



ENDÜSTRİDE MALZEME

SEÇİMİ

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Prof. Dr. İrfan AY



Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T.KEREM DEMİRCİOĞLU



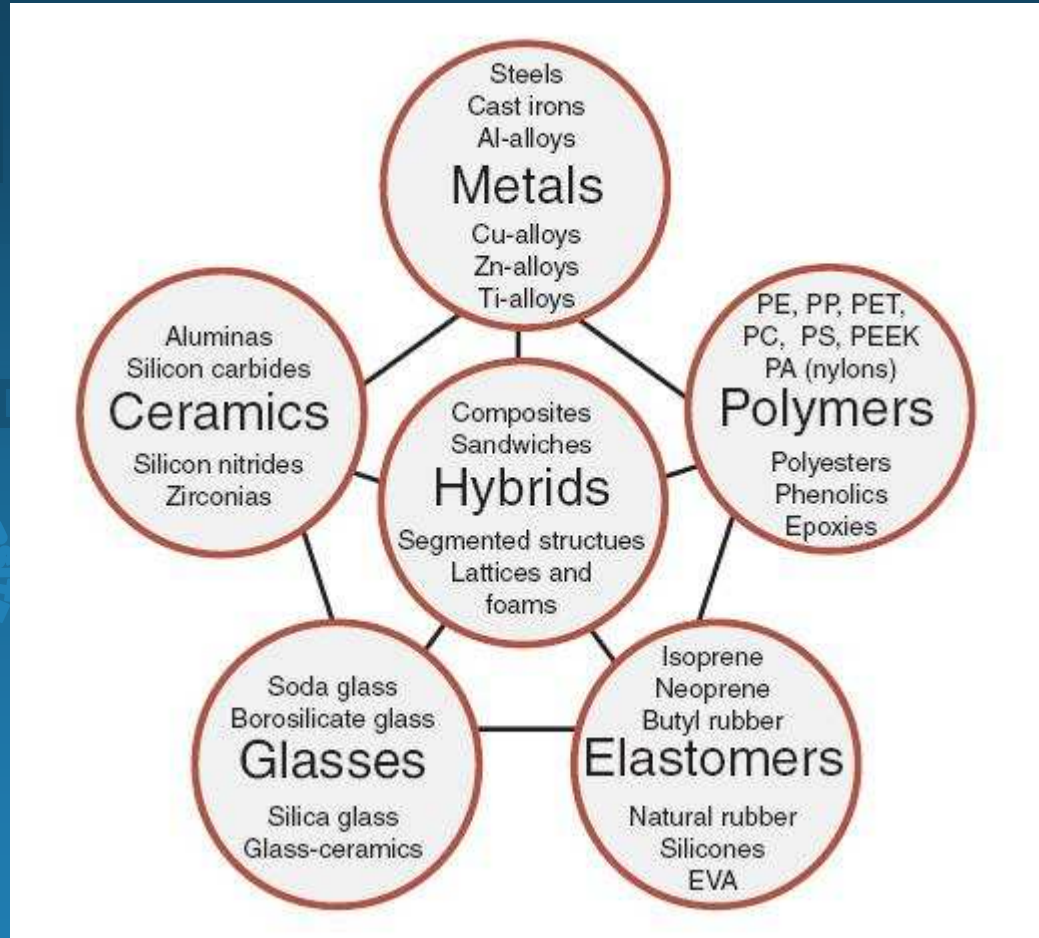
1. MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİNİN MALZEME SEÇİMİNDEKİ ÖNEMİ

Doç. Dr. İrfan Ay / Arş. Gör. T. Kerem Demircioğlu





“**Mühendislik Malzeme Aile**”sini aşağıdaki gibi birarada toplayabiliriz.



1.1 METALLER

Genel olarak metaller deyince kullanım yerlerine göre aşağıdaki malzemeler akla gelir.



Çelikler



Dökme demirler



Al ve alaşımları



Cu ve alaşımları



Zn ve alaşımları



Ti ve alaşımları



Mg ve alaşımları



Metallerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.



Korozyona dirençleri düşüktür

Yüksek sıcaklıklarda sürünme'ye uğrarlar

E değeri yüksek

Safken kolay defolurlar

Her metal malzemenin kendine has özelliği vardır.

Alaşımlama, mekanik işlem, ısıl işlem ile güçlendirilirler

Yüksek muk. çeliklerin süneklilikleri %1 e bile iner. Ama gene de kafi süneklilik var demektir.



1.2 SERAMİKLER

Genel olarak seramik deyince kullanım yerlerine göre aşağıdaki malzemeler akla gelir.



Aluminas



Silicon carbides



Silicon nitrides



Zirconias



Silisyum
karbür





Seramiklerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

Delik,çatlak.vs süreksizlikler veya klips gibi tutma noktalarında fazla zorlanamazlar

E modülleri çok yüksek

Seramikleri metaller gibi dizayn etmek kolay değildir

Metaller gibi değil gevreklerdir

Seramikler aşınmaya karşı dirençlidir,yüksek sıcaklığa kadar muk. korurlar

Süneklikleri yoktur.

Çekme muk. Zayıf,gevrek kırılırlar

Basma muk. Çekmenin 15 katı kadardır





BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

1.3 CAMLAR

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

Genel olarak cam deyince kullanım yerlerine göre aşağıdaki malzemeler akla gelir. **Cam**'lar, kristalin olmayan, amorf yapıdaki katı' seramiklerdir.



Soda glass



Borosilicate glass



Silica glass



Glass-ceramics





Camların genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

Cam akışkan bir malzemedir,
ancak, akış süresi uzun olup
görmeye insan ömrü yetmez

Adi camın ana
maddesi silis
yumurdur. Bu bile
şime (kum-soda
-kireç) katılır

Temperleme yapı
lan cam, kırılma ve
ısıya karşı 4-5 kat
dayanıklı olur

Camlar, katılar kadar belirgin
ergime sıcaklığı olmayan, sıvı
davranış sergileyen katı fazdır

Cam, elmasla, CNC
ile, pürmüz ısıl
kesimle kesilir





1.4 POLİMERLER

Genel olarak polimer deyince kullanım yerlerine göre aşağıdaki malzemeler akla gelir.



PE



PP



PET



polyester



phenolics



Epoxy





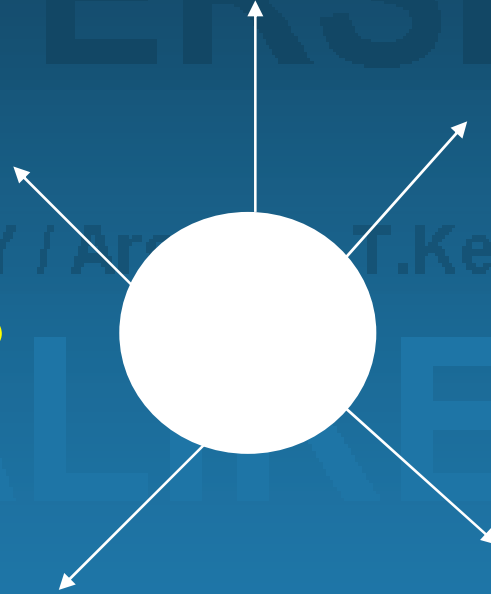
Polimerlerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.



Küçük moleküllü maddeler sıvı ve gaz iken polimerler katıdır

Doğal kauçuk, pamuk, ipek, yün, amyant birer doğal polimerdir. Polietilen, polipropilen, polisterler, poliamidler, sentetik polimer'lerdir.

Küçük moleküllerin kristalleşmesi kolay, polimerlerinki çok zor



Küçük moleküllüler çözücülerde kolay çözünür, polimerler zor çözünür, şişer, hacmi 1000 kat artar

Küçük moleküllerin çözeltileri şeffaf, polimerlerde ise ışık dağılır





BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

1.5 ELASTOMERLER

Genel olarak elastomer deyince kullanım yerlerine göre aşağıdaki malzemeler akla gelir. Elastomer, elastiklik özelliğine sahip bir polimerdir



Isoprene



Neoprene



Butly rubber



Natural rubber



Silicones



E.V.A





camsı bölge sıcaklıklarında ve üzerinde dahi çalışabilen amorf yapıdaki polimerlerdir

Vulkanize kauçunun özellikleri büyük ölçüde çapraz bağlanma şekline ve yoğunluğuna bağlıdır.(S ile)

Kauçuk, çapraz bağlanmamış ama, bağlanabilme özelliğine sahip (vulkanize ile) polimerdir



contalar, yapıştırıcılar, lastikler elastomerlerin kullanım yerleridir

Polimerlerin seyrek ve çapraz bağlanma sıyla oluşan ağ yapılarıdır.E modülü metallere 10^5 daha azdır.





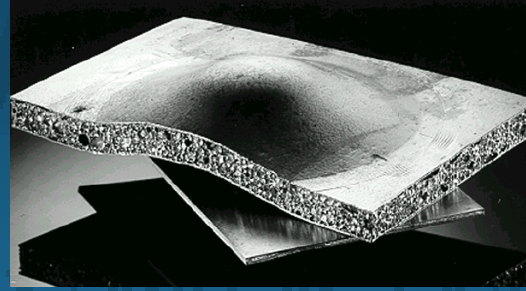
1.6 HİBRİDLER



Genel olarak hibrid malzeme deyince kullanım yerleri ne göre aşağıdaki malzemeler akla gelir



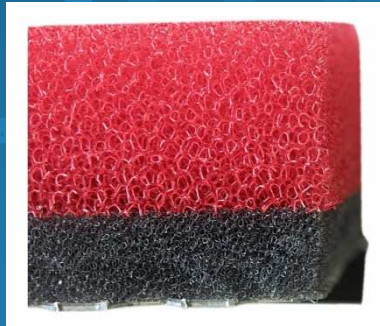
Kompozitler



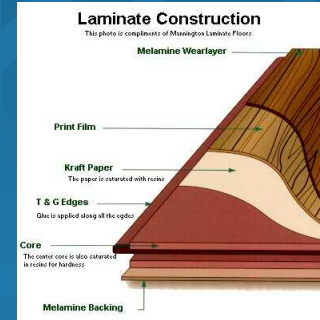
Sandwich yapı



Lattice yapı



köpük



Laminate

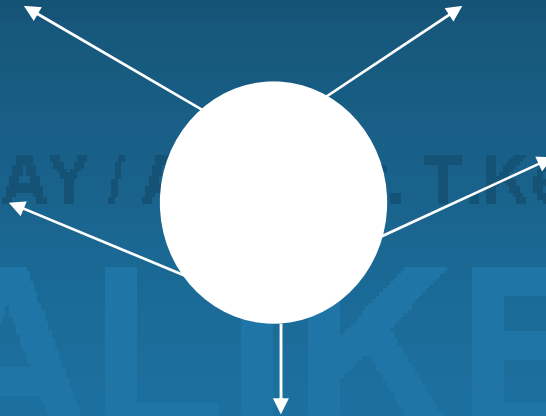




Hibridler pahalıdırlar, şekil verilmeleri zordur, birleştirmeleri zordur.

