- Sıvının cinsi
- Sıvının sıcaklığı, sıvının sıcaklığı arttıkça yüzey gerilimi azalır
- Sıvıya yabancı madde eklendiğinde, suya tuz eklenirse yüzey gerilimi artar
- Deterjan, sabun gibi aktif malzemelerin eklenmesi yüzey direncini azaltır.

Moleküller arasında çekim kuvveti söz konusudur. Aynı tür moleküller arasındaki çekime **“kohezyon”**, farklı tür moleküller arasındaki çekime ise **“adezyon”** denir. Katılarda kohezyon çok büyüktür ve katının belirli bir şekli korumasını sağlar. Sıvılarda ise moleküllerin sıvı hacmi içerisindeki hareketine izin verirken sıvıyı belirli bir hacim içinde tutar.



Şekil 2.14. Sıvı içerisindeki ve yüzeyindeki moleküllere etkili kuvvetler

Sıvı içerisindeki moleküller (A molekülü) sadece kohezyon etkisinde iken sıvı yüzeyindeki moleküller (B molekülü) hem kohezyon hem de adezyon etkisindedir. Bu durumda, yüzeydeki molekülleri yukarıya doğru çekmeye çalışan ve sıvı sıvı yüzey alanının minimum olmasını sağlayan bir kuvvet oluşacaktır, bu kuvvet “**yüzey gerilimi**” olarak adlandırılır. Yüzeydeki moleküllere serbest yüzeye paralel ve dik kuvvet bileşenleri etki eder ve paralel bileşenler sıvı yüzeyini gergin bir zar gibi tutar.

Serbestçe genişlemeyen sıvılar ikinci bir sıvı ile ya da gaz ile ara yüzey oluştururlar. Bu tip ara yüzeylerin fiziksel kimyası oldukça karmaşıktır. Sıvının iç kısımlarında yer alan moleküller çok yakın kümелendikleri için birbirlerini iterler. Yüzeyde bulunan moleküller daha az yoğundur ve birbirlerini çekerler. Komşularının yarısı olmadığı için mekanik etki yüzeyin gerilmesi ile ortaya çıkar.

Bir sıvı veya gazla ortak yüzeyi olan bir sıvı göz önünde bulundursun. Şekil 2.14 de sıvı içerisindeki bir moleküle her taraftan çekme kuvvetleri etki etmekte ve bu kuvvetlerin vektörel toplamı sıfır olmaktadır. Halbuki sıvı ile ortak yüzey meydana getirmiş hava veya gazla olan durum incelendiği taktirde, bir molekül sadece sıvı içine doğru iç çekim kuvvetleri ile çekilmekte ve bu suretle ele alınan moleküle sıvı içine doğru ve ortak yüzeyin o noktasındaki normali doğrultusunda net bir kuvvet gelmektedir. Bu yüzden içteki moleküllerin bu zıt kuvveti yenerek ortak yüzeye doğru hareket etmeleri ek bir enerji

gerektirir. Aynı zamanda ortak yüzeydeki moleküllerin enerjisi içteki moleküllerinkinden daha fazladır. Bu durum sıvının ortak yüzünde bir yüzeysel gerilme ve eğrilik meydana getirir. Böylece yüzey aynen gerilmiş bir diyafram gibi çalışır. Bu yüzeyin altında ve üstündeki basınçlar birbirine eşit değildir. Basınçların farklı olması meydana gelen yüzeyin eğri olmasını gerektirir. Şekil 1.8 ele alınarak basınç artışı ve yüzeysel gerilme arasındaki ilgi, gerilmelerin ve basıncın meydana getirdiği kuvvetlerin dengesinden elde edilebilir. Şekil 1.8 deki gibi bir dış büküye ortak yüzeyin **E** noktasındaki sonsuz küçük yüzey elemanı göz önüne alarak, **E** noktasının birbirine dik yöndeki eğrilik yarıçapları **R₁** ve **R₂** ile ifade edilsin. Şekildeki taralı bölgenin dengesi için bu bölgeye gelen kuvvetlerin **EM₁M₂** eksen üzerindeki izdüşümleri toplamı sıfır olmalıdır.

$$(P_1 - P_2) \cdot ds_1 = 2 \cdot \sigma \cdot ds_2 \cdot \sin \beta - 2 \cdot \sigma \cdot ds_1 \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

açılar yerine de;

$$\sin \beta = \frac{ds_2 / 2}{R_2}, \quad \sin \alpha = \frac{ds_1 / 2}{R_1}$$

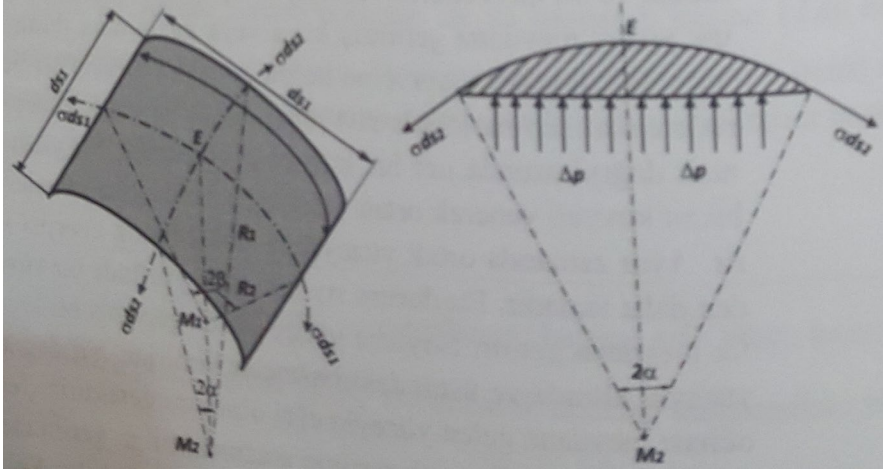
düzenleme yapılırsa;

$$\Delta P = \sigma \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$$

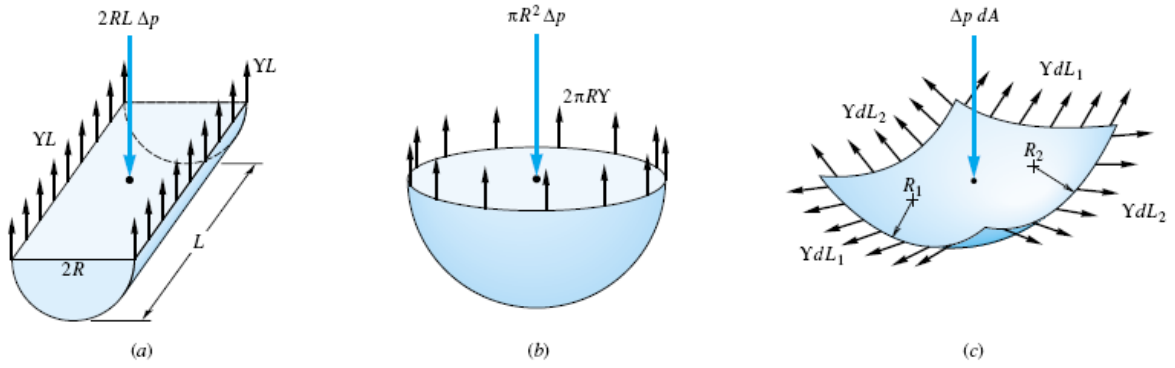
ele alınan yüzey küresel biçimde olursa ($R_1 = R_2 = R$) yazılarak,

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$

Bağıntıdan görüldüğü gibi eğrilik yarıçapı küçüldükçe sıvı içindeki basıncın artmakta olduğu sonucu çıkar.



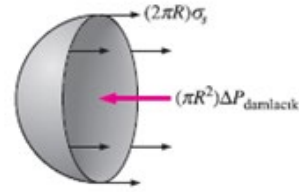
Şekil 2.15 Basınç ve gerilmelerin meydana getirdiği kuvvetler



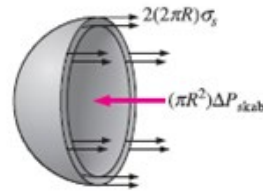
Şekil 2.16 Yüzeysel Gerilme Nedeniyle Oluşan Basınç Değişimi

Bazı sıvıların 1 atm ve 20°C'deki (aksi belirtilmedikçe) yüzey gerilmeleri

Akışkan	Yüzey gerilimi σ_s , N/m
Su:	
0°C	0,076
20°C	0,073
100°C	0,059
300°C	0,014
Gliserin	0,063
SAE 30 yağı	0,035
Cıva	0,440
Etil alkol	0,023
Kan, 37°C	0,058
Benzin	0,022
Amonyak	0,021
Sabun çözeltisi	0,025
Gazyağı	0,028



(a) Yarım damlacık



(b) Yarım sabun kabarcığı

Yarım damlacığın ve yarım sabun kabarcığının serbest cisim diyagramları.

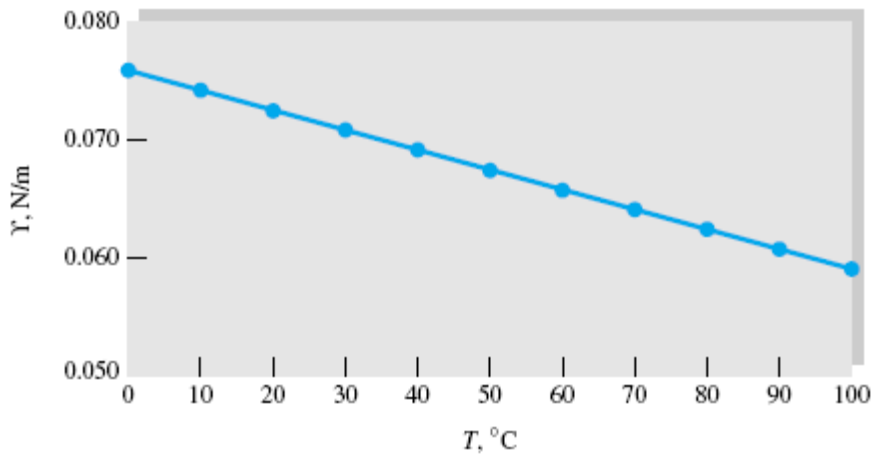
$$\text{Damlacık: } (2\pi R)\sigma_s = (\pi R^2) \Delta P_{\text{damlacık}} \rightarrow \Delta P_{\text{damlacık}} = P_i - P_o = \frac{2\sigma_s}{R}$$

$$\text{Sabun kabarcığı: } 2(2\pi R)\sigma_s = (\pi R^2) \Delta P_{\text{skab}} \rightarrow \Delta P_{\text{skab}} = P_i - P_o = \frac{4\sigma_s}{R}$$

Eğer ara yüzeyde dL uzunluğunda bir kesim yapılırsa γdL şiddetinde eşit ve zıt yönde gelen kuvvetler, kesim doğrusuna dik ve yüzeye paralel olarak oluşur. Burada γ (gamma) yüzeysel gerilme katsayısı olarak adlandırılır. Boyutu $\{MT^{-2}\}$ olup, SI birim sisteminde, N/m dir. Farklı bir yaklaşım kesimi dA alanına açmaktır; buda γdA miktarındaki işin yapılmasını gerektirir. Böylece γ katsayısı ara yüzeyin birim alanı başına yüzey enerjisi olarak düşünülebilir ve birimi Nm/m^2 dir. En yaygın iki ara yüzey su-hava ve civa-havadır. $20^\circ C$ de bulunan temiz bir yüzey için ölçülen yüzeysel gerilme katsayısı

$$\gamma = 0.073 \text{ N/m} \quad \text{hava-su} \quad \gamma = 0.48 \text{ N/m} \quad \text{hava-civa}$$

Genellikle γ sıvı sıcaklığı ile azalır. Su için γ değerleri Şekil 1.17 de verilmiştir.



Şekil 1.17 Temiz Hava – Su Arakesit Yüzeyinin Yüzeysel Gerilme Katsayısı

Kılcallık

Sıvıların kılcal borularda yükselmesi yada alçalması olayına kılcallık denir.

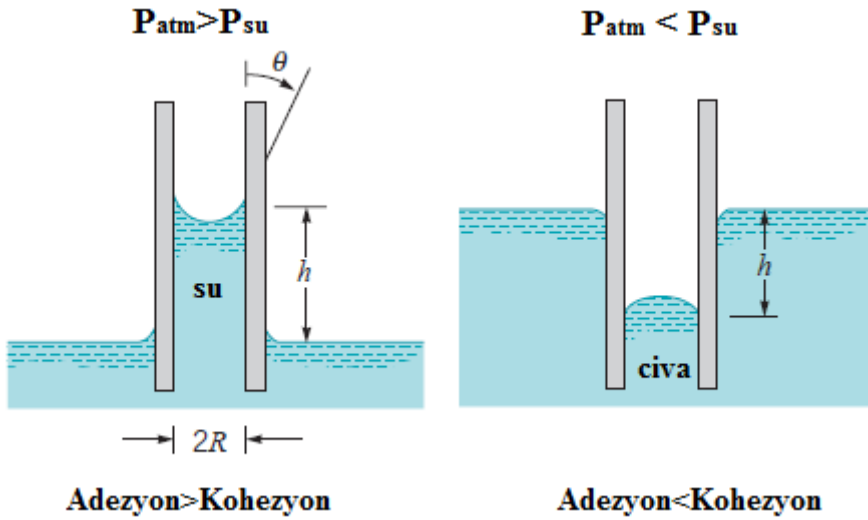
Sıvıların kılcal borudaki yükselme miktarı

- Sıvının cinsine bağlı
- Borunun malzemesine bağlı
- Borunun kesit alanıyla ters orantılıdır
- Yerçekimi ivmesi ile ters orantılıdır
- Atmosfer basıncına bağlı değildir

Küçük çaplı bir tüp su içerisine batırıldığında suyun tüp içerisinde yükseldiği buna karşılık civa içerisine batırıldığında tüp içerisinde civa seviyesinin azaldığı görülür. Seviyedeki bu yükselme veya alçalmaya kapilarite denir. Bu olaya adezyon, kohezyon ve yüzey gerilme etkileri neden olur.

Adezyon kuvveti, kohezyon kuvvetinden büyük olan sıvılarda, sıvı yukarı doğru hareket eder. Kohezyon kuvveti adezyon kuvvetinden büyük olan sıvılarda ise sıvı aşağıya doğru hareket eder.

Sıvının cam tüp içerisinde yükselmesi ile açık yüzeyde basınç düşüşü, alçalması ile de basınç artışı görülür. Böylece yükselen sıvıda açık yüzey iç bükey, alçalın sıvıda ise dış bükey olacaktır.

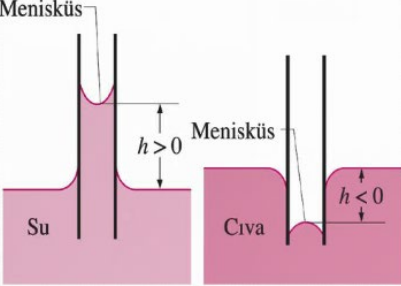


Şekil 1.18 Kapilarite

İkinci bir önemli yüzey etkisi Θ temas açısıdır. Sıvıların yüzey geriliminin ölçülmesinde dikkat edilmesi gereken hususlarda ıslatma özelliği ve temas açısıdır. Sıvılar bazı katıları ıslattığı hâlde bazılarını ıslatmaz. Örneğin, su camı, seramiği ve metali ıslattığı hâlde, polietileni ve teflonu ıslatmaz. Temas açısı, sıvıların ıslatma özelliklerinin belirlenmesinde bir ölçü olarak kullanılabilir.

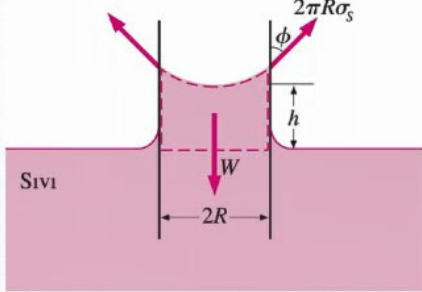
Temas açısı sıvı yüzeyinin kenarı ile katı yüzey arasındaki açıdır. Şekildeki a,b,c, ile gösterilen haller, sırasıyla iyi bir ıslatma (sıfıra yakın bir temas açısı), orta dereceli bir ıslatma ($\theta < 90^\circ$), kötü bir ıslatma veya ıslatmama (180° ye yakın bir temas açısı) durumlarına aittir. Mükemmel ıslatma için $\theta = 0^\circ$ ve hiç ıslatmama için $\theta = 180^\circ$ olmalıdır. Genellikle, $\theta < 90^\circ$ ise sıvının yüzeyi ıslattığı, $\theta > 90^\circ$ ise sıvının yüzeyi ıslatmadığı ifade edilir. Temiz civa-hava-cam arakesiti için $\Theta = 130^\circ$ dir. Hava-gazyagında $\Theta = 26^\circ$ dir.

Kılcallık Etkisi



- **Kılcallık etkisi** küçük çaplı bir boruda sıvının yükselmesi veya alçalmasıdır.
- Borudaki eğri yüzey **menisküs** olarak adlandırılır.
- Suyun menisküsü yukarı doğrudur çünkü su *ıslatan* bir akışkandır.
- Civanın menisküsü aşağı doğrudur çünkü civa *ıslatmayan* bir akışkandır.
- **h**: kılcal yükselme veya kılcal alçalma

Sıvının Yüzey Islatması



- ϕ açısına temas açısı denir $\phi > 90^\circ$ ise ıslatmayan (civa gibi),
- $\phi < 90^\circ$ ise ıslatan sıvı söz konusudur.
- Atmosferik havada suyun cam ile yaptığı temas açısı hemen hemen sıfırdır. $\phi = 0$
- Dolayısıyla cam bir boruda su üzerindeki yüzey gerilim kuvveti, suyu yukarı çekmeye çalışacak şekilde yukarı doğru etkir.

- Kılcal yükselmede yükselen akışkanın ağırlığı yüzey gerilimi kuvveti ile dengelenir.

$$W = F_{yüzey} \rightarrow \rho g (\pi R^2 h) = 2 \pi R \sigma_s \cos \phi$$

- Böylece kılcal yükselme:

$$h = \frac{2 \sigma_s}{\rho g R} \cos \phi$$

h : kılcal borulardaki yükselme alçalma uzunluğu

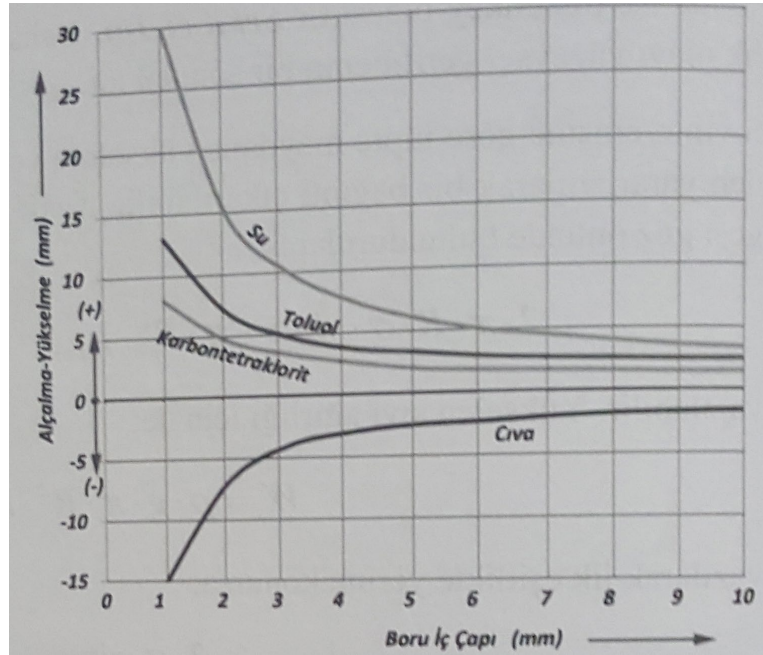
σ : yüzey gerilmesi

ϕ : ıslatma açısı

R : tüpün yarıçapı

Sıvı	Asetik asit	Aseton	Benzen	Cıva	Etil alkol	Gliserol	Metanol	Su	Toluen
σ , N/m	0,028	0,0245	0,028	0,5254	0,0228	0,0634	0,0226	0,0753	0,028

Tablo 2.4 Bazı sıvıların hava ile temasta iken 20° C’ de ölçülen yüzey gerilimleri



Şekil 2.21 Tüpün iç çapına bağlı olarak sıvıların yükselme ve alçalma miktarları

Kovuklaşma (Kavitasyon)

Bir sisteme sıvı akışı olduğunda, çeşitli noktalarda düşük basınçlar ortaya çıkar. Şayet basınç düşmesi, doyma noktasının altında ise, yerel buharlaşma oluşur ve sıvı buhar halinde kaynar. Bu kabarcıklar yüksek basınçlı bölgeye taşındığında çöker ve sıvıya dönüşür. Buhar paketlerinin *patlama=çökme* oluşumu **kovuklaşma (kavitasyon)** olarak bilinir ve bir sıvı sistemi için hiç istenmeyen bir durumdur. Çünkü;

1. Oluşumun hızı ve buhar paketlerinin bozulması fiziksel tahribe neden olabilen şok dalgalarına yol açar.
2. Buhar kabarcıkları akan sıvı içinde blok oluşturur ve sıvının akışını tamamen engelleyebilir. Bu “**buhar bloğu**” olarak bilinir.