



ENDÜSTRİDE MALZEME

SEÇİMİ

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

Prof. Dr. İrfan AY



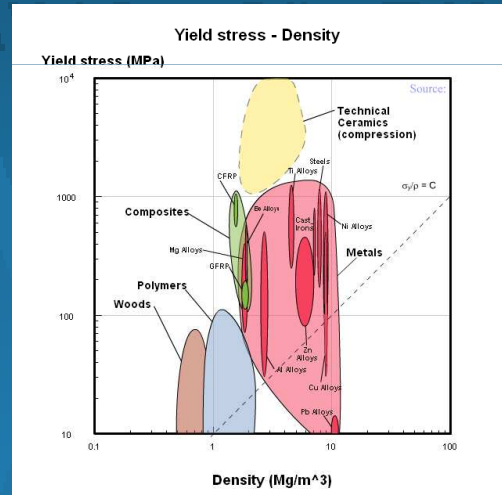
Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T.KEREM DEMİRCİOĞLU



MALZEME ÖZELLİK KARTLARI

Doç.Dr. İrfan Ay

Arş. Gör. T.KEREM DEMİRCİOĞLU



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

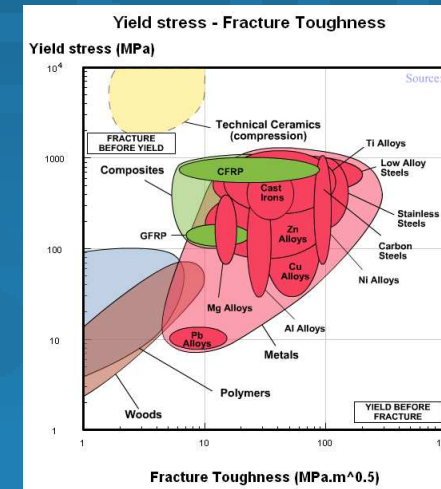
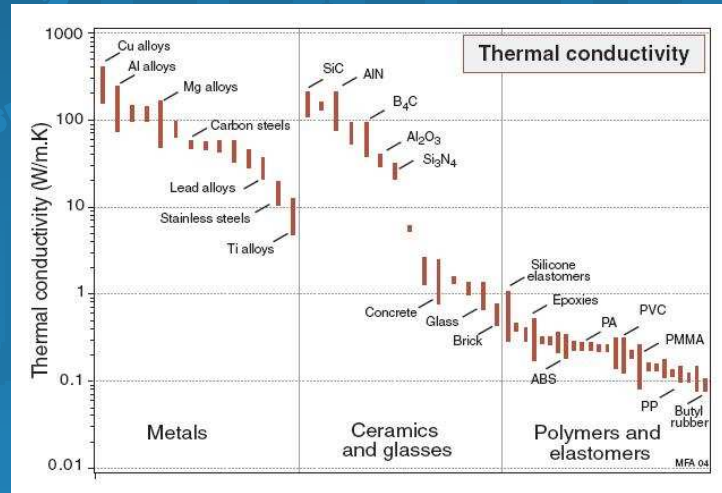


MALZEME ÖZELLİK KARTI NEDİR?

Malzeme seçimine katkıda bulunmak için hazırlanmış kıyaslamalı malzeme özelliklerinin karşılaştırılmaları na yarayan karttır.

İki tip kart kullanılır.

1. Çubuk malzeme özellik kartı
2. İki malzeme özelliğinin karşılaştırıldığı kartlar





* İki eksene malzeme özellikleri yerleştirilerek eğrilerinin çizilmesi ile tasarımdaki değerlendirmeler yapılabilir ve açıkça tanımlanmış malzemeler arasındaki kıyaslama yapılabilir. Kartlar, temel fiziksel özellikleri ile ilgili malzeme özelliklerini vurgulamak için yapılırlar. (Kompozisyon ve gördüğü imalat prosesinin geçmişi gibi).

* **Kartların grafik şekli**, sayesinde malzeme özellikleri çok daha kolay açıklanır. Kartlar **log.** olarak çizildiklerinden bu konuda bilgilenmek faydalı olacaktır.





LOGORİTMİK GRAFİKLER HAKKINDA BİLGİ

Log .grafiklerin , deprem olaylarında , ses frekansı olaylarında ve burada olduğu gibi malzeme özellik kartlarında değerlerin **log skalası** olarak kullanım alanları vardır.

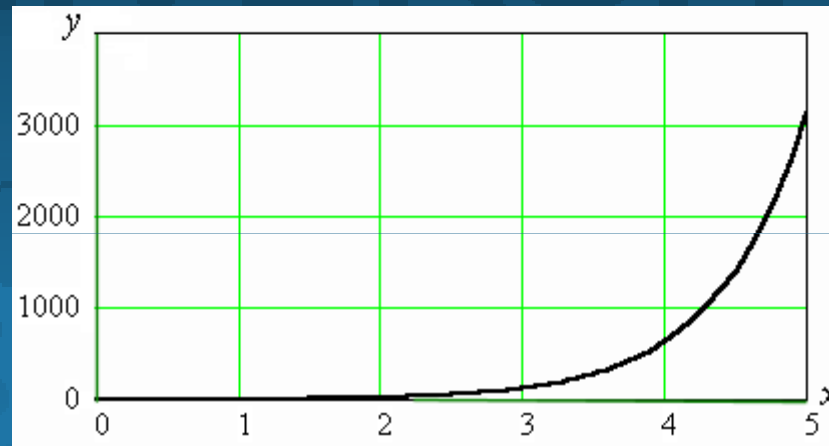
Log terimi , kat fazla, defa fazla veya az skala ifade lerini kullanırken matematik biliminde bunun nasıl gösterileceğini açıklar.





Log ifadesini iyi anlamak için şu üç örneğe bakalım.

ÖRNEK 1)- $y = 5^x$ ifadesinin **normal grafik** eğrisini çizdirelim.



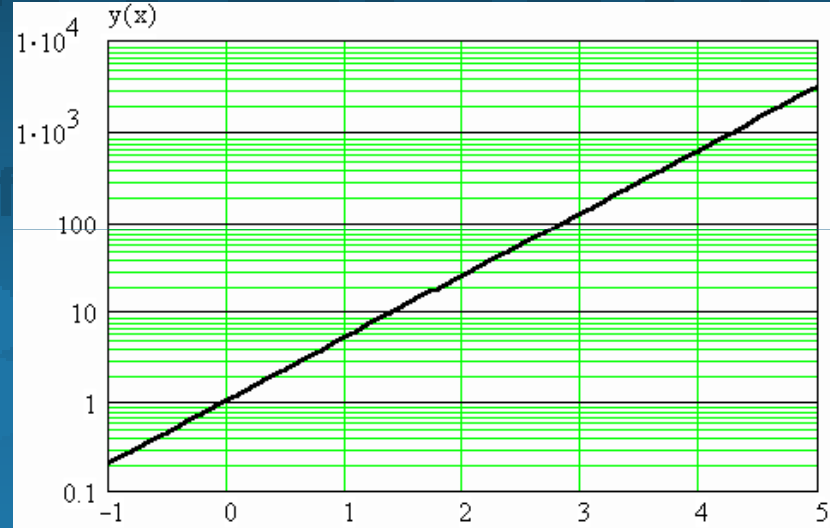
$$\begin{array}{cccccc} y = 5^0 & y = 1 & y = 5^2 & y = 25 & y = 5^4 & y = 625 \\ y = 5^1 & y = 5 & y = 5^3 & y = 125 & y = 5^5 & y = 3125 \end{array}$$





Dikkat edilirse x ekseninde 2'nin altındaki değerler bu çizimde kayıp, görünmüyor.

ÖRNEK 2)- y eksenini **yarı-log skala** yaparak aynı denklemin eğrisini çizdirelim.



$$y = 5^0$$

$$y = 1$$

$$y = 5^2$$

$$y = 25$$

$$y = 5^4$$

$$y = 625$$

$$y = 5^1$$

$$y = 5$$

$$y = 5^3$$

$$y = 125$$

$$y = 5^5$$

$$y = 3125$$



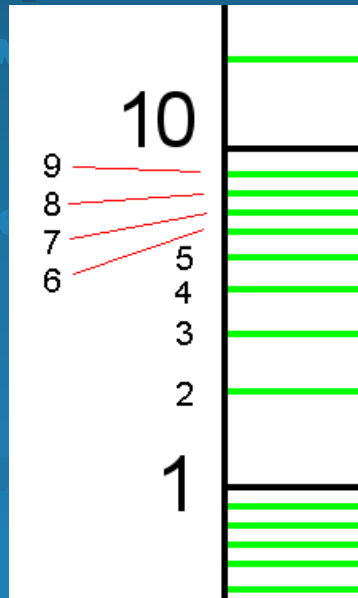


Örnek 2 yi dikkatle incelerseniz, **x eksenini** boyunca aralıkların eşit olduğunu görürsünüz. Çünkü bu eksen **log**. değil.

Y ekseninde ise 10'nun katları olacak şekilde **eşit aralık** fakat bir onluk aralık içerisinde farklı mesafeler olduğu görülüyor.

Peki y eksenindeki bu skalanın anlamı nedir ?

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



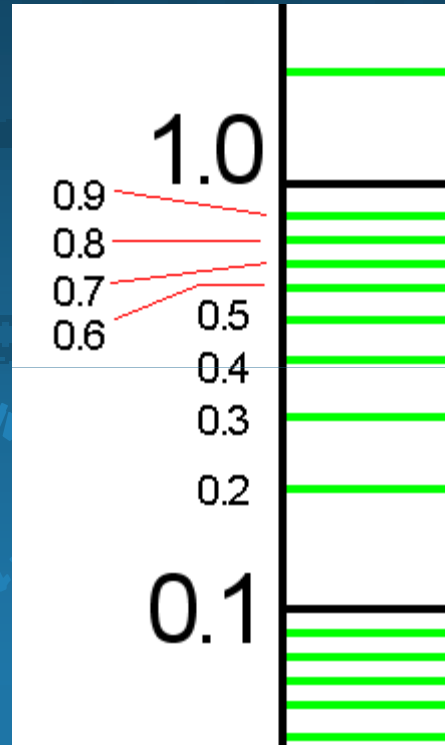
1 ile 10 arasına baktığımızda çok ayrıntılı değerlerin olduğunu görüyoruz.

$$\begin{aligned} \log 1 &= 0 & \log 2 &= 0,30 & \log 3 &= 0,47 \\ \log 4 &= 0,60 & \log 5 &= 0,69 & \log 6 &= 0,77 \\ \log 7 &= 0,84 & \log 8 &= 0,90 & \log 9 &= 0,95 \\ \log 10 &= 1 \end{aligned}$$





Aynı şey 0,1 ile 1.0 arasında da mevcuttur.

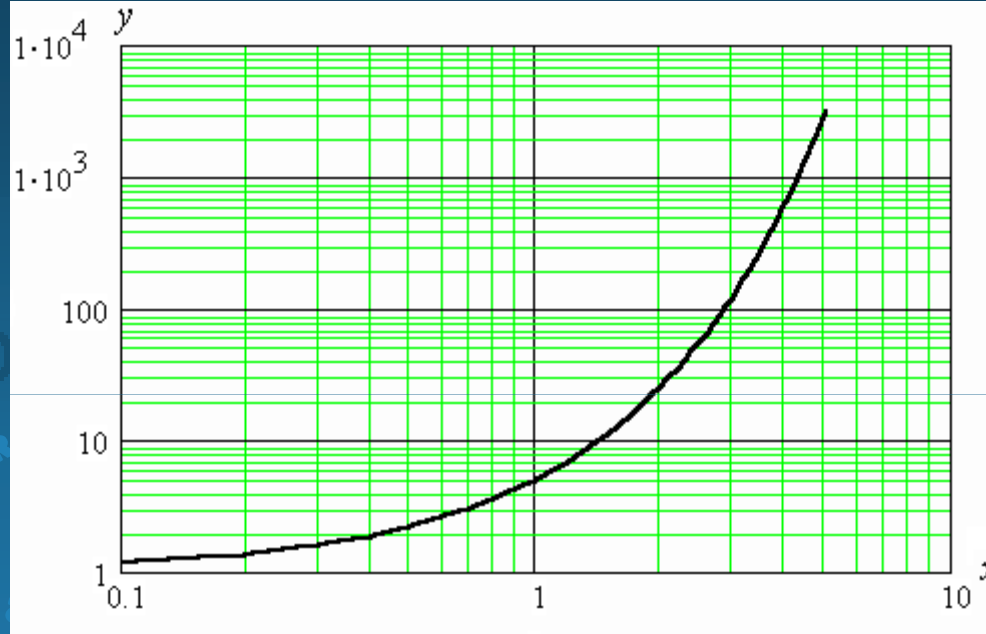


$\log 0,1 = -1$	$\log 0,2 = -0,69$
$\log 0,3 = -0,52$	$\log 0,4 = -0,39$
$\log 0,5 = -0,30$	$\log 0,6 = -0,22$
$\log 0,7 = -0,15$	$\log 0,8 = -0,09$
$\log 0,9 = -0,04$	$\log 1,0 = 0$





ÖRNEK 3)- $y = 5^x$ ifadesinin hem y eksenini hem de x eksenini log alınırsa yani, **Log –Log grafini** çizdirelim.



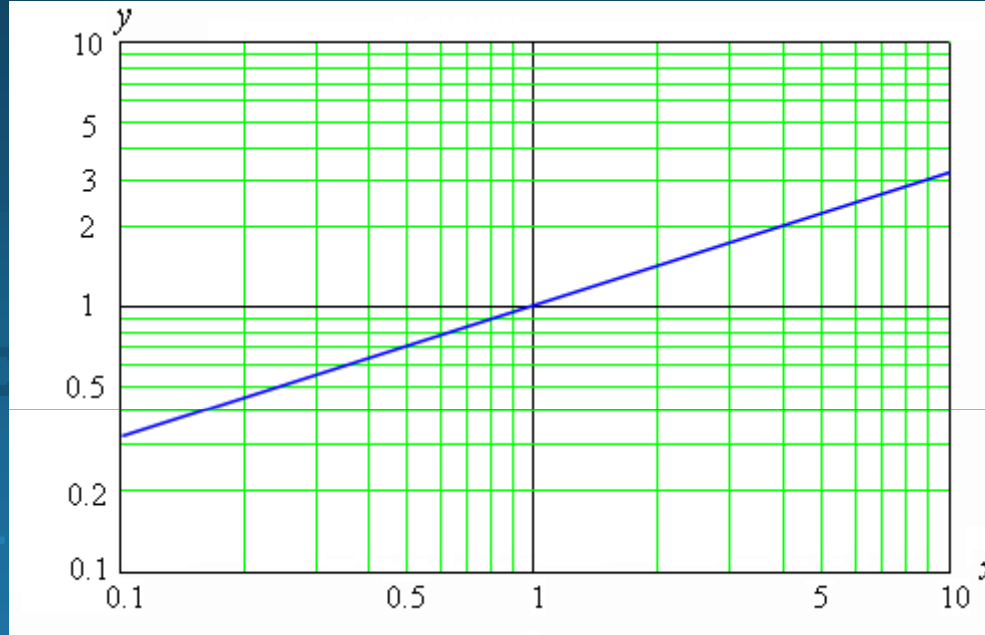
Aynı x ve y değerleri bu eksenlere taşındığında ilişikteki diyagram ortaya çıkar.

Bu grafiği dikkatle incelerseniz, hem x eksenindeki değerler hem de y eksenindeki değerler **çok ayrıntılı** şekilde görülmektedir. **Unutmayın!** negatif sayının log. olmaz. Bu yüzden hem y hem x değerleri pozitiftir.





Başka bir $y = x^{1/2}$ ifadesinin **Log-Log grafiği**



Bu grafikteki (x,y) olarak **(1,1)** **(4,2)** **(9,3)** karşılıklarına dikkat ediniz.





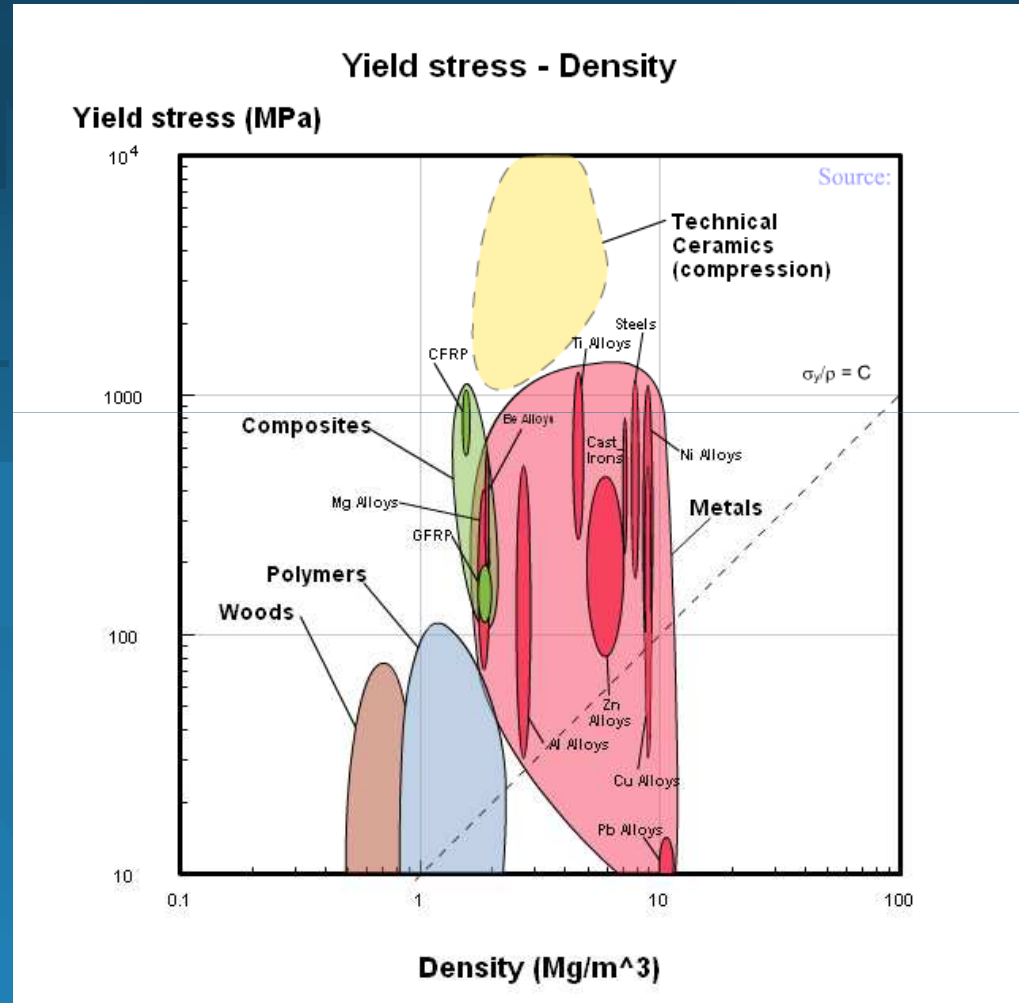
Malzeme seçiminde malzeme kartı niçin önemlidir?

- * Malzeme kartları incelenirse pek çok malzeme özelliği **ikişer ikişer karşılaştırmalı** olarak birbirleriyle kıyaslama imkanı vardır.
- * Zaten malzeme seçimi de malzemeleri birbirleriyle çok değişik açılardan kıyaslama sonucu yapılacaktır.
- * Malzeme kartlarındaki özellikler **mekanik, fiziksel, kimyasal, elektrik, optik**, çevre ve fiyatla olduğu gibi, imalat yöntem çeşidi, ürün şekli ile de karşılaştırmaları kapsar.





Aşağıda örnek **akma mukavemeti** ile **yoğunluk** arasındaki malzeme özellik kartı görülmektedir.





Bu örnekte bazı malzemelerin akma mukavemeti (σ_{ak}) için nümerik veri değerleri aşağıdadır

Malzeme Akma mukavemeti (σ_{ak}) =Mpa

Polimerler..... **10- 100**

Metaller..... **8 - 1250**

C çelikleri..... **250 - 1200**

Al alaşımları..... **24 - 530**

Al döküm alaşımları..... **30 - 280**

Al 6082-T6 **240 - 290**

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





Yukarıdaki rakamlar:

- * Özelliklerin bu **“Aralık”**ta göz önüne alındığı
- * Bu aralıkta tüm malzemeler için özellik değerleri 10 ve katı şeklinde
- * Tasarımcılar buradan;

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

- **Metaller plastiklerle** nasıl kıyaslanır?



- **“C”çelikleri Al alaşımları** ile nasıl kıyaslanır?