Ağaç,kemik,deri,yaprak gibi malzemeler tabii “**hibrid**”malzemelerdir.

Yüksek performansları nede niyle önemleri her geçen gün artmaktadır



Polimer matrix ‘e **cam elyaf,karbon elyaf ve kevlar** (aramid) takviyeli malzemelerdir.

Kompozitler, hafif,katı ve güçlü aynı zamanda tok malzemelerdir.Hibrid malzemelerden birisi polimer olduğunda 250°C sıcaklıktan daha yüksekte çalışması zor,ancak oda sıcaklığında süper özellikleri vardır.





2. TÜM MALZEMELERDE GÖRÜLEN ÖZELLİKLER

Doç. Dr. İrfan AY / Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU



BALIKESİR



ÜNİVERSİTESİ



Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T. KEREM DEMİRCİOĞLU



Aşağıdaki tablo'da kullanılan malzemelerin **genel, mekanik, termal, elektrik, optik ve çevresel özellikleri, sembolleri ve birimleri** gösterilmiştir.

Class	Property	Symbol and units
General	Density	ρ (kg/m ³ or Mg/m ³)
	Price	C_m (\$/kg)
Mechanical	Elastic moduli (Young's, shear, bulk)	E, G, K (GPa)
	Yield strength	σ_y (MPa)
	Ultimate strength	σ_u (MPa)
	Compressive strength	σ_c (MPa)
	Failure strength	σ_f (MPa)
	Hardness	H (Vickers)
	Elongation	ϵ (-)
	Fatigue endurance limit	σ_e (MPa)
	Fracture toughness	K_{IC} (MPa.m ^{1/2})
	Toughness	G_{IC} (kJ/m ²)
	Loss coefficient (damping capacity)	η (-)





Thermal	Melting point	T_m	(C or K)
	Glass temperature	T_g	(C or K)
	Maximum service temperature	T_{max}	(C or K)
	Minimum service temperature	T_{max}	(C or K)
	Thermal conductivity	λ	(W/m.K)
	Specific heat	C_p	(J/kg.K)
	Thermal expansion coefficient	α	(K ⁻¹)
	Thermal shock resistance	ΔT_s	(C or K)
Electrical	Electrical resistivity	ρ_e	($\Omega.m$ or $\mu\Omega.cm$)
	Dielectric constant	ϵ_d	(-)
	Breakdown potential	V_b	(10 ⁶ V/m)
	Power factor	P	(-)





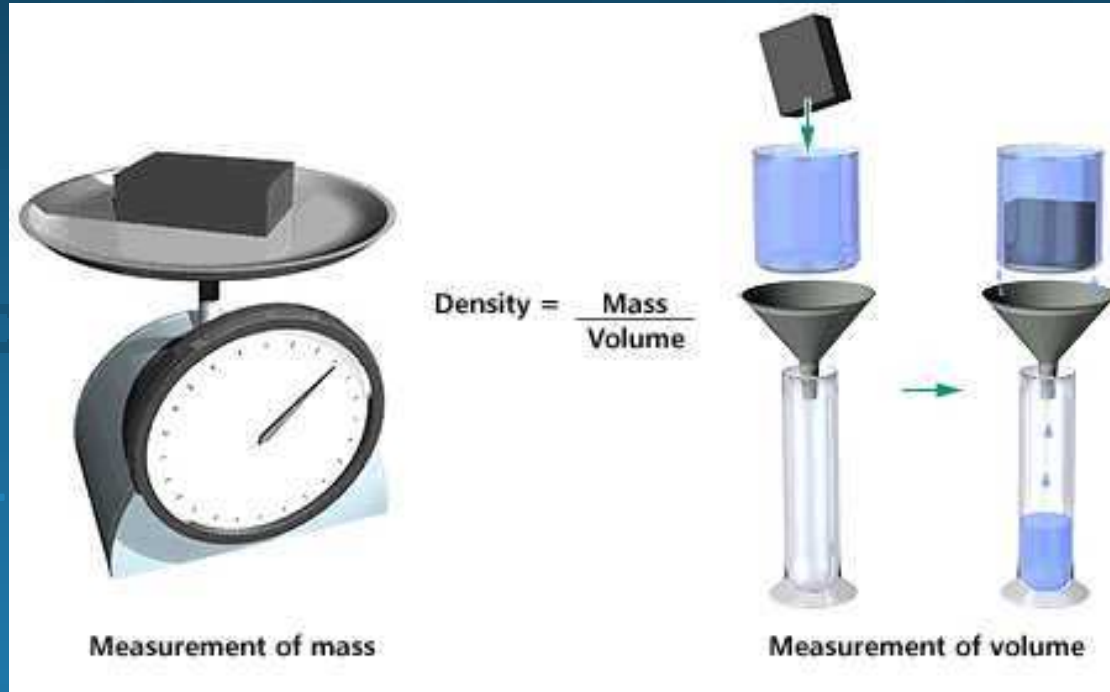
Optical	Optical, transparent, translucent, opaque Refractive index	Yes/No n	(-)
Eco-properties	Energy/kg to extract material	E_f	(MJ/kg)
	CO ₂ /kg to extract material	CO ₂	(kg/kg)
Environmental resistance	Oxidation rates	Very low, low, average,	
	Corrosion rates	high, very high	
	Wear rate constant	K_A	MPa ⁻¹

* Conversion factors to imperial and cgs units appear inside the back and front covers of this book.



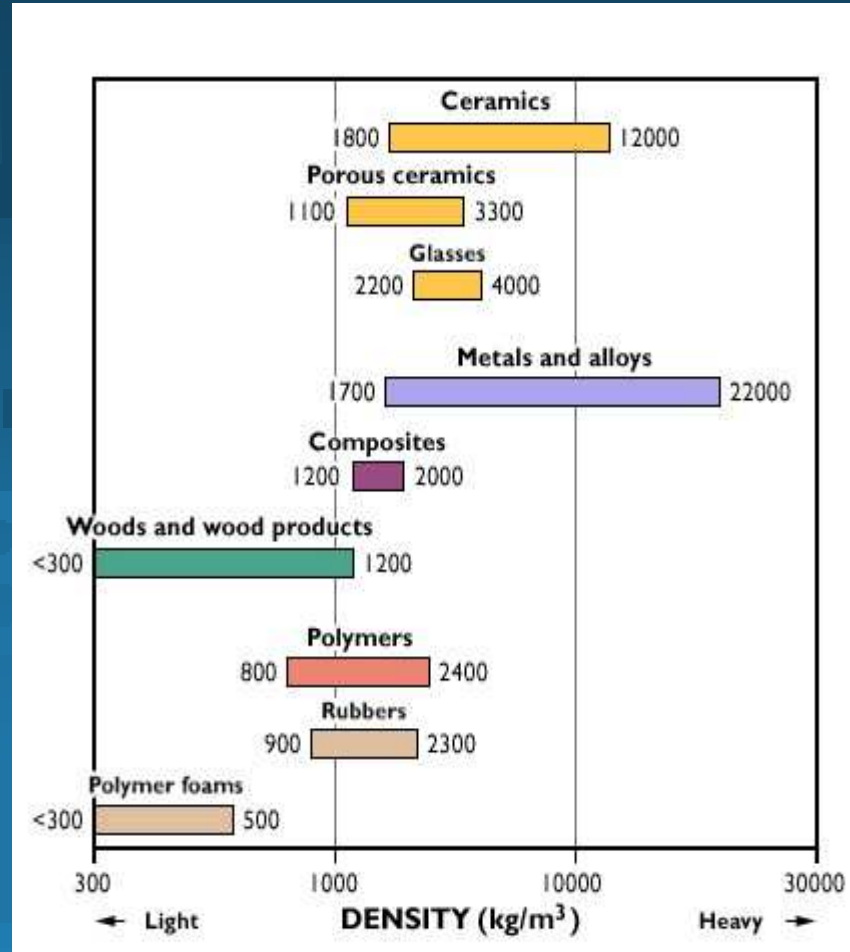


2.1 Tüm malzemeler için yoğunluk ölçümleri



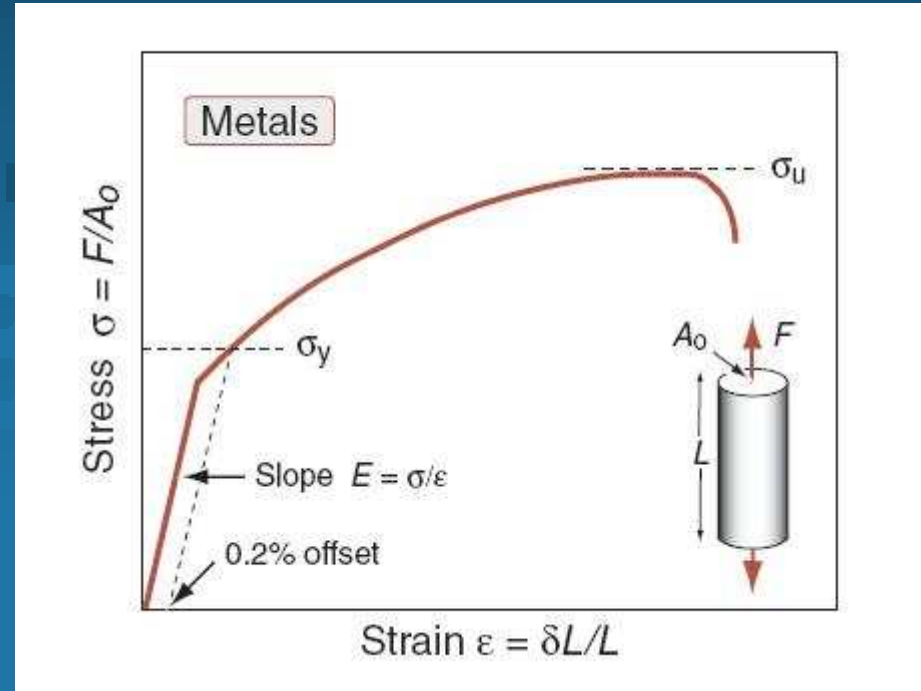


Tüm malzemelerin yoğunluk karşılaştırmaları



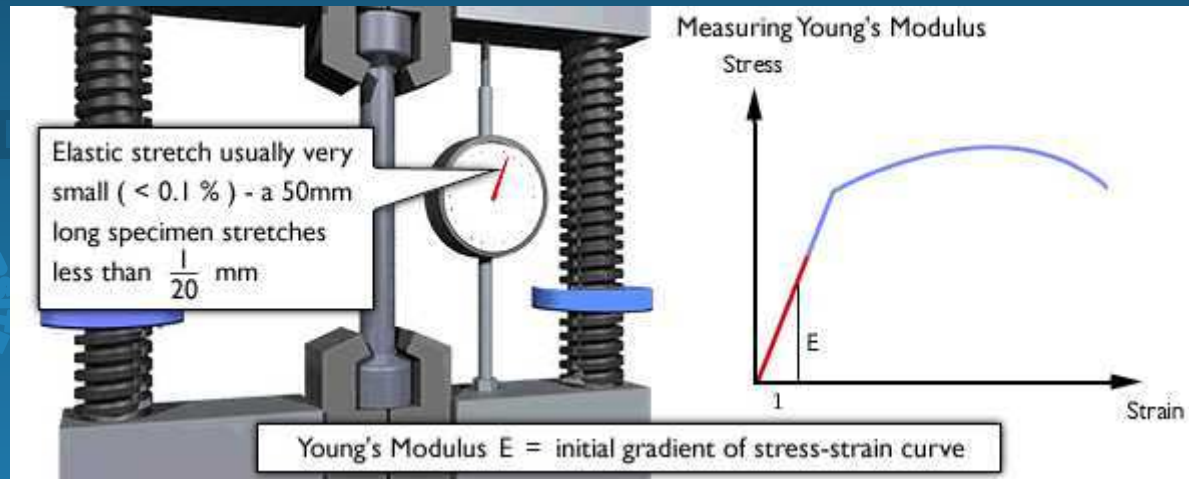
2.2 Metaller için

(Gerilme-uzama) **Stress-Strain** eğrisinde nelerin hesap edileceği aşağıda gösterilmiştir. $E = \text{GPa}$ or GN/m^2 olarak ifade edilir.



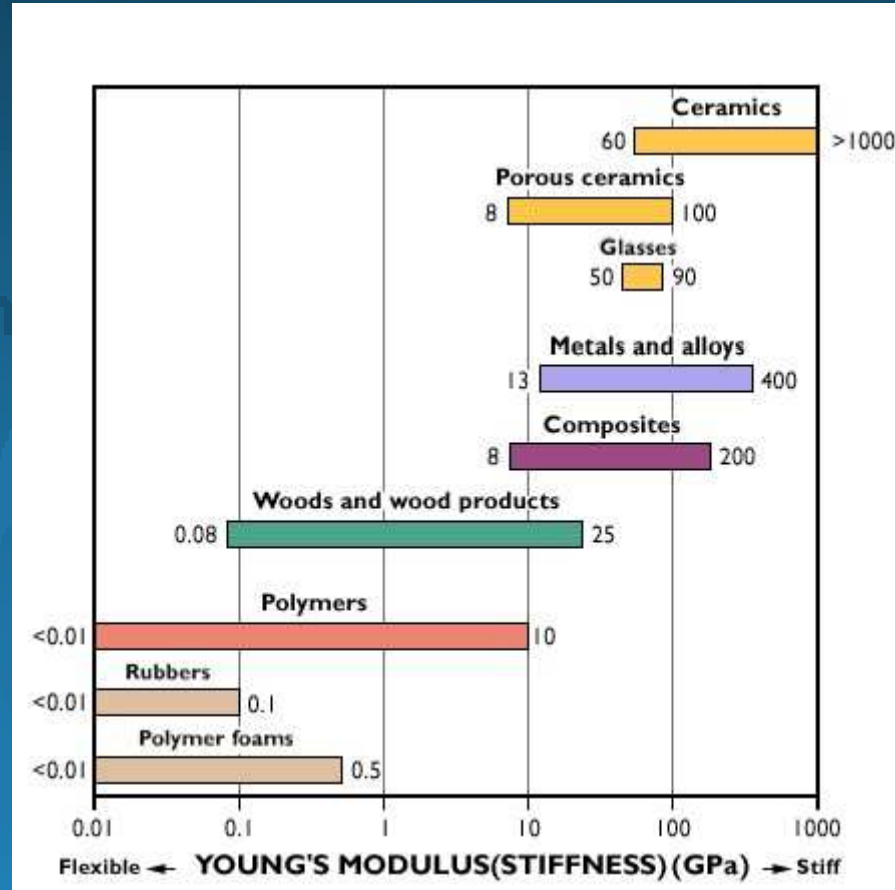


Malzemelerin (**E**) Elastite modülünün ölçümü





2.3 Tüm malzemeler için (E) Elastisite modül değerlerinin kıyaslamalı gösterimi





* Bu diyagramda gerçekte , eğrinin eğiminden ölçülen Elastisite modülü (**E**) hatalıdır.

* Çünkü **anelasticity, sürünme ve diğer faktörlerden** strain'e katkı olduğundan 2 kat veya daha fazla kadar daha düşük değerdedir.

* Doğru (E) Modül, malzemelerin ses dalgalarının ölçülmesiyle veya tel veya kirişlerin tabii titreşimlerinin ölçülmesiyle **dinamik** olarak ölçülmelidir.





* O zaman da **izotropik** bir malzemede modül ifadeleri aşağıdaki gibi olur.

$$E = \frac{3G}{1 + G/3K}; \quad G = \frac{E}{2(1 + \nu)}; \quad K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

Commonly $\nu \approx 1/3$ when

$$G \approx \frac{3}{8}E \text{ and } K \approx E$$

Elastomers are exceptional. For these $\nu \approx 1/2$ when

$$G \approx \frac{1}{3}E \text{ and } K \gg E$$

Burada **ν : poisson oranı**





2.4 Mukavemet terimi , dikkatli tanım yapmayı gerektirir.

METALLER için ;

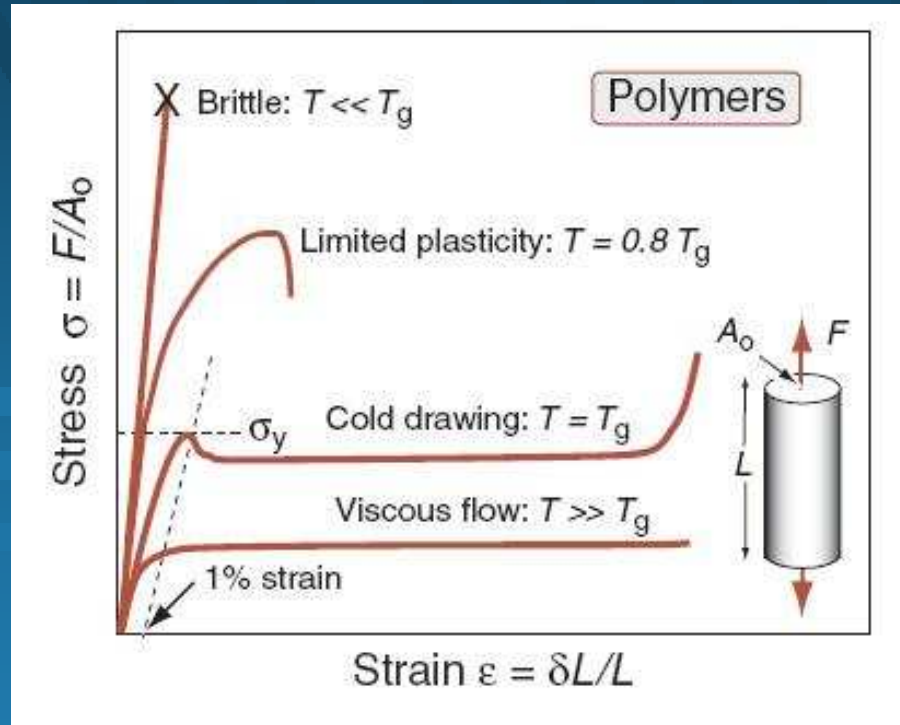
2.4.1 Akma mukavemeti $\sigma_{ak} = F_{ak} / A_0$

Sert metaller için % 0,2 akma değeri esas alınır. Yatay ekseninde strain'in %0,2 = 0,002 mm lik nokta belirlenir. Gerilme-uzama eğrisinin teğetine paralel çizilir.Eğriyi kestiği nokta, % 0,2 akma gerilme değeridir.



2.4.2 Plastikler için

Gerilme-Uzama Eğrisi

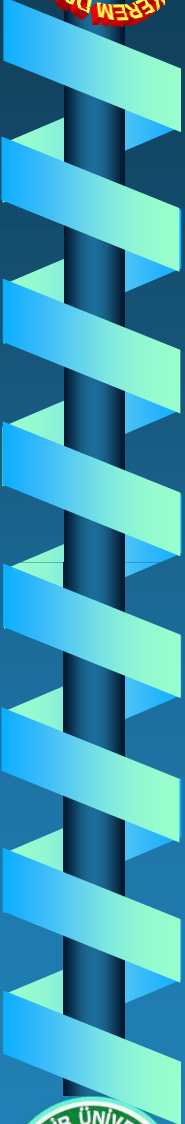




POLMERLER için Mukavemet ;

- * Akma mukavemet değeri gerilme-uzama eğrisinin belirgin şekilde lineerlikten saptığı noktadır.
- * Veya yatay ekseninde strain'in $\% 1 = 0,01$ mm lik nokta belirlenir. Gerilme-uzama eğrisinin teğetine paralel çizilir. Eğriyi kestiği nokta akma mukavemeti olarak belirlenir ki ;





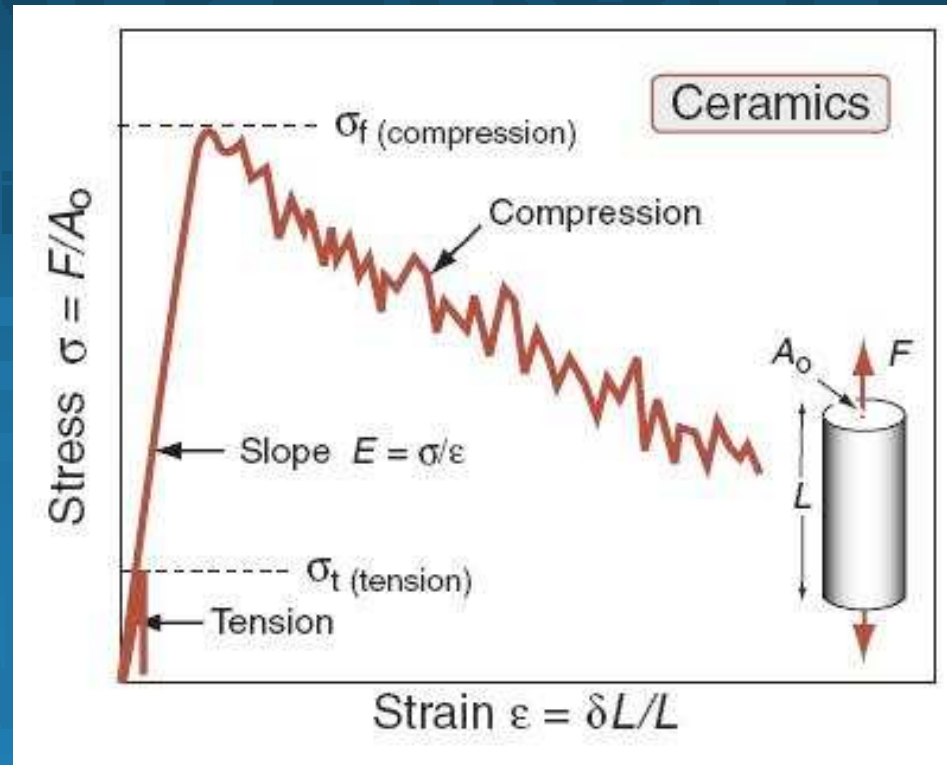
•Plastiklerdeki akma ;

- Bu nokta kayma gerilmesi ile akmanın başladığı nokta,
- Moleküler zincirlerin geri dönülemez şekilde şekil değiştirdikleri nokta,
- Düşük yoğunluğun oluşmaya başladığı nokta,
- Polimer renginin beyazlaşmaya başladığı nokta, çatlak ve benzeri yüzey çatlamlarının oluştuğu nokta'dır.
- Bu noktada, basma halinde elde edilen değer, çekme halinde elde edilen değerden ~ % 20 daha fazladır.
- Plastikler için bu 5 değişik açıdan yorumun hepsi doğrudur.



2.4.3 Seramik ve Cam'larda

Gerilme-Uzama eğrisi





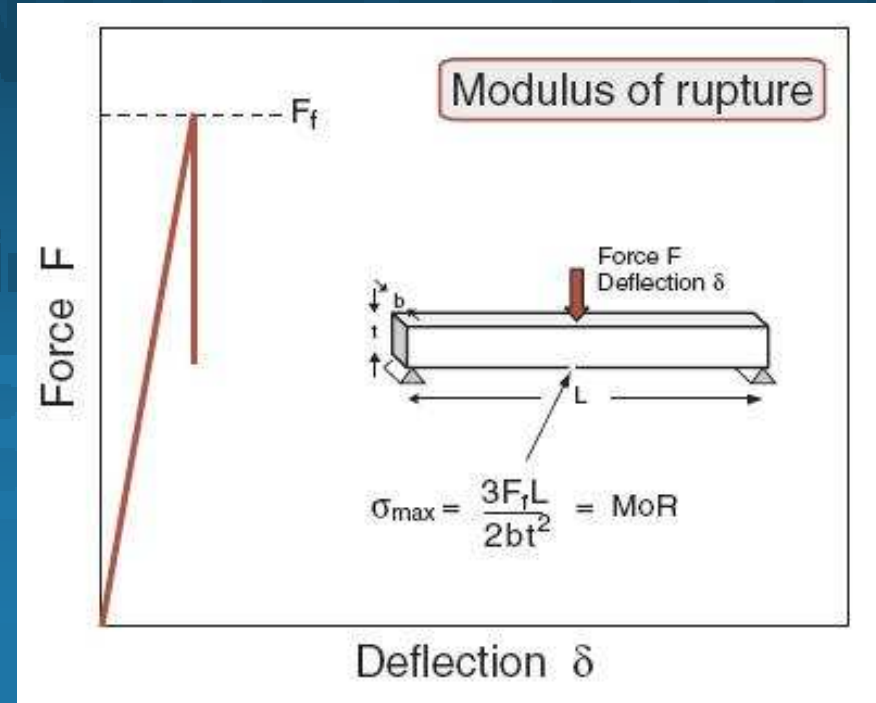
Cam ve Seramiklerde **mukavemet**,
yükleme modu'na bağlıdır.

- **Çekme** de mukavemet , kırılma mukavemetine denk gelir. $\sigma_{\text{çek}} = \sigma_{\text{kır}}$
- **Basmada** ise ezerek- ufalanma mukavemeti olan (σ_c) ye denk gelir.
- İkisi arasındaki ilişki $\sigma_{\text{bas}} = (10 - 15) \cdot \sigma_{\text{çek}}$ kadardır.





Şayet seramik bir malzeme sıkı bir şekilde bir kenarın dan tutulmuş vaziyette ise, o zaman mukavemet ölçü mü için Eğme deki “**maximum yüzey gerilmesi**” ölçümü yapılır.





Bu max.gerilme, kırılmanın çok ani olduğu andaki gerilme değeridir. Değeri diyagramda görülmektedir.

* Bunu çekme işlemindeki ile aynı olduğunu sananlar yanılır. Seramikler için bu değer 1,5 kat daha büyüktür. Çünkü seramiklerde max.gerilmeye maruz kalan hacim daha küçüktür. İçinde büyük çatlak olma ihtimali de küçük tür. Basit bir çekme halinde, tüm çatlaklar, max.gerilme yüklenmiş şekilde görülürler.





2.4.4. Kompozitlerde Mukavemet ;

Lineer-elastik davranıştan bir dizi sapma şeklinde en iyi tanımlanır. Bu sapma bazen % 0,5 alınır.

- Fiber (lif) içeren **kompozitler**, basma durumunda çekme durumunda olduğundan biraz daha zayıftırlar . (~ % 30)
- Çünkü fiberler basma durumunda marullaşır, yani eğrilip bükülürler.
- Kompozitlerde mukavemet olarak çekme durumunda ki mukavemet değeri esas alınır.

Doç. Dr. İrfan AY / Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU





Mukavemet, **Malzeme cinsi** ve **yükleme moduna** bağlıdır.

Şayet çok eksenli yükleme mod'u malzemeye uygulanmış ise ; Metaller için -

AKMA olayı basit çekme halindeki durumla alakalıdır.

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_f^2$$

Burada $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ asal gerilmelerdir ve bu şekilde sıralanmışlardır.





Polimerlerde bu ifade basınç etkisi de konarak biraz daha iyileştirilerek ;

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_f^2 \left(1 + \frac{\beta p}{K}\right)^2$$

Şekline dönüştürülmüştür. Burada **K** polimer'in **hacimsal modülü**"dür. $\beta \sim 2$ nümerik bir katsayıdır ve akma mukavemetine bağlı olarak basıncı ifade eder. Basınç ise aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$p = -\frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$





Seramikler için ;

“**Columb akış kanunu**” kullanılır.

$$\sigma_1 - B \sigma_2 = C$$

Burada **B** ve **C** sabitlerdir.

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU



BALIKESİR

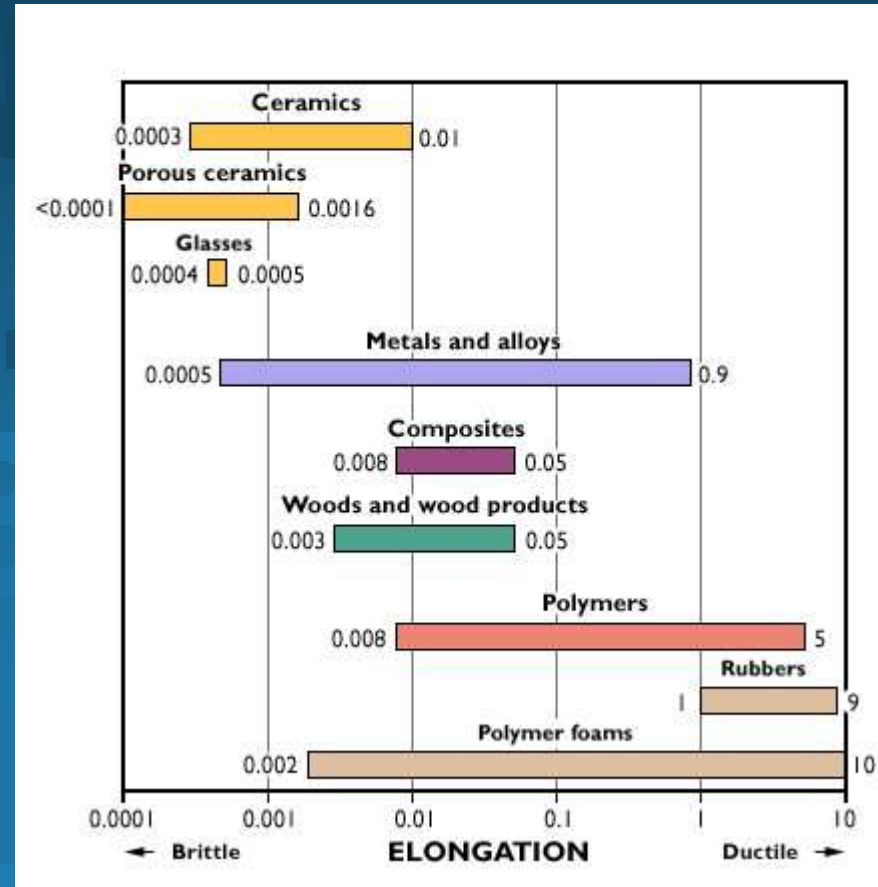


UNIVERSİTESİ





Tüm malzemelerin uzama-süneklik değerleri





2.4.5. ÇEKME MUKAVEMETİ Birimi Mpa 'dır.

Maksimum çekme yükünde parçanın ayrıldığı boğum yaptığı mukavemettir.

Gevrek katılar olarak **cam'lar, seramikler, ve gevrek polimerlerde** çekme yükünde hata verilen noktadaki mukavemettir.

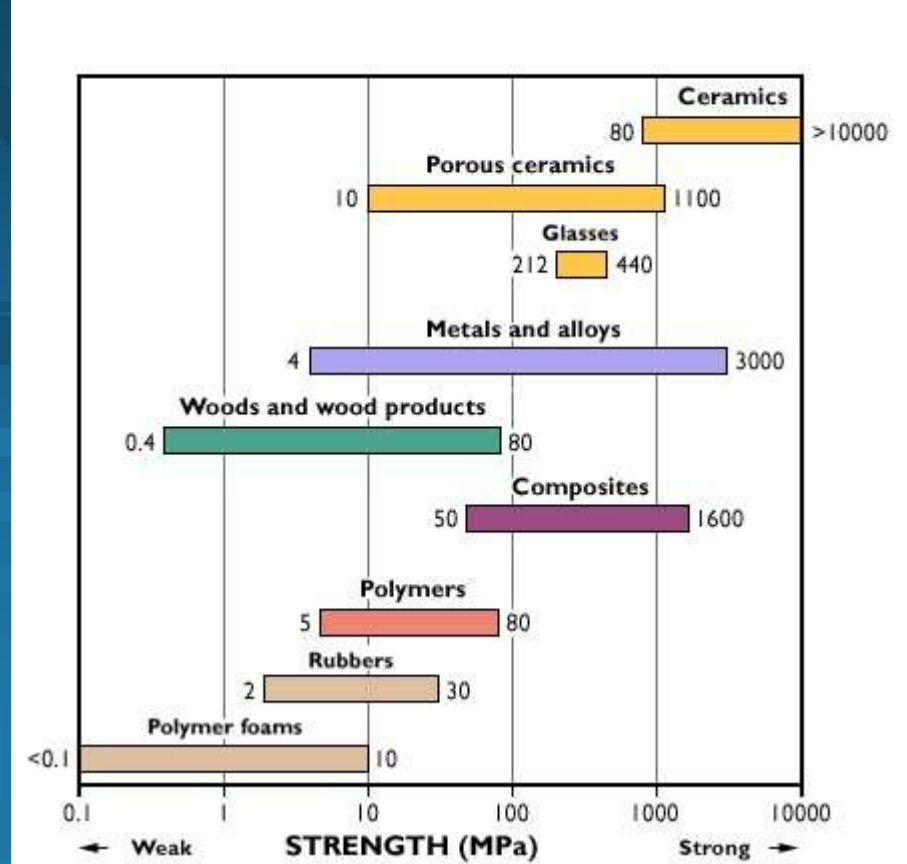
Metaller, sünek polimerler ve pek çok kompozitlerde pekleşme(metallerde) veya takviye(kompozitlerde) sebebiyle çekme mukavemeti, akma mukavemetinden 1,1 ve 3 kat daha büyüktür.

$$\sigma_{\text{çek}} > (1,1 - 3) \sigma_{\text{ak}}$$





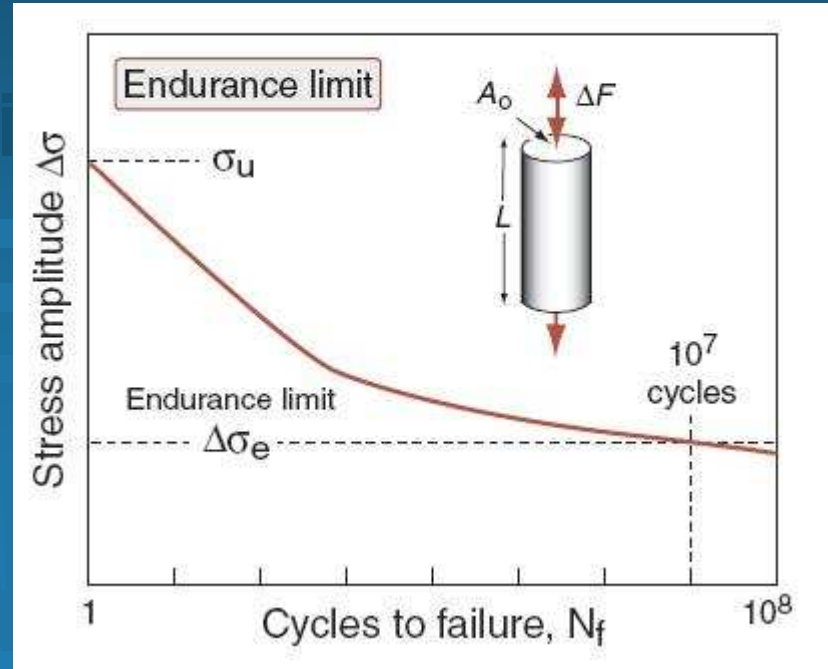
Tüm malzemelerde mukavemet değerlerinin kıyaslamalı gösterimi





2.5 YORULMA ;

Tekrarlı yükleme yalnızca enerji harcamaz, bir çatlak oluşturur, onu büyütür ve en sonunda yorulma hatası ile son buldurur.





Pek çok malzeme için “**yorulma sınırı**” = “**endurance limit**” vardır.

($\Delta\sigma - N_f$) eğrisinde bu durum gösterilmiştir. Birimi MPa ‘ dır. Burada ;

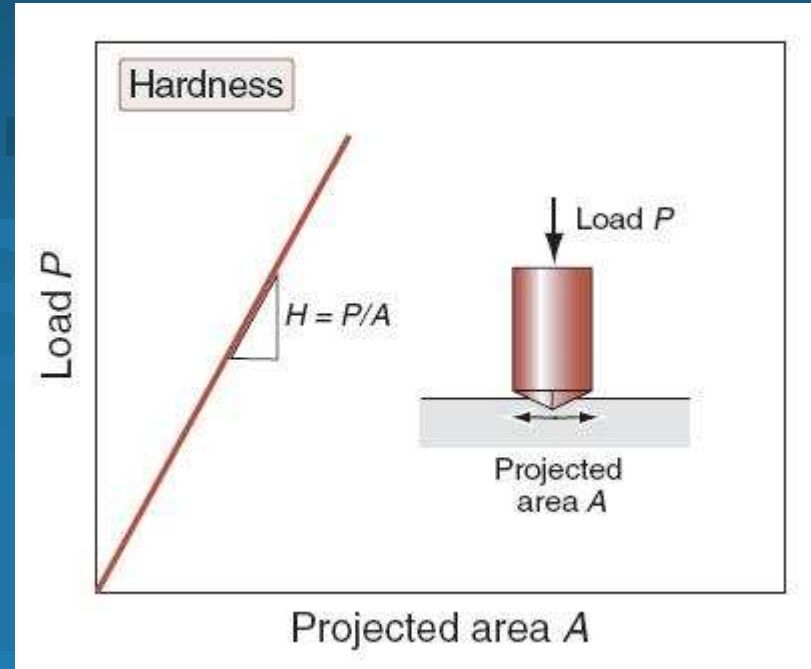
$\Delta\sigma$: Kırılma gerçekleşmeden önceki “**gerilme amplitüdü**” veya

$N_f > 10^7$ kırılmanın gerçekleştiği 10^7 den daha büyük bir tekrar sayısı “**yorulma sınırı**” olarak belirlenir.



2.6 SERTLİK ;

Malzeme mukavemetinin ilkel bir ölçümü dür de diyebiliriz.Malzeme yüzeyine sert bir elmas veya bilya bastırmakla ölçüm yapılır.





Sertlik = Yük / Alan

Sertlik, uygulanan yükün (**P**) temas alanına (**A**) bölümlü bulunur.

SERTLİK (H) ~ 3 . σ_u

SI sisteminde birimi **MPa** dır. Fakat başka birim sisteminde de gösterilir.

Şayet Vicker sertlik skalasında gösterilecek olursa birimi $H_v = \text{kg/mm}^2$ dir.

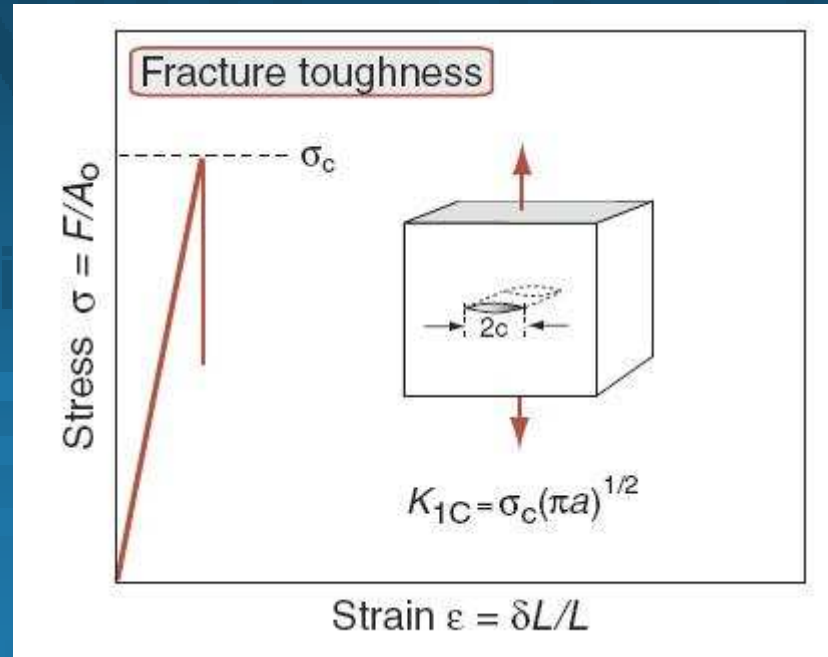
Bu durumda yukarıdaki birimi MPa olan sertlik ile ilişkisi ise ;

$H_v = H / 10$ şeklindedir.

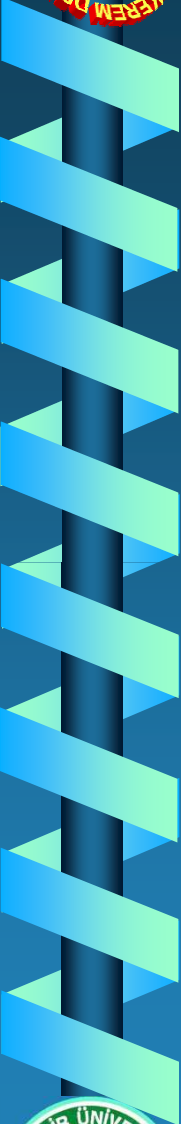


2.7 KIRILMA TOKLUĞU ,

Malzeme içerisinde bir çatlakın yayılmasına karşı malzemenin gösterdiği direncin ölçümüdür.



Kırılma tokluğu G_{IC} (**kJ/m^2**) ile veya K_{IC} (**$\text{MN/m}^{3/2}$**) ile ifade edilir.



Diyagramdan da görüldüğü gibi, içinde $2c$ uzunluğunda çatlak olan bir malzemeye yük uygulandığında, kritik çatlağın yayılmaya başladığı kritik gerilme (σ_c) ye karşılık gelen malzeme dayanımına kırılma tokluğu (K_{IC}) adı verilir. Hesapla bulmak istersek ;

$$K_{IC} = Y \sigma_c (\pi c)^{1/2} \text{ formülünden hesaplarız.}$$

Burada Y numune geometrisine bağlı katsayıdır.

G_{IC} (Çatlak yayılma hız ifadesi) olarak ise ;

$$G_{IC} = [K_{IC}^2] / E (1+\nu)$$

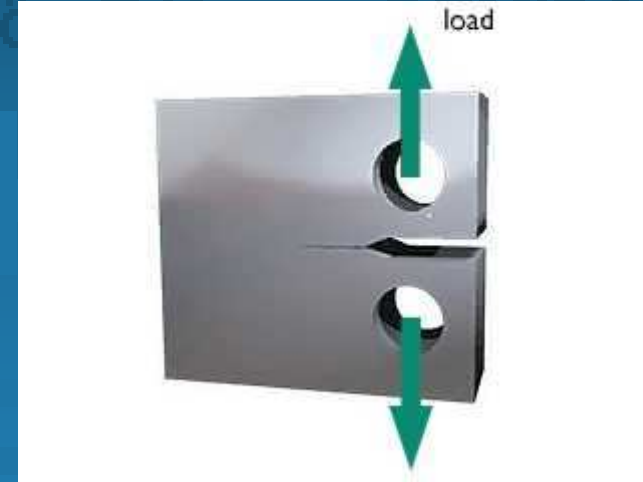
Her iki formül de gevrek malzemeler yani, **seramik, cam** ve **sert polimerler** için geçerlidir.



BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
1992

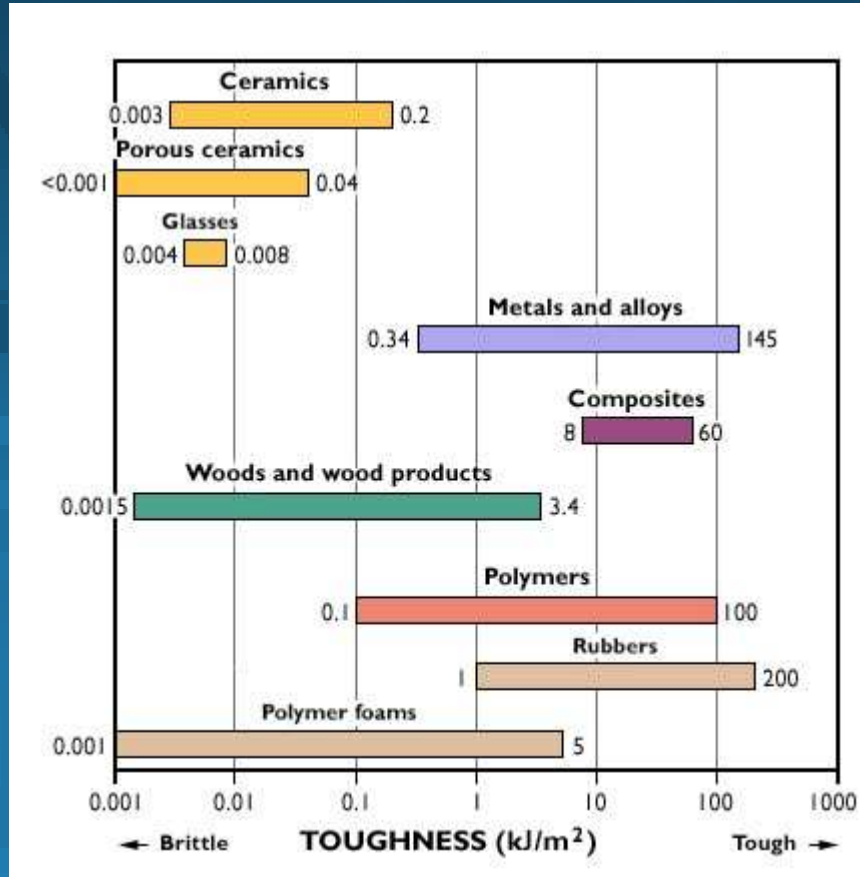
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
1992

Sünek malzemeler için çatlak kararsız yayılması esnasında önünde oluşan plastik bölge nedeniyle çatlağın yayılması daha güç olacak, formüllerde de yeni iyileştirmeler olması gerekecektir.



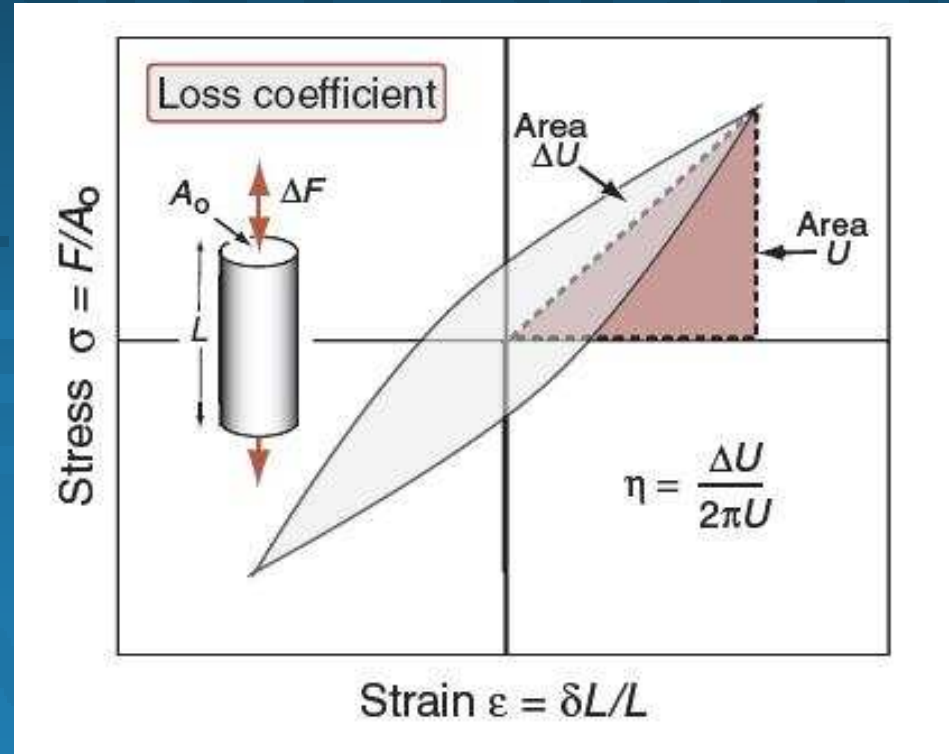


Tüm malzemeler için kırılma tokluğu değerlerinin kıyaslamalı gösterimi



2.8 KAYIP KATSAYISI (η),

Bir malzemedeki boşa giden titreşim enerjisinin derecesini belirten bir ifade' dir.





Eğer bir malzeme elastik olarak bir yükü yüklenirse, bu yük sonunda max.gerilme doğar, **BİRİM HACİM BAŞINA** bu elastik enerji olarak depolanır.

Yani , **REZİLYANS**

$$U = \int_0^{\sigma_{\max}} \sigma \cdot d\varepsilon \sim 1/2 \cdot (\sigma_{\max}^2 / E) \text{ olur.}$$

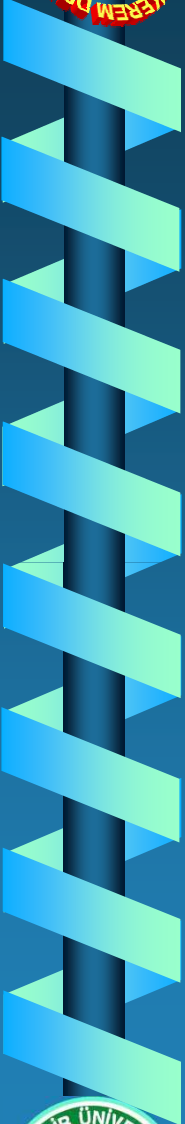
Eğer bir yük yüklenir, sonrada kaldırılırsa, enerji kaybolur.

$$\Delta U = \int \sigma \cdot d\varepsilon \quad \text{Burdan ;}$$

Kayıp katsayısı ise ;

$\eta = [\Delta U / (2\pi U)]$ Bu değer genellikle saykıl frekansı veya zaman-skalasına bağlıdır.





Bazen de sönümleme ölçümleri “**özel sönümleme kapasitesi**” terimini de içermektedir. $D = \Delta U/U$ ve $\log \Delta$ azalması (tabii titreşimlerin ardışık amplitüdlere oranı olarak algılanmalı) , gerilme ve strain arasındaki faz ayağı δ veya rezonans faktörü Q olsun.

Sönümleme faktörü $\eta < 0.01$ olduğu zaman, bu ölçümler şu şekilde gösterilir.

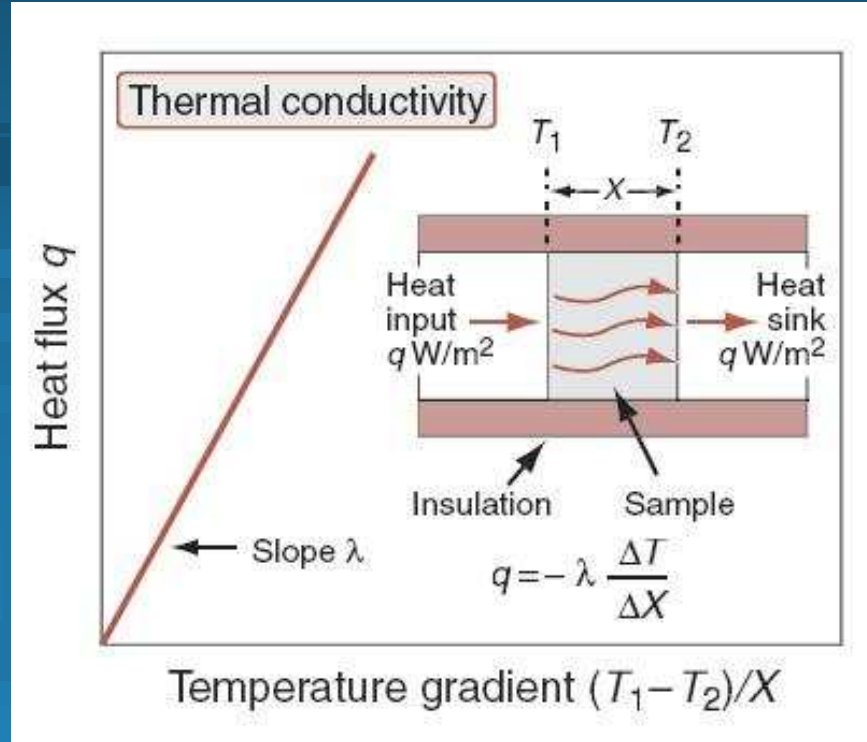
$$\eta = D/2\pi = \Delta/\pi = \tan \delta = 1/Q$$

Sönümleme büyük olduğu zaman, artık eşdeğerdir.



2.9 TERMAL ÖZELLİKLER ;

1. Termal özelliği yakından ilgilendiren 2 özellik vardır. Birisi **Ergime sıcaklığı** (T_m) , diğeri ise **Camsı-geçiş sıcaklığı** (T_g)





Her ikisi de katıların bağ mukavemetiyle direkt ilgilidir.

- Kristalin katı malzemelerde keskin bir ergime noktası (T_m) vardır. Kristalin olmayan malzemelerde keskinlik yoktur.

- Camsı-geçiş sıcaklığı T_g ; gerçek katı halden çok sıvı viskoz hale geçiş olan sıcaklığı ifade eder.

- Bu sıcaklıklar mühendislik tasarımında daha da ileri olan 2 sıcaklık değerini belirlemede faydalı olurlar.

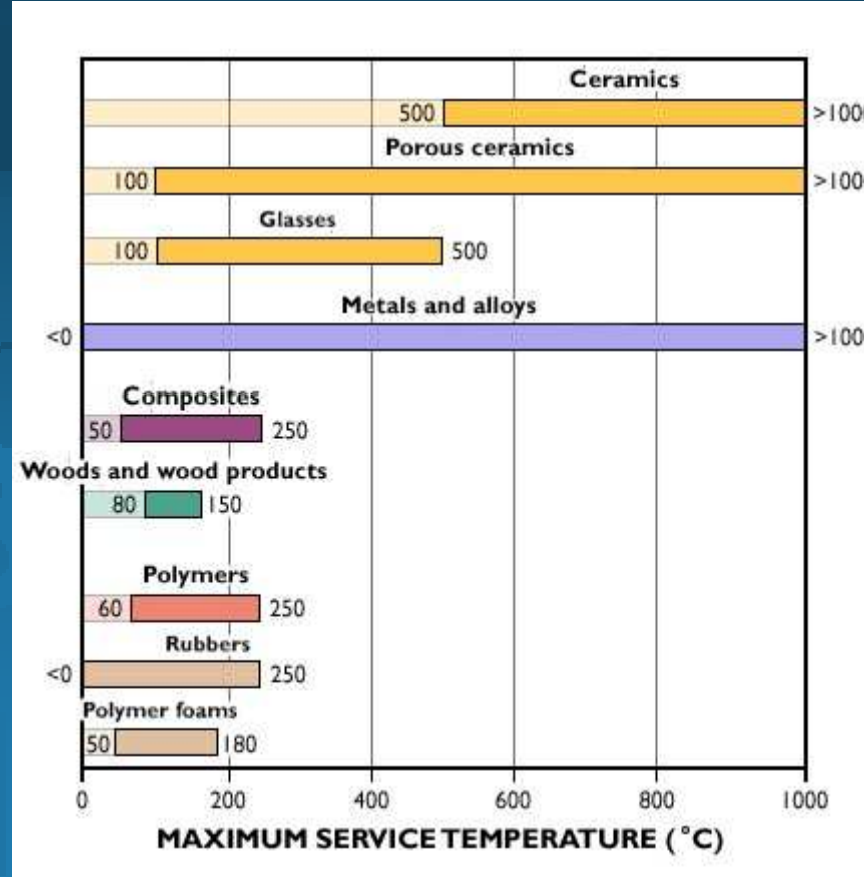
*- Bunlar T_{max} ve T_{min} servis sıcaklıklarıdır.

T_{max} ; oksitlenme olmadan, sürünme olmadan ve kimyasal değişim olmadan malzemenin kullanılabilir en yüksek sıcaklığı ifade eder.





Tüm malzemelerin max. işletme sıcaklıklarının kıyaslamalı gösterimi





T_{min} ; Malzemenin gevrek olmaya ve kullanımının artık emniyetsiz olmaya başladığı sıcaklığı belirtir. Sıcaklıkların birimleri ya **K** veya **C** olarak belirtilir.

2. Isıl iletkenlik (λ);

Isı, bir katının içinden şayet zamanla değişmeyecek şekilde geçiyorsa, λ ile gösterilen **ısı iletkenlik katsayısı** ile ölçülür. Birimi ($\lambda = \text{W/m.K}$)' dir.

Şekilde bu katsayının nasıl ölçüldüğü görülmektedir.

Katı bir malzemenin içinden T_1 yüksek sıcaklık tarafından T_2 düşük sıcaklık tarafına **X** kadar mesafeden ısı geçişi olduğunda $q = (\text{W/m}^2)$, iletkenlik hesabı aşağıdaki gibi yapılır.





$$\text{Isıl iletkenlik } q = - \lambda (dT / dX) = \lambda (T_1 - T_2) / X$$

Bu değer pratikte ölçülmez.(Özellikle iletkenliği düşük malzemeler için) Fakat şimdilerde güvenilir veriler mevcuttur.

Isı akışı daimi olmadığı-geçici olduğu zaman, ısı iletkenlik yerine, ($a = m^2/s$) ısı yayılım ifadesi kullanılır ve şu şekilde hesaplanır.

$$\text{Isıl yayılım } a = \lambda / (\rho \cdot C_p)$$

Burada $\rho =$ Yoğunluk

$C_p =$ Sabit basınçtaki spesifik ısı (J/kg.K)





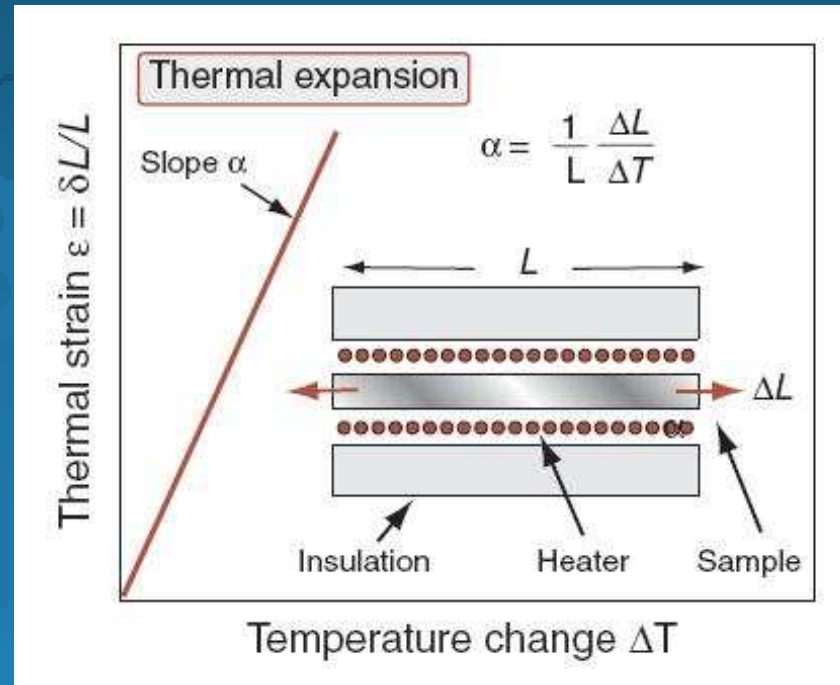
Isıl yayınım (a) ifadesi , direkt ölçülebilir.Bir ısı kaynağı bir malzemeye uygulandığı zaman,kaynak kapatıldığında sıcaklıktaki azalma impuls'unun ölçülmesiyle direkt ölçülür.Veya, λ dan hesaplanabilir.Ama o zaman C_p 'nin bilinmesi gerekir. C_p kalorimetri tekniği ile ölçülür.Bu aynı zamanda T_g camsı geçiş sıcaklığının da standart ölçüm yoludur.





2.10 TERMAL GENLEŞME ;

Pek çok malzeme ısıtılınca genişir. Termal strain / sıcaklık değişimi derecesi, **LİNEER TERMAL GENLEŞME KATSAYISI** (α) ile ölçülür. [microstrain / C⁰]





Eğer malzeme termal olarak izotropik ise, derece başına hacimsel genişleme 3α dır.

Eğer anizotropik ise, 2α veya daha fazla katsayı gerekir, ve hacimsel genişleme, asal termal strain'lerin toplamına eşit olur.

THERMAL ŞOK DİRENCİ (ΔT_s) ; Malzeme aniden soğutulduğunda zarar görmeden erişilen max.sıcaklık farkına denir. Bu **terim** ve **sürünme direnci** terimi yüksek sıcaklık tasarımlarında önemlidir.

Sürünme , şayet malzemeler, ergime sıcaklığının $1/3 T_m$ veya camsı-geçiş sıcaklığının $2/3 T_g$ değerleri üzerindeki bir sıcaklıkta yüklendikleri zaman oluşan yavaş ve zamana bağlı **deformasyona** denir.





Sürünmeye karşı tasarım, özel bir konudur. Burada malzemenin işletme sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklarda bir malzemenin kullanımından sakınma yerine ona güvenme üzerine durulacaktır. (Tmax)

Bu durum plastikler için “**ısı sapma sıcaklığı**” olarak bilinir.

Doç. Dr. İrfan AY / Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU



BALIKESİR



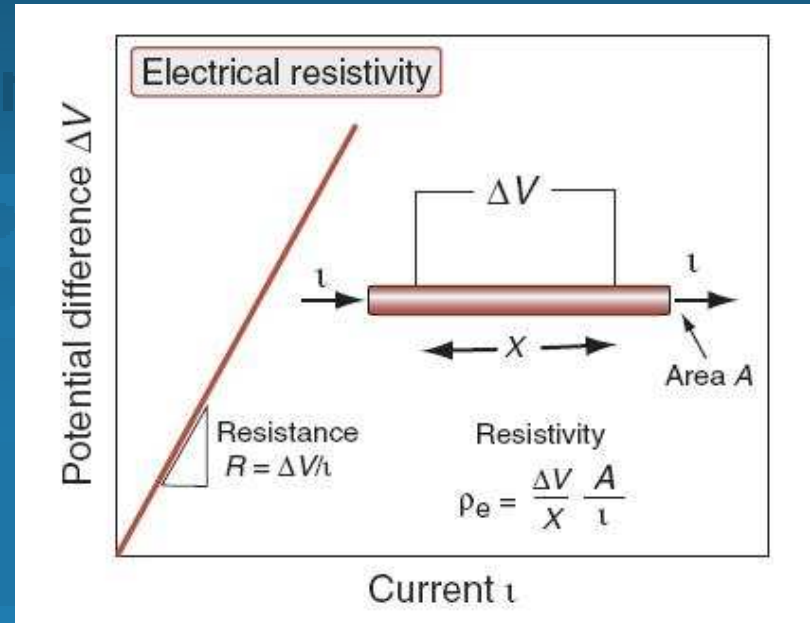
ÜNİVERSİTESİ





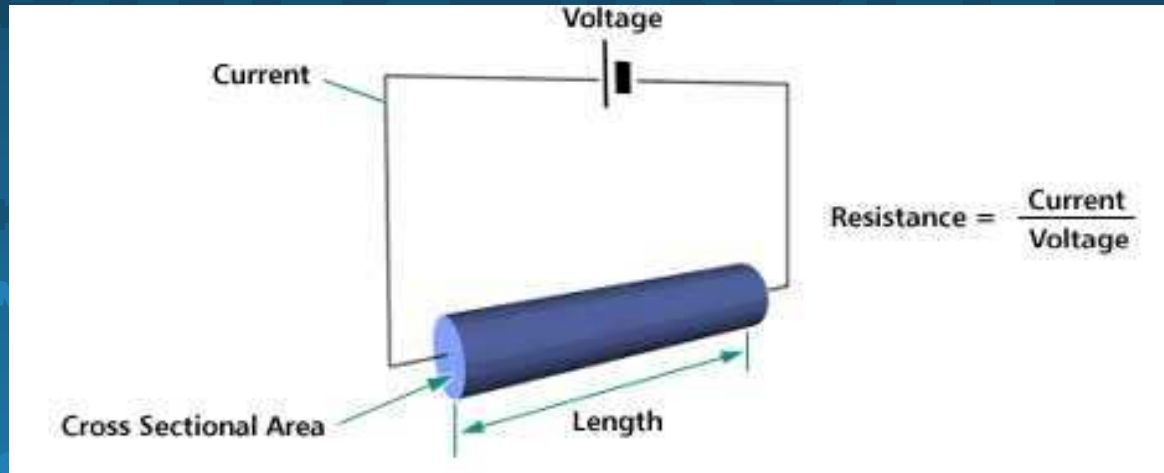
2.11 ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER ;

Öz direnç = elektriksel direnç (ρ_e) ; İki yüzey arasındaki birim potansiyel farkına sahip birim bir küb'ün direnci'dir. Birimi (**$\Omega.m$ veya $\mu\Omega cm$**). Ölçümü şekildeki gibi yapılır.Çok geniş bir aralığı vardır. [10^{-8} ila $10^{+16} \Omega.m$]



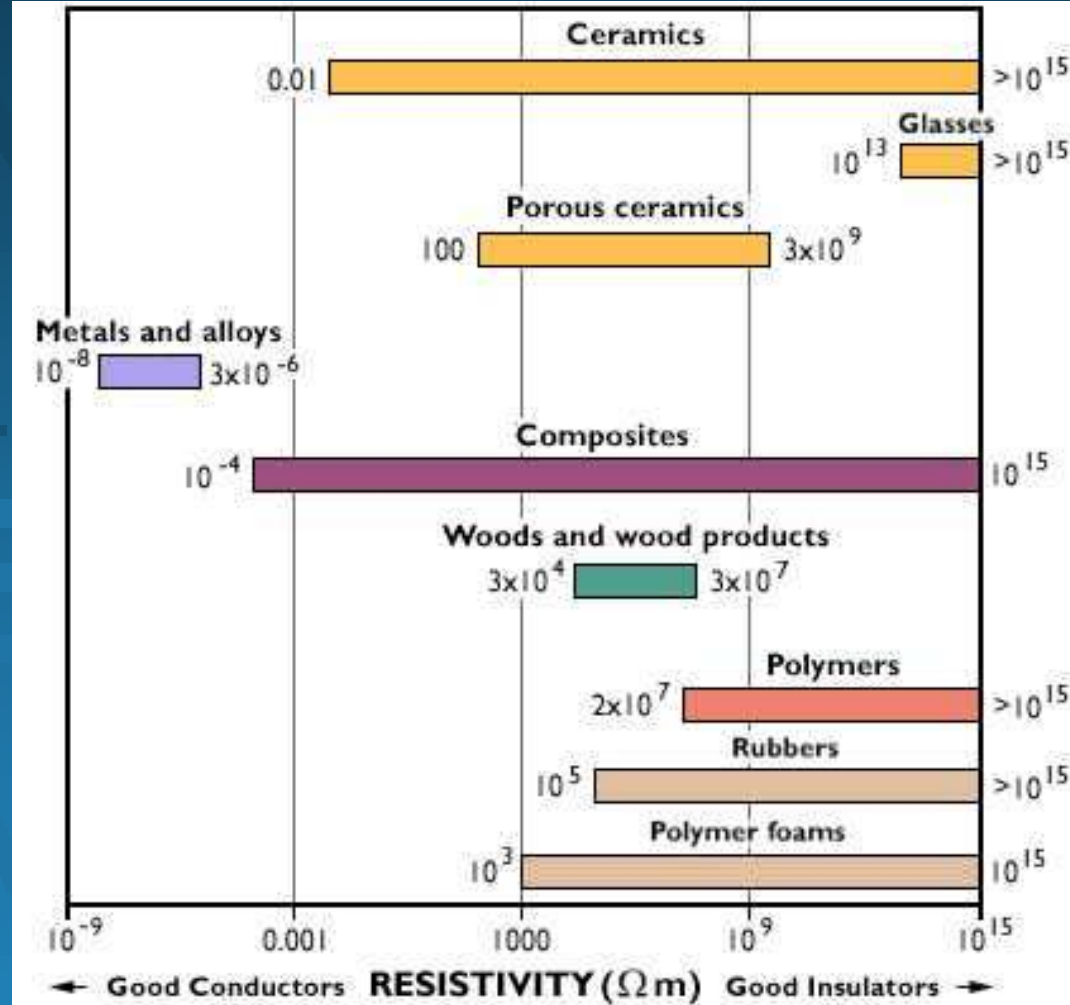


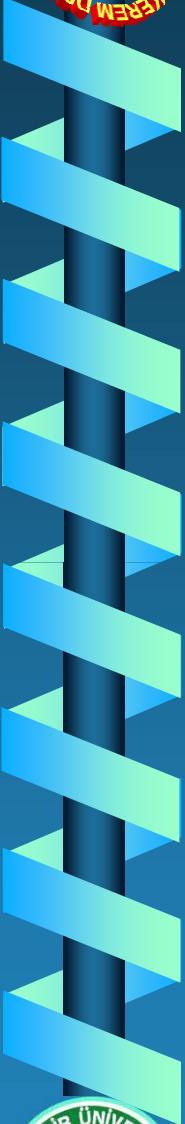
Özdirenç





Tüm malzemelerin direnç değerlerinin kıyaslamalı gösterimi





Elektrik iletkenliği, basit olarak öz direncin yerine kullanılan bir terimdir. Elektrik olan bir yere **yalıtıcı** yerleştirilirse, onun yüzeylerinde polarize ve şarj olduğu görünür.

Polarize olmaya meyil, **Dielektrik sabiti** (ϵ_d) ile ölçülür. Birimsiz bir değerdir. Boş alan, pek çok amaçlarda ve gaz'lar için bu değer **1** alınır. Pek çok yalıtkan için bu değer **2-30** arasındadır.

Düşük yoğunluklu köpükler için bu değer fazla hava olduğu için yaklaşık **1** alınır



Bozulma potansiyeli (MV/m), elektrik teli içinden geçen sürekli akımın zarar verecek şekilde dalgalandığı andaki veya yalıtıcının bozulduğu andaki elektrik potansiyel değişimidir.

Bozulma oluncaya kadar malzemenin plaka yüzeylerine karşı düzgün hızda **60 Hz** lik değişken potansiyelin uygulanıp artmasıyla ölçülür.

Elektrik alanındaki polarizasyon, şarj partiküllerinin hareketini kapsar.(Elektronlar,moleküller ve iyonlar dipol moment taşırlar)

Dalgalı alanda şarj olmuş partiküller,iki alternatif plaka arasına sürülürler.





Bu şarj hareketi , elektrik akımına karşılık gelir.Eğer kayıp yoksa,voltaj fazı dışında 90^0 derece olacaktır.Gerçek dielektriklerde,şarj olmuş parçaların hareketi, enerjiyi yokeder.Ve akım 90^0 den biraz daha az bir açıda voltaja öncülük eder.Kayıp açısı θ sapma değeridir.

Kayıp tangantı bu açının tangantıdır.

Güç faktörü (boyutsuz), **kayıp açısının** sin.dür.Ve

Bir saykıl da dağıtılmış çarçuredilmiş,zayıf bir voltajdaki dielektrikte depolanan enerjinin bir bölümünü ölçer.Küçük olduğu zaman,kayıp tangantına eşittir.

Kayıp faktörü, dielektrik sabiti defa kayıp tangantıdır.





2.12 Optik özellikler :

Bütün metaller, ışığın geçmesine müsaade ederler. Metallerde bile aşırı derece küçük miktarlarda ışık geçişi vardır.

Malzeme içinde ışığın hızı (v) , vakumlu ortamdaki ışığın hızı (c)ndan daima azdır.

Bir metal yüzeyine, bir ışın demeti (α) açısıyla çarpma sonucunda malzeme içersine girer. (β) açısıyla yansiyarak çıkar.

Yansıma index'i (n)[boyutsuz] = $c / v = \text{Sin}\alpha / \text{Sin}\beta$





Bu (**n**) dielektrik sabiti (ϵ_d) ile alakalıdır.

$$n \cong \sqrt{\epsilon_d}$$

Bu **n** dalga boyuna bağlıdır. Daha yoğun bir metal, daha yüksek bir dielektrik sabiti, daha büyük bir **yansıtıcı index**'ine sahiptir. $n = 1$ olduğu zaman, ışın malzemeye girer, ama $n > 1$ olduğu zaman, biraz yansıma olur. Eğer yüzey düz ve polisajlı ise, bir ışın olarak yansır. Yüzey pürüzlü ise, dağılır. Yansıma Oranı (**R**) Yansıma index'i (**n**) ile alakalıdır.

$$R = [(n-1)/(n+1)]^2 \cdot 100$$

Yani **n** artarken, **R** de % 100 e doğru meyleder.





2.13 Çevre özelliği ;

Üretim enerjisi : Geri dönüşümü (**RECYCLİNG**) yapılan malzemenin 1 kg'nı elde etmek için harcanan enerjiye üretim enerjisi diyoruz. Birimi (MJ/Kg).

Çevre için 1Kg malzeme üretmek için atmosfere bırakılan **CO₂ miktarı-kütlesi** önemli bir ölçüdür.





Çevre direnci ;

Bazı malzeme özelliklerini sayıya dökmek zordur. Çünkü çevrede çalışırken iç etkileşim içinde olurlar.

Doç. Dr. İrfan Ay / Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU



BALIKESİR



ÜNİVERSİTESİ





Çevre direnci 5 farklı şekilde incelenir.

- * Çok iyi – Çevreye karşı direnci fazla
- * İyi
- * Orta
- * Zayıf
- * Çok zayıf – Çevreye karşı direnci tamamen kararsız.

Doç. Dr. İrfan AY / Arş. Gör. T. Kerem DEMİRCİOĞLU





2.14. AŞINMA

Başka bir çevre etkileşim parametresi **AŞINMA**'dır.

Aşınma çok yönlü bir problemdir. Aşınma az ise yok farzedilebilir.

Katı cisimler bir yüzeyden kaydıkları zaman, birim kayma mesafesi başına bir yüzeyden kaybolan malzeme hacmi'ne **AŞINMA HIZI** (W) adı verilir.

Yüzeyin aşınma direnci, ARCHARD aşınma katsayısı (K_A) ile (birimi MPa^{-1}) tanımlanır.

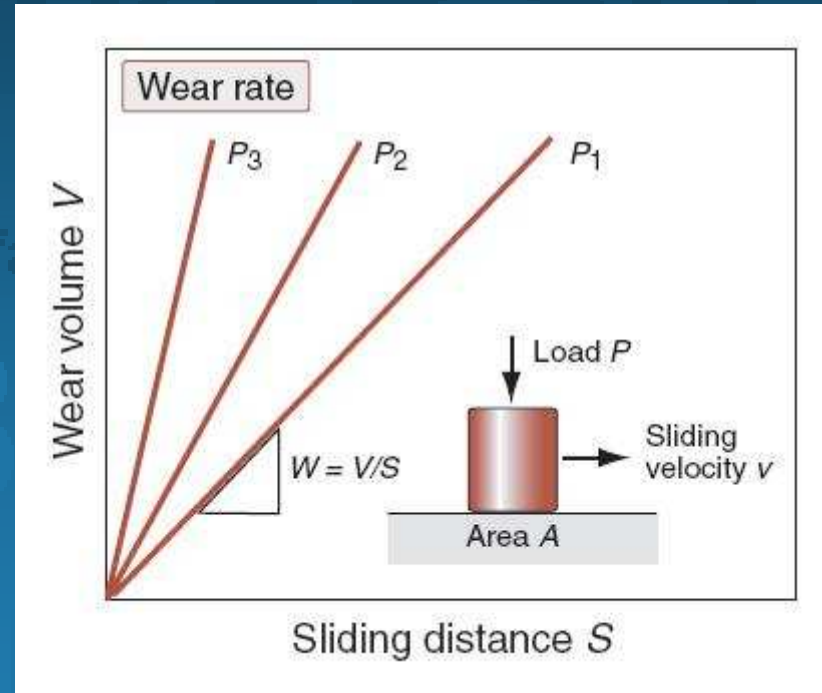
$$(W/A) = K_A \cdot P$$

Burada A ; yüzey alanı P ise ; Onları basan kuvvet





*Aşınma





Malzemelerin birim hacim başına fiyat değerlerinin kıyaslanması