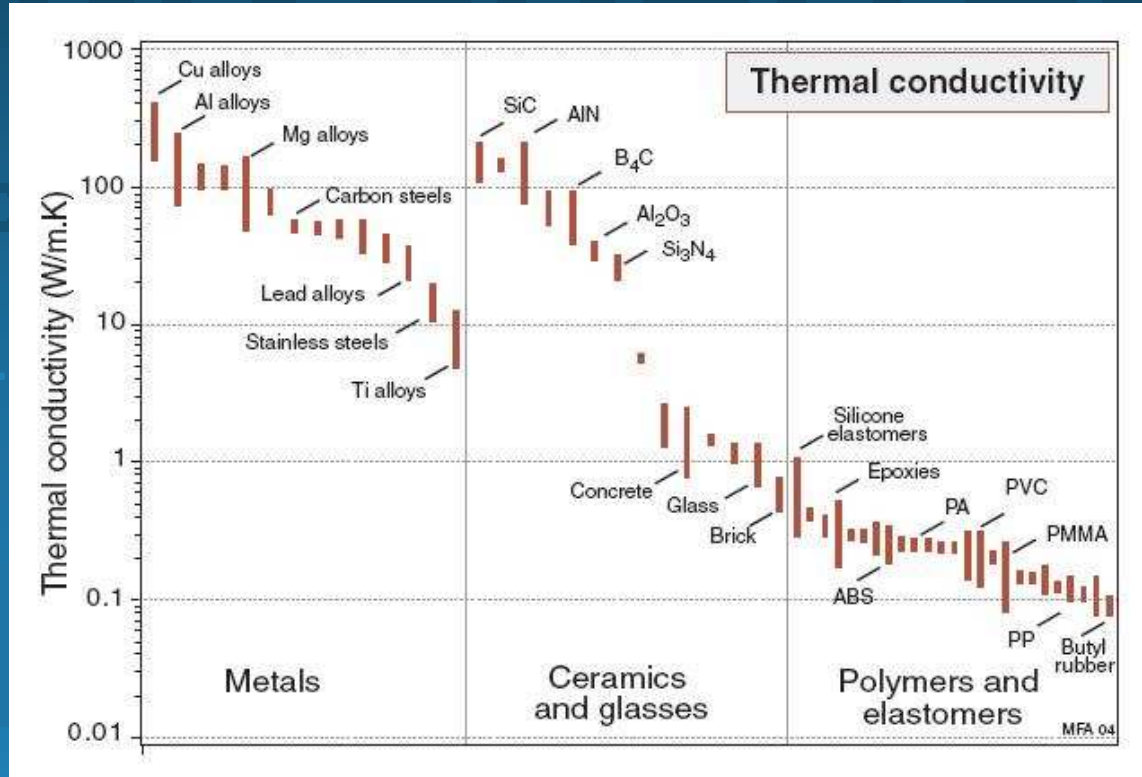
- **Al alaşımları kendi aralarında** nasıl kıyaslanır?

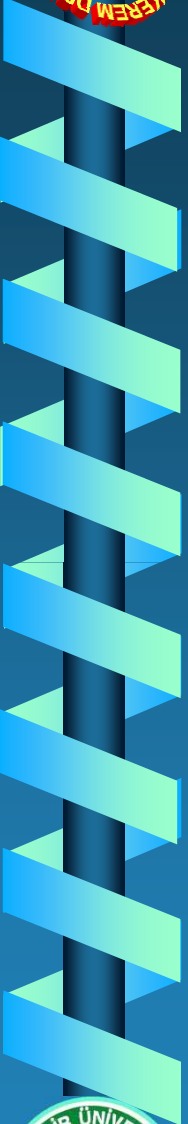
Bu bilgileri göz önüne alarak sorgulayacaklardır.



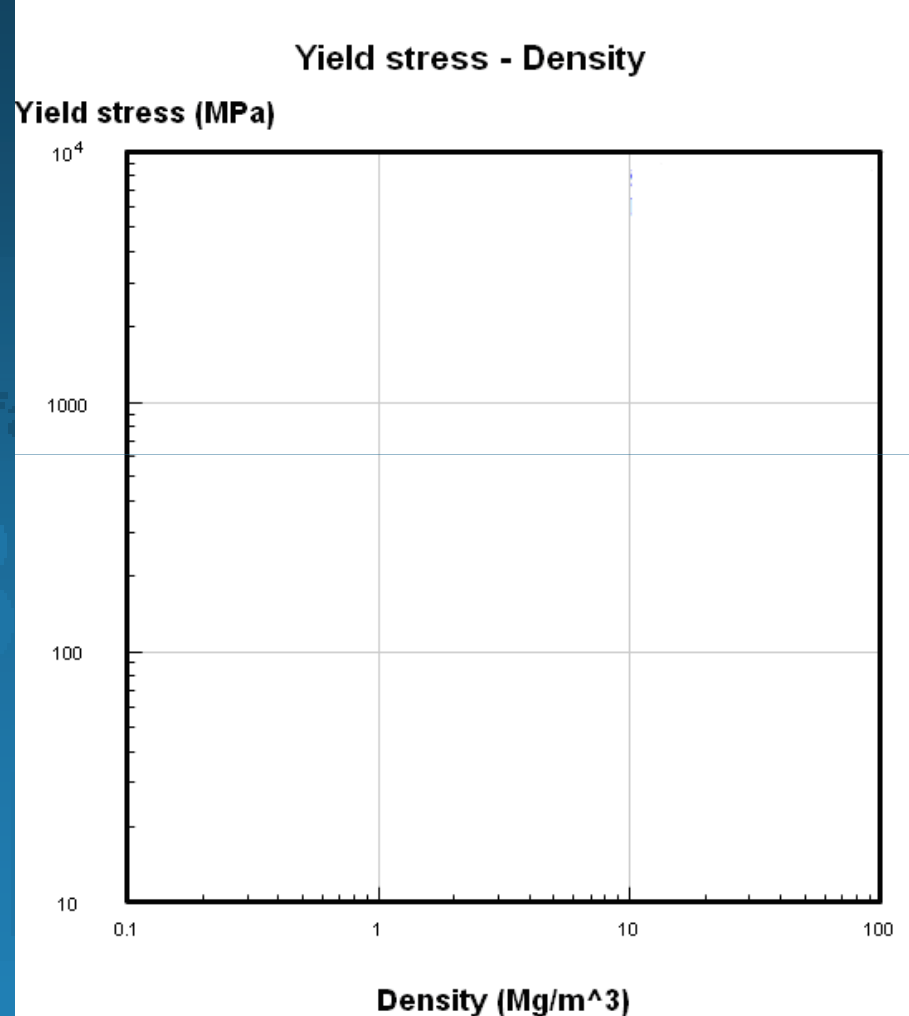


Çubuk malzeme özellik kartları da , log skalaları kullanarak yerleştirilmişlerdir. Veri aralığı 10 kat faktörünü içerir. Malzemeler kendi aralarında özellik için aynı kıyaslamalar yapılır.



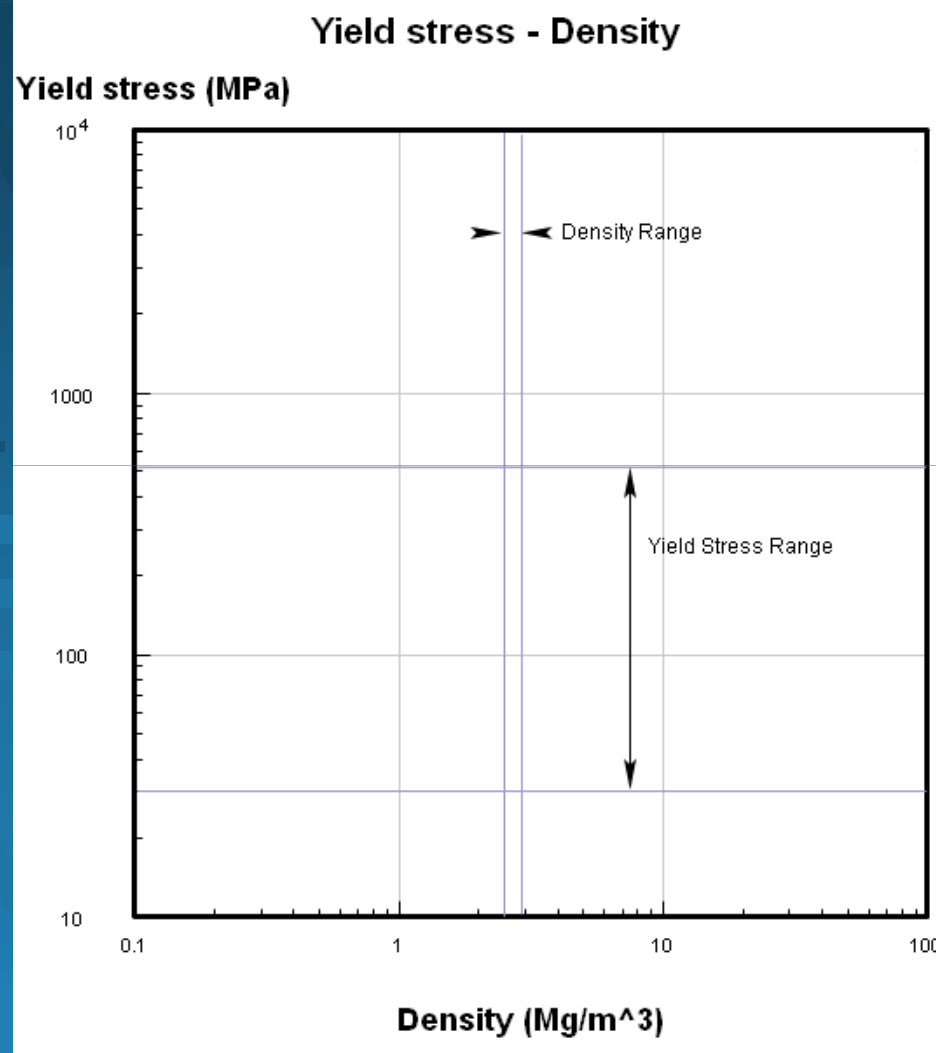


İki özellik karşılaştırmalı Malzeme Kartı yapmak için önce x eksenini sonra y eksenini log olarak bölünür.



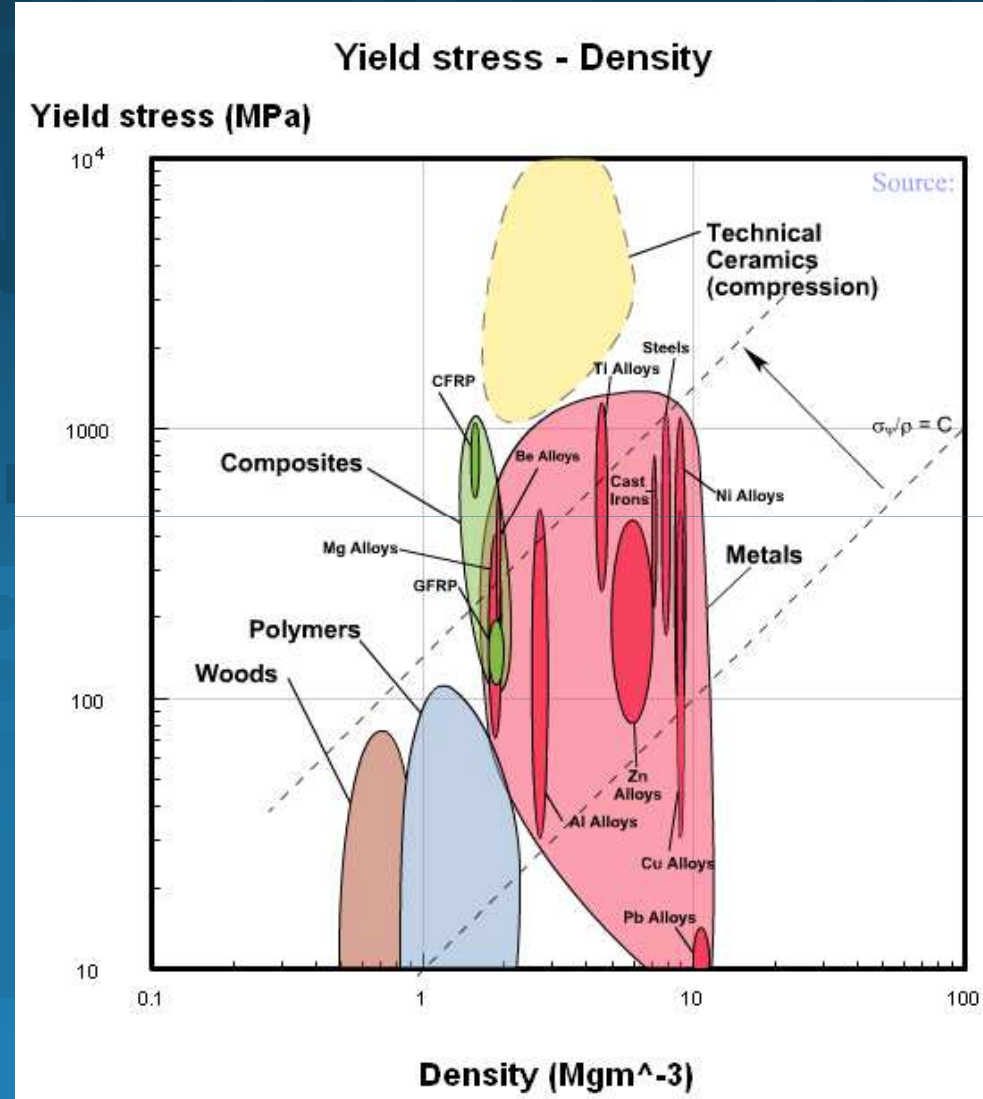


Her bir malzeme için tek tek **yoğunluk** ve **akma gerilme** değerleri log skalası üzerine yerleştirilir.





Tüm malzemeler için işlem tamamlanınca aşağıdaki şekle dönüşür.

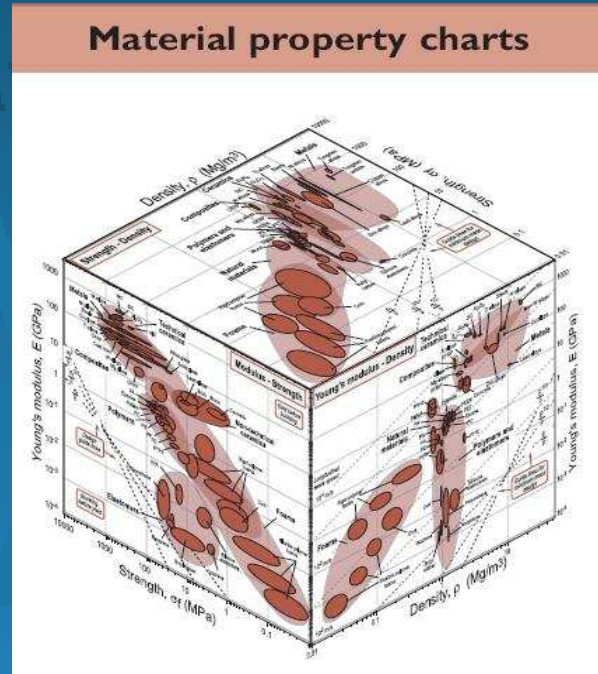




MALZEMELERİN PERFORMANSI



Malzemelerin özellikleri , onların performanslarını sınırlar. Bizim bu tasarımı sınırlayan özellikleri incelemeye ihtiyacımız var. Malzemelerin “tek bir özelliği” **ÇUBUK – KART** şeklinde gösterilebilir.

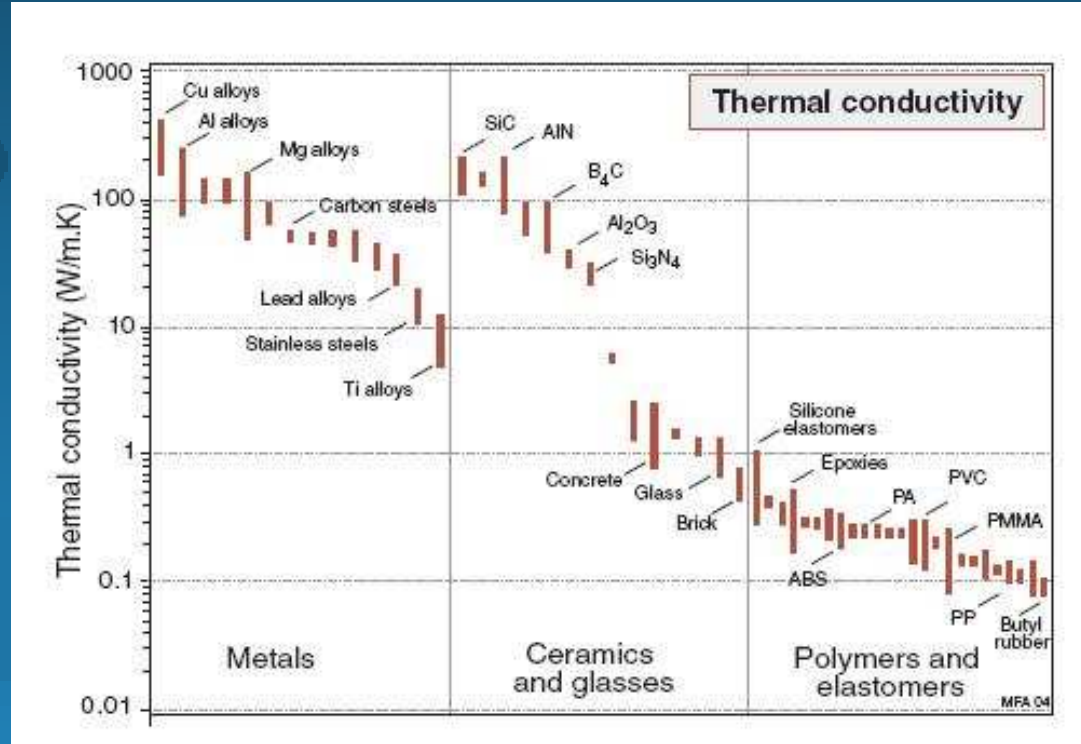




Ama unutmayalım ki, iş görecek bir parçanın performansı, tek bir malzeme özelliğine bağlı değildir.

ÇUBUK-KARTLAR

Aşağıda malzemelerin tek bir özelliği gösterilmiştir.





Örnek vermek gerekirse, kullanılacak parça Hafif ama mukavim bir malzeme olsun dediğimizde ; σ_f / ρ [**mukavemet/öz.ağırlık**] ve E/ρ [**Katılık/öz.ağırlık**] bu iki özellik gözönüne alınmalıdır. Birbirlerine karşı çizilen bu “**malzeme özellik kartları**” pek çok açıdan faydalıdır.

Öncelikle **malzeme kartlarında** ;

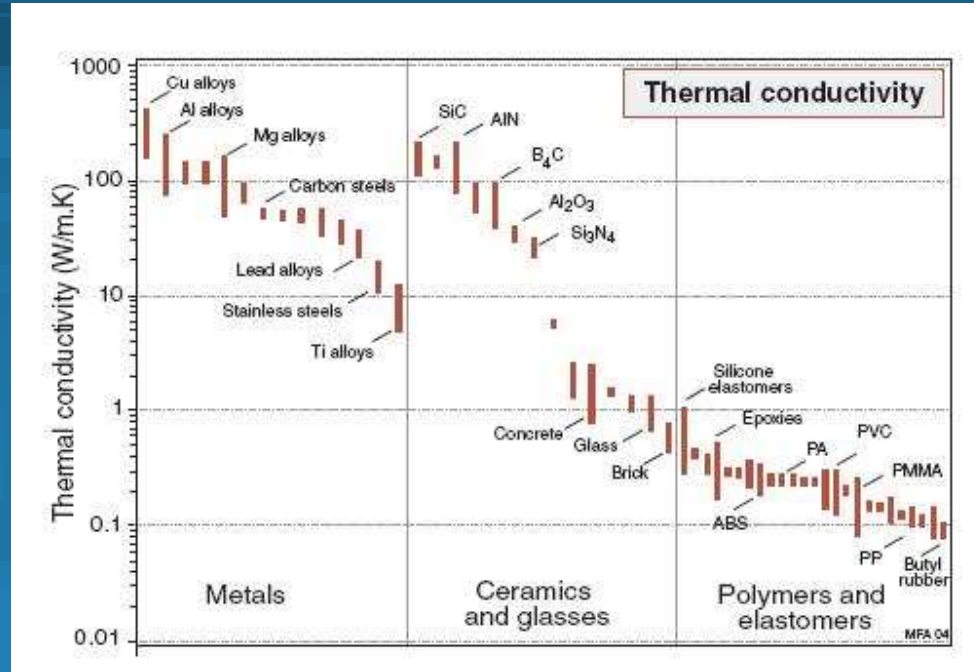
- * Tüm malzemelerin aradığımız özellikleri bir arada ve kolayca erişilecek hale getirilmiş durumdadır.
- * **Log.bazlı ölçekler** daha fazla bilgi görüntülenmesine izin verirler.





MALZEME ÇUBUK KARTI AÇIKLAMASI

Mühendislik malzemelerinin herbirinin özelliklerinin miktar olarak değerleri, birbirlerinden **5 kat** veya daha fazla farklı olabilir. Aşağıdaki diyagramda malzemelerin termal iletkenlik özelliklerini incelediğinizde bunu göreceksiniz..





Burada her bir çubuk tek bir malzemeyi temsil etmektedir. Çubuğun uzunluğu da o malzemenin çeşitli form'lar daki **termal iletkenlik** değerinin artıp azalmasını ifade etmektedir.

Malzemeler sınıflara ayrılmışlar, ama birarada bulunmak tadırlar.

Her sınıf malzeme bu özelliğin sınırlarını belirtmektedir.

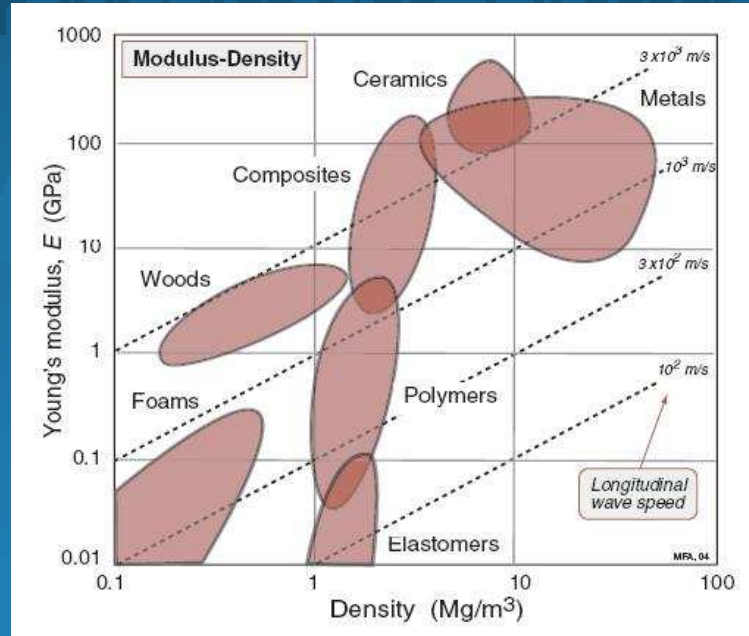
Metaller en yüksek değerleri, **plastikler** en düşük değerleri göstermektedirler.

Seramiklerde yüksekte düşüğe doğru epey geniş bir sahaya yayılmış durumdadırlar.



İKİ MALZEME ÖZELLİĞİ KARTI AÇIKLAMASI

Diyagram yolu ile malzeme özelliğini göstermenin ve daha fazla bilgi edinmenin yolu, ilişikteki diyagramda gösterildiği gibi **iki malzeme özelliğini** karşılıklı bir diyagramda göstermektir.





İlişikteki diyagramda (**E**) elastiklik modülüne karşı (**ρ**) yoğunluk ilişkisi **logoritmik skala**'da gösterilmiştir.

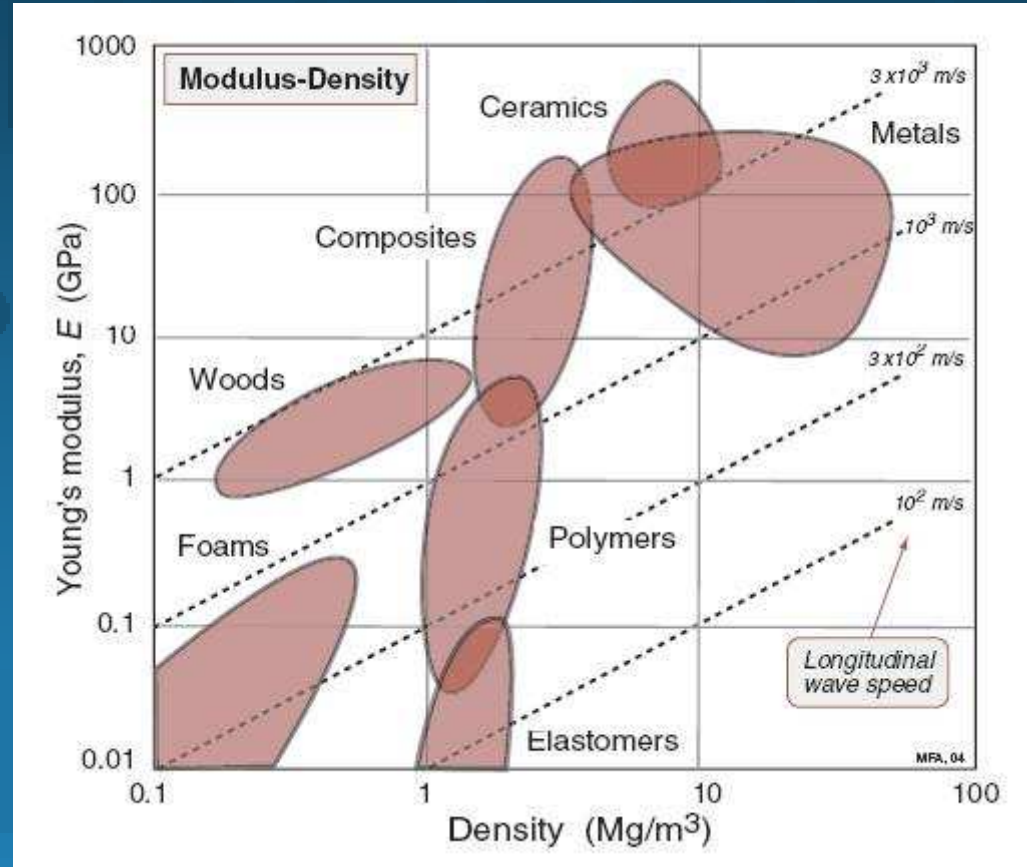
Eksen uzunlukları en ve filmsi köpükler gibi olan malzemedan en katı ve en ağır olan malzemeyi de içine alacak şekilde ayarlanmıştır.

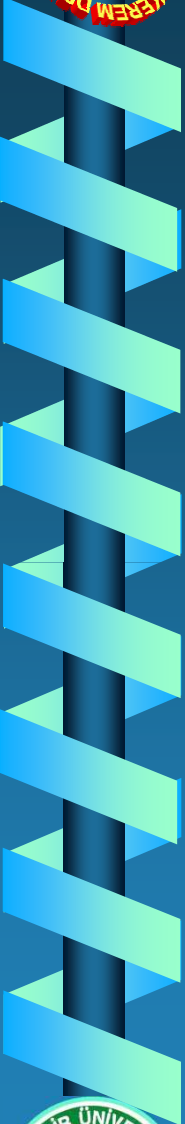
Grafikte önce **ana malzeme sınıfı** bulunur sonra **alt malzeme** gruplarına bakılır.





Modül – Yoğunluk malzeme kartı





Bu diyagramı çizmek basittir. Uygun eksen ve ölçekler seçerek,diyagrama daha fazla bilgiler eklenebilir.

Katı bir malzemedede **ses hızı** E ve ρ ya bağlıdır. Yani ,

$$v = (E/\rho)^{1/2} \quad \text{Her iki tarafın log.}$$

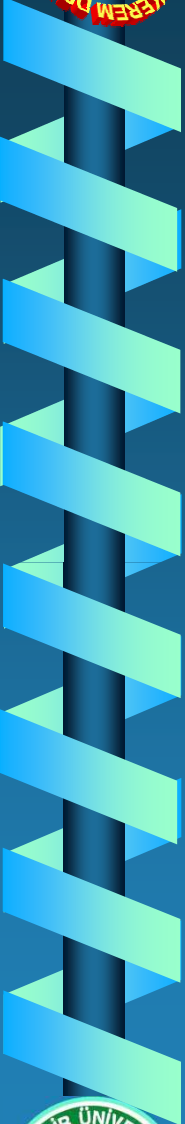
sını alırsak ;

$$\log v = 1/2 \log [E / \rho]$$

$$2 \log v = \log E - \log \rho \quad \text{olur. Buradan ;}$$

$$2 \log v + \log \rho = \log E \quad \text{olur.}$$

Burada v değeri sabittir. Bu denklem ($y = mx + 2$) gibi bir doğru denklemdir. **Eğimi $m=1$ olan düz bir çizgi** olarak çizilir.

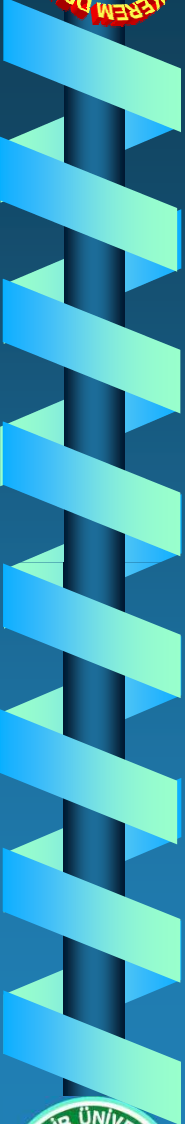


Aynı zamanda malzeme kartına “**sabit dalga hızının eş yükselti eğrilerinin**” katlanarak yerleştirilmesine izin verir. Bu eğriler paralel şekilde aynı hızda uzunlamasına malzeme kartında yer alırlar.

Malzeme kartlarının hepsi, gösterilecek olan bu çeşit benzer ilişkilerin hepsinin yerleşmesine izin verirler.

Daha da ileri aşaması ;

Tasarım optimize parametrelerin den olan “**Malzeme indis**”leri de kartlara aynı şekilde KATLANARAK PAPARALEL çizilip yerleştirilir.



Mekanik ve termal özellikler arasında, hem malzemeyi karakterize etmede hem de mühendislik tasarımında birincil öneme sahip **yaklaşık 30** özellik vardır. Bu özellikler bun dan önceki bölümde anlatılmıştı. Bunlar ;

Yoğunluk, modül, mukavemet, sertlik, tokluk, termal ve elektrik iletkenlikleri, genleşme katsayıları, özgül ısı gibi.. özelliklerdir.

İlişikteki malzemeler için de bu özellikler birbirleriyle ilişkilendirilmişlerdir.



MALZEMELER ,SINIFLANDIRMALARI VE KISA GÖSTERİMLERİ



Material families and classes

Family	Classes	Short name
Metals (the metals and alloys of engineering)	Aluminum alloys	Al alloys
	Copper alloys	Cu alloys
	Lead alloys	Lead alloys
	Magnesium alloys	Mg alloys
	Nickel alloys	Ni alloys
	Carbon steels	Steels
	Stainless steels	Stainless steels
	Tin alloys	Tin alloys
	Titanium alloys	Ti alloys
	Tungsten alloys	W alloys
	Lead alloys	Pb alloys
	Zinc alloys	Zn alloys
Ceramics Technical ceramics (fine ceramics capable of load-bearing application)	Alumina	Al ₂ O ₃
	Aluminum nitride	AlN
	Boron carbide	B ₄ C
	Silicon Carbide	SiC
	Silicon Nitride	Si ₃ N ₄
	Tungsten carbide	WC
	Non-technical ceramics (porous ceramics of construction)	Brick
Concrete		Concrete
Stone		Stone
Glasses	Soda-lime glass	Soda-lime glass
	Borosilicate glass	Borosilicate glass
	Silica glass	Silica glass
	Glass ceramic	Glass ceramic





Polymers (the thermoplastics and thermosets of engineering)	Acrylonitrile butadiene styrene Cellulose polymers Ionomers Epoxies Phenolics Polyamides (nylons) Polycarbonate Polyesters Polyetheretherketone Polyethylene Polyethylene terephthalate Polymethylmethacrylate Polyoxymethylene (Acetal) Polypropylene Polystyrene Polytetrafluorethylene Polyvinylchloride	ABS CA Ionomers Epoxy Phenolics PA PC Polyester PEEK PE PET or PETE PMMA POM PP PS PTFE PVC
---	---	---





Family	Classes	Short name
Elastomers (engineering rubbers, natural and synthetic)	Butyl rubber	Butyl rubber
	EVA	EVA
	Isoprene	Isoprene
	Natural rubber	Natural rubber
	Polychloroprene (Neoprene)	Neoprene
	Polyurethane	PU
	Silicone elastomers	Silicones
Hybrids Composites	Carbon-fiber reinforced polymers	CFRP
	Glass-fiber reinforced polymers	GFRP
	SiC reinforced aluminum	Al-SiC
Foams	Flexible polymer foams	Flexible foams
	Rigid polymer foams	Rigid foams
Natural materials	Cork	Cork
	Bamboo	Bamboo
	Wood	Wood





MALZEME KARTLARI



Malzeme kartlarında her bir malzemenin her bir özelliği belli bir alanda gösterilmiştir.

Bazen bu alan dardır. Örneğin bakır için E modül değeri, onun saf oluşuna ve alaşımli oluşuna bağlı olarak biraz değişiklik gösterir.

Oysa bazen bu alan çok geniştir. Örnek , Alumina - Ceramic malzemenin mukavemeti, içersindeki porozite si,tane büyüklüğüne ve kompozisyonuna bağlı olarak 100 veya daha fazla kat değişiklik gösterebilir.

Isıl işlemin ve mekanik şekil vermenin metallerin akma mukavemeti ve tokluğu üzerinde çok derin bir etkisi vardır.



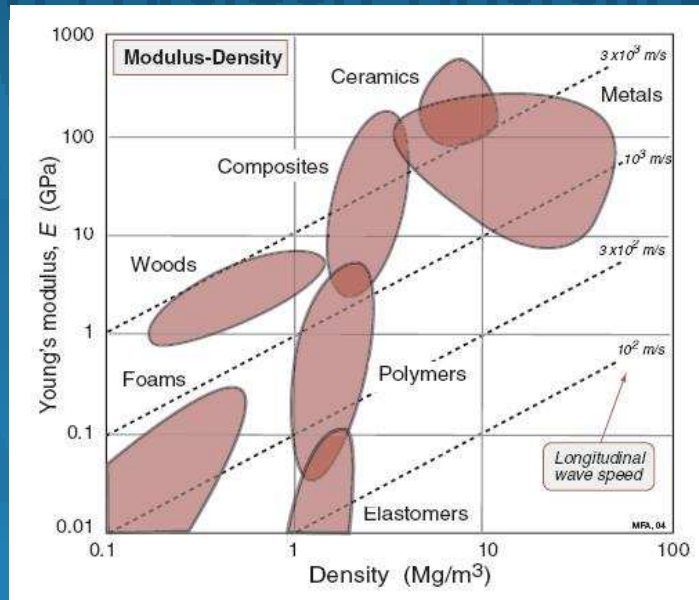


Çapraz bağlanma ve kristalinliğin polimerin elastiklik modülü üzerinde önemli etkisi vardır.

Bu yapıya bağlı özellikler kartlar üzerindeki zarflar içerisinde **uzamış baloncuklar** şeklinde görülmektedir.

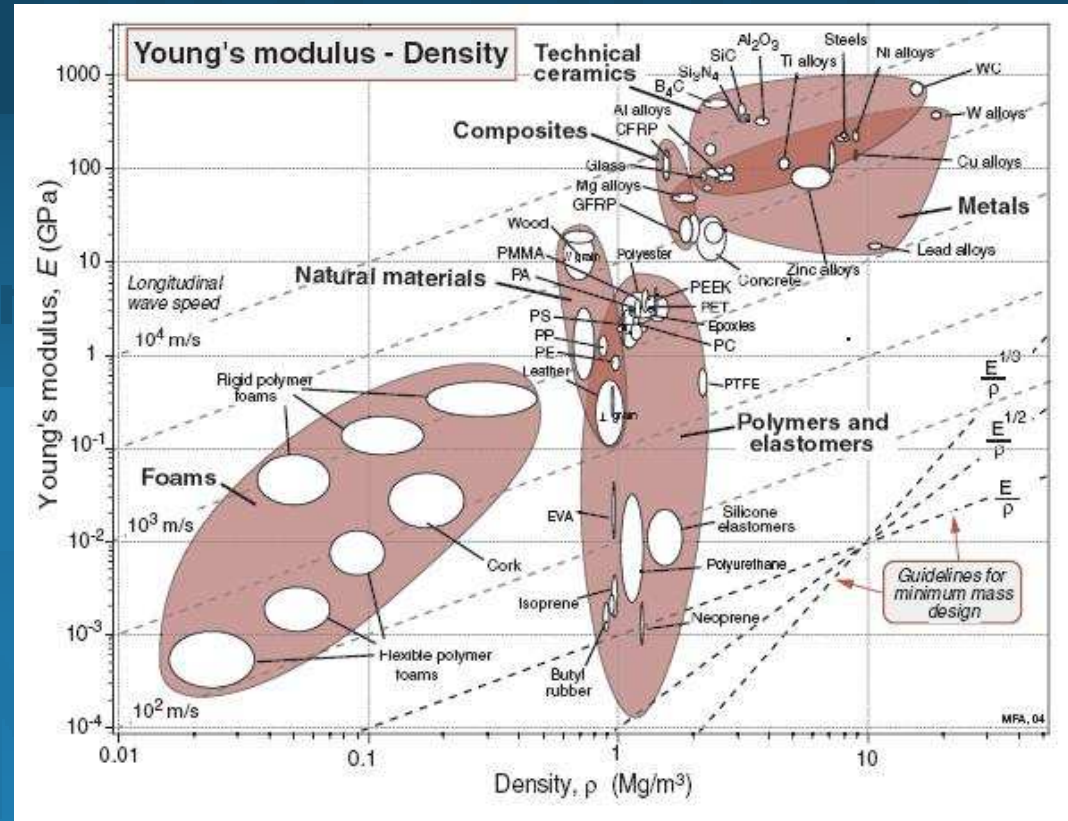
Tek bir balon, tek bir malzeme sınıfının özellik değerinin sınırlarını içine alır.

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



BAZI MALZEME ÖZELLİK KARTLARI

1. Modül-yoğunluk Malzeme Kartı





1. **Modül** ve **yoğunluk** benzer özelliklerdir.Örneği malzemeler üzerinden verirsek ; Çelik katı, lastik yumuşaktır.

Bunların böyle olması modülün (**E**) etkisi sebebiyledir.

2. Kurşun'un ağır,mantarın batmaz oluşu, bunların yoğunluklarının (**ρ**) etkisi sebebiyledir.

İlişikteki diyagramda, Mühendislik malzemeleri için (**E**) ve (**ρ**) arasındaki ilişkinin tüm sınırları gösterilmiştir.





3. Özel bir malzeme ailesinin tüm üyelerinin özellik verileri bir zarf içinde olabilir.

Aynı aile zarfları tüm kartlarda görünebilir.

Bu malzemeleri biraz önce liste halinde ana başlıkları ile gösterdik.

4. **Bir katının yoğunluğu** 3 faktöre bağlıdır.

1. Atomlarının veya iyonlarının atom-ağırlığına
2. Atomların boyutlarına
3. Atomların Paket yapılarına (kristaldeki dizilişlerine)





5. Atomların boyutu çok fazla değişmez.

Pek çok atom $2 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$ lük bir hacme sahiptir.

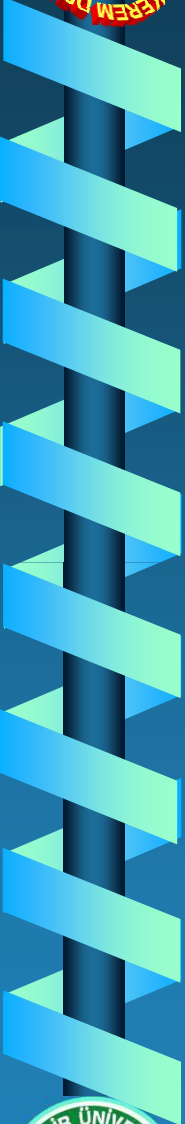
Kristal boyutları (**paket boyutları**) da fazla değişmez, 2 veya daha az kat'ları şeklinde değişir. Kapalı paketlerde katsayı **0,74** açık paketlerde (elmas kübik yapı gibi) **0,34**

6. Yoğunluğun asıl yayılması atom ağırlığı sebebiyledir. **Hidrojen'in 1** olan atom ağırlığı **Uranyum da 238'e** ulaşır.

Metaller yoğundur çünkü onlar yoğun paketli ağır atomlardan yapılmışlardır.

7. Polimerlerin yoğunlukları hafiftir, çünkü onlar atom ağırlığı 12 olan karbon ve atom ağırlığı 1 olan hidrojen den oluşmuşlardır.





Polimerler düşük yoğunlukta **amorf yapılardır**, veya **kristalin paket** yapı tarzındadırlar.

8. Seramiklerin pek çok parçası , metallere çok daha düşük yoğunluğa sahiptirler.Çünkü seramikler O, N ve C atomları ihtiva ederler.

9. En hafif atomlar bile, en açık şekilde paketlenmiş bir kristal yapıya yaklaşık **1 Mg/ m³** lük yoğunluk katar.

10. Daha düşük yoğunluğa sahip malzemeler **köpüklerdir**, ve bunlar gözenek alanı büyük hücrelerden oluşurlar.



11. Pek çok malzemenin (**E**) modülü 2 faktöre bağlıdır.

1. Atom **bağ'ının sıkı oluşuna**

2. Birim hacim başına **atom bağ yoğunluğuna**

Bağ yay gibidir. Yay'ın bir sabiti vardır. (**S**) Young modülü **E** kaba bir şekilde ;

$$E = S / r_0 \quad \text{Burada } r_0 \text{ atom boyutudur.}$$

(r^3 ortalama atom veya iyon hacmidir)

Modülün geniş alana yayılması , büyük ölçüde **S** değerinden kaynaklanır. Çünkü **kovalent bağ'ın** sınırları $S = 20 - 200 \text{ N/m}$ arasında değişir.





Metalik ve iyonik bağ'lar biraz daha az alanda değişir.

$$S = 15 - 100 \text{ N/m}$$

12. Elmas en yüksek modüle sahiptir, çünkü, karbon atomları çok küçük boyutta (bu ise yüksek bağ yoğunluğu verir) ve elmasın atomları çok güçlü yay gibi ($S = 200 \text{ N/m}$) bağlanmıştır.

13. Metaller elmas kadar güçlü olmasalar da, yüksek modüle sahiptirler, çünkü sıkı paket yapı yüksek bağ yoğunluğu verir ve bağlar da güçlüdür.

14. Polimerler hem elmas gibi güçlü durum sağlayan kovalent bağ'lara sahip hem de zayıf hidrojen ve Van-der-waals ($S = 0,5-2 \text{ N/m}$) bağlarına sahiptir.





Plastik gerildiği zaman düşük modül vermesi zayıf bağlar sebebiyledir.

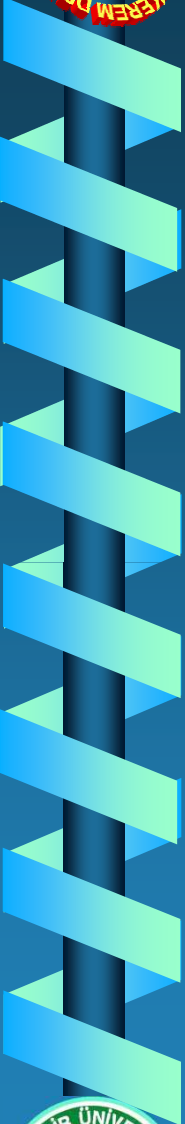
En zayıf bağla bağlı ($S=0,5 \text{ N/m}$) büyük yarıçaplı atomlarda ($r_0 = 3.10^{-10} \text{ m}$) bile kaba modül değeri ;

$$E = (0,5 / 3.10^{-10}) \cong 1 \text{ GPa}$$

Bu gerçek katı malzemeler için en düşük limit'tir.

Malzeme kartı, bundan daha düşük malzemeleri bile göstermektedir. Bu malzemeler ya elastomerler veya köpüklerdir.





Elastomerler düşük E ye sahiptir, çünkü zayıf olan ikincil bağ'lar uzun zincir moleküllerinde çok zayıf karışık entropik geri getirme kuvvetleri bırakılarak erimiş olurlar. (Çünkü onların camsı-dönüşüm sıcaklığı T_g oda sıcaklığı nın altındadır.)

Köpükler de çok düşük E ye sahiptirler çünkü, malzeme yüklendiği zaman, (büyük yer değiştirmelere uğradığı için) hücre cidarları kolayca eğilirler.

Malzeme kartları, mühendislik malzemelerinin modüllerini 70 kat farkla gösterirler.

0.0001 GPa dan (çok düşük yoğunluklu **köpükler**)
1000 GPa kadar (**Elmas'a**)



Yoğunluktaki fark ise 2000 çarpanı kadardır. En düşüğü olan 0,01 den 20 Mg/m³ e kadar.

Seramikler çok katıdırlar, metaller biraz daha az katıdır lar. Ama seramiklerin hiçbirisinin modülü 10 GPa'dan az değildir.

Polimerler, zıt bir şekilde hemen hepsi **0,8-8 GPa** arasındadırlar. Bundan daha düşük modüle sahip olmak için malzemenin ya elastomer yada köpük olması gerekir.

Log.bazlı ölçekler daha fazla bilgi görüntülenmesine izin verirler.

Daha önce de açıklandığı gibi, bir malzemedeki elastik dalga hızı, ve o malzemedeki yapılmış bir parçanın tabii titreşim frekansı $(E/\rho)^{1/2}$ şeklinde orantılıdır





Bu miktar kart üzerine çizdirilir. Bu hız, 50 m/s (**yumuşak elastomer**) den biraz daha fazla olan 10^4 m/s (**kati seramik**) kadar değişir.

15. Alüminyum ve cam'a dikkat etmeliyiz. Zira, onların düşük yoğunluklarına rağmen dalgaları hızlı bir şekilde iletirler

Köpüklerinde düşük yoğunlukları sebebiyle dalga hızlarının düşük olduğunu sanılır. Oysa, düşük yoğunluk daima denge sağlar.

Ağaç' tada enine hız düşük, ama boyuna olunca çelikteki gibi yüksektir.





Bu kartlar ,kütlenin minimize edildiği uygulamalar için malzeme seçiminin en genel problemlerinde yardımcı olur.

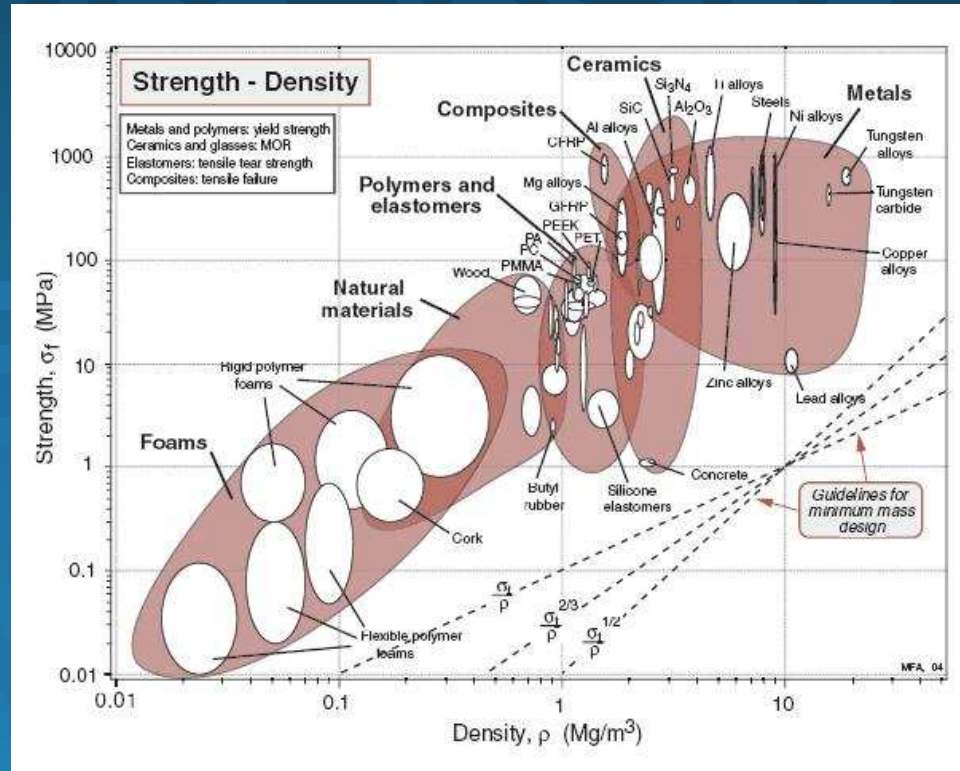
Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU



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

2. Mukavemet - Yoğunluk Malzeme kartı

Bir katının modülü net bir değer iken mukavemet böyle değildir.





1. Metaller ve plastikler için akma mukavemeti (σ_{ak}) önemli iken, bazı malzemeler için max. çekme mukavemetine ($\sigma_{çek}$) kadar mukavemet alanı genişletilir.

* **Seramikler** için basmada kırılma çok önemlidir. Çekme dayanımı **15 kat** küçük olduğundan önemsizdir.

* **Elastomerler** için mukavemet , yırtılma mukavemetidir.

* **Kompozitlerde** çekmede hasar gerilmesi önemlidir.

* **Uzamış baloncuk** şeklindeki **Bir Malzeme Grubu**'nun dikey yada yatay uzantısı ,

- Alaşımlama derecesi

- deformasyon sertleşmesi

- Tane boyutu ve gözeneklilik sebebiyle dir.



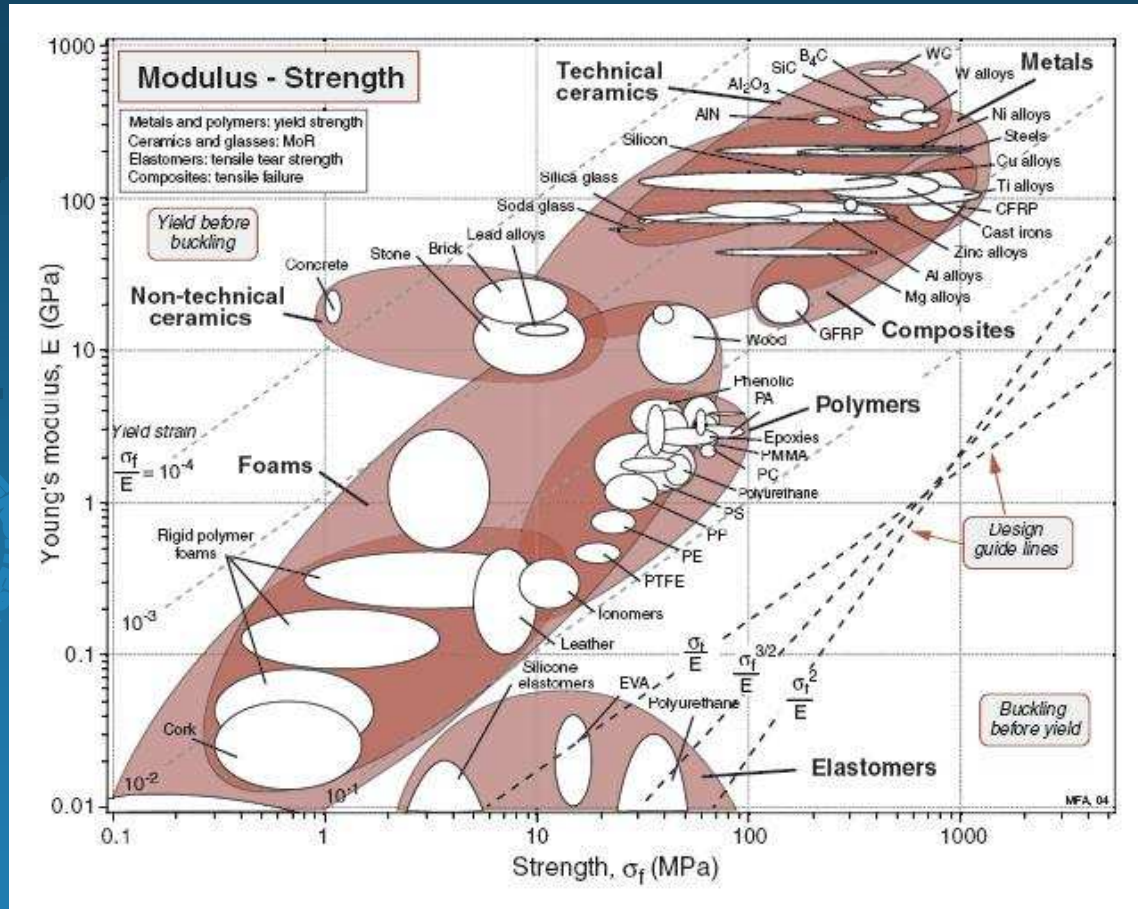


2. Bu kart , **köpüklerin** mukavemeti olan **0.1 MPa** ile **Elmasın** mukavemeti **10^4 MPa** arasında , beş değişik farklı alanı içermektedir.

- * **Seramiklerin** mukavemetleri yüksektir.
- * **Metallerin** içindeki dislokasyon hareketleri sebebiyle mukavemetleri değişiktir.
- * Atomlararası bağ kuvvetlerine bağlı olarak mukavemet değişiklik gösterir. Mesela **polimer**'lerdeki vanderwals bağları sebebiyle mukavemetleri zayıftır.
- * **Metal ve polimerler** için akma mukavemeti
- * **Seramikler** için basma mukavemeti
- * **Elastomerler** için yırtılma mukavemeti ve **kompozitler** için çekme mukavemeti önemlidir.



3. Modül –Mukavemet Malzeme Kartı





1. Modül net bir değer ile tanımlanırken, **mukavemet** böyle değildir.

* **Metaller ve plastikler** için akma mukavemeti önemlidir.

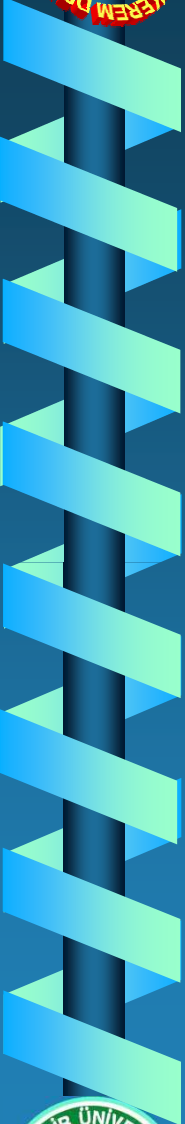
* Pek çok **pratik amaçlar için** çekme ve basma mukavemetleri aynıdır.

* **Kırılgan seramikler** de basma mukavemeti önemli, çekme 15 kat düşük olduğundan önemsizdir.

* **Elastomerler için** yırtılma mukavemeti önemlidir.

* **Kompozitler için** çekmede hasar mukavemeti önemlidir.





2. Herhangibir malzeme için **mukavemet kabarcığı** büyük ise, bunun sebebi,alaşımlama derecesi, def. sertleşmesi,tane boyutu,gözeneklilik gibi sebepler yüzündendir.

* Mukavemet alanı **0,1 MPa** ile **köpüklerde** görülürken, **10⁴ MPa** ile **elmasta** görülmesi arasında 5 onluk büyüklük farkı oluşmuştur.Bu kadar fark plastik kaymaya karşı kafes direncinden dolayıdır.

* **Metaller** yumuşaktır, metalik bağ dislokasyon hareketlerine az engel olur, **seramikler** sert'tir, lokal kovalent ve iyonik bağ'ları, dislokasyonların kilitlendiği yerde kırılırlar.



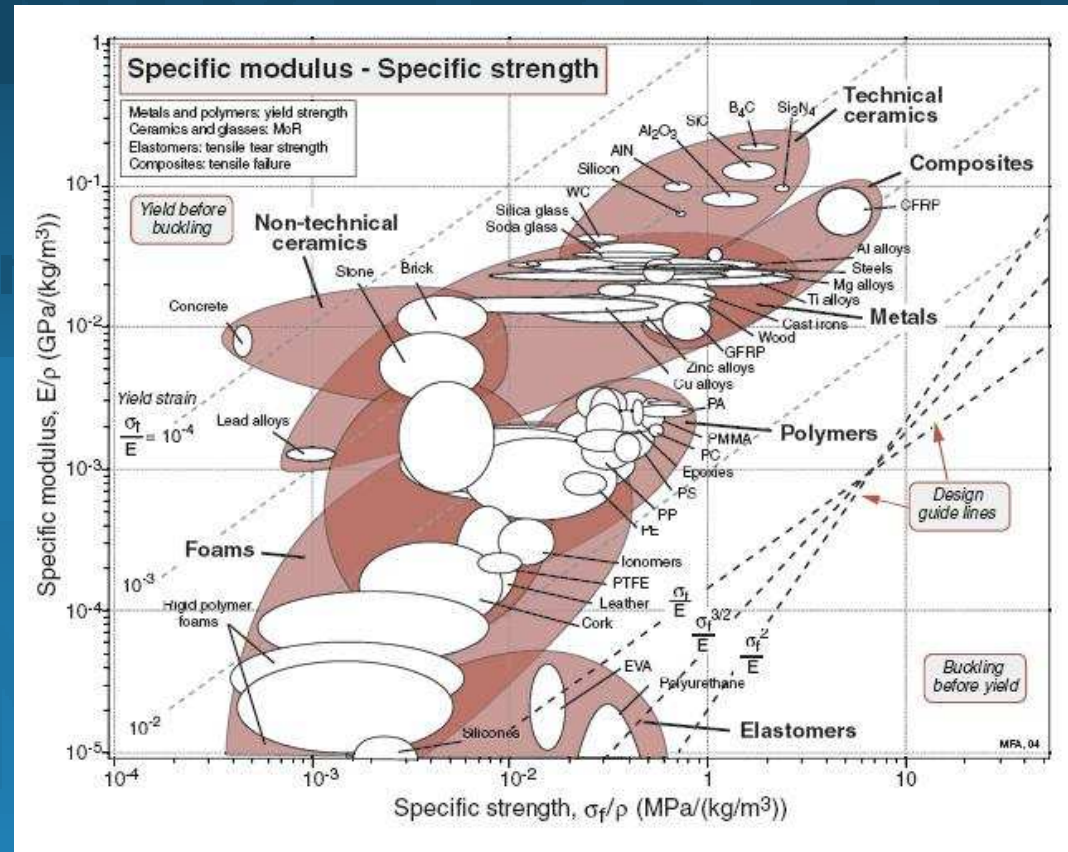
3. **Plastiklerde** zincirin kayması zayıf bağları (vanderwals bağ kuvvetleri) kırıyorsa zayıf, kimyasal bağ kuvvetleri ni kırıyorsa kuvvetli olacaktır.

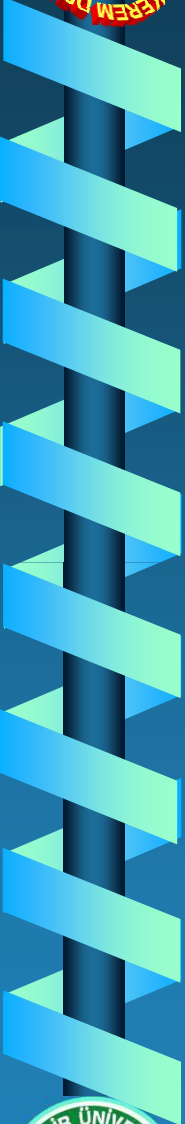
* **Kafes direnci zayıfsa**, kayma engellenerek, alaşım elemanları ilave ederek, tane boyutları ile oynayarak def. sertleşmesi yaparak, plastiklerde çapraz bağlanma yaparak malzemeler mukavim yapırlar.

* **Kafes direnci yüksek ise**, ilave sertleştirme gereksizdir.



4. Spesifik rijitlik (modül) – Spesifik Mukavemet Malzeme Kartı





1. Pek çok tasarımcı **rijitlik ile mukavemeti** minimum ağırlıkta olsun ister.

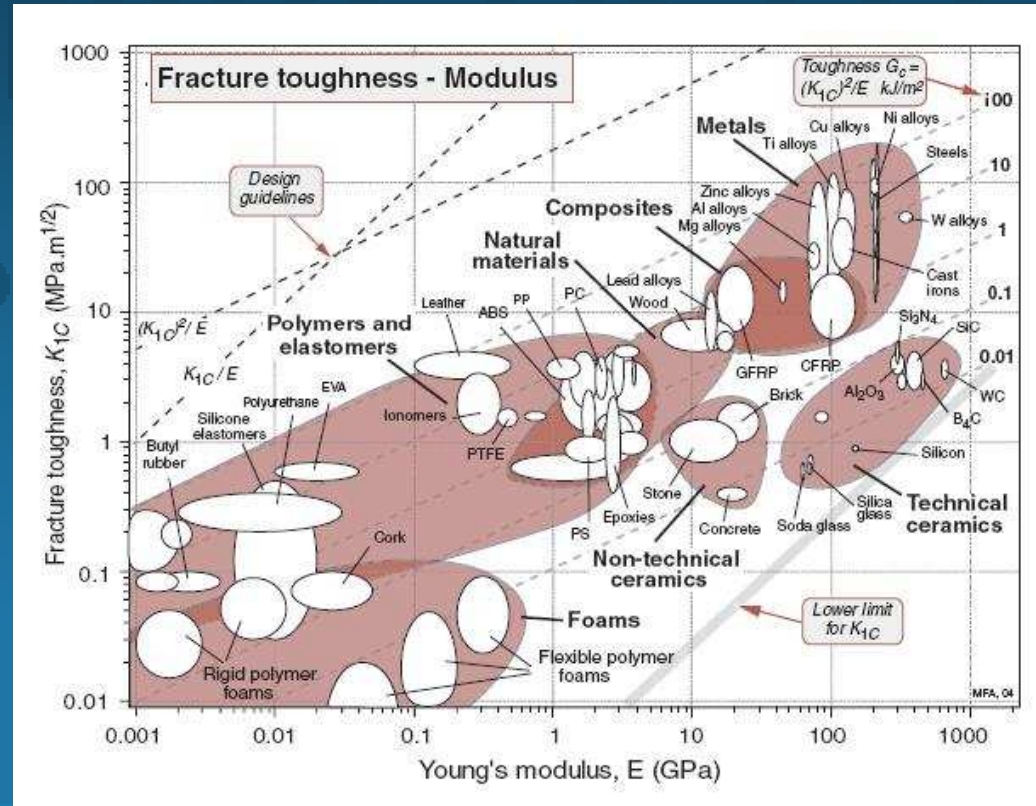
* **Seramikler** diyagramın üst sağ köşesindedir. Ama verileri basma mukavemeti içindir.

* **Kompozitlerin** spesifik özellikleri çok caziptir ve uzay endüstrisinde kullanılırlar.

* **Metaller** ise yüksek yoğunlukları sebebiyle bu özelliklerde cazip değildirler.

* **Polimerler** düşük yoğunlukları sebebiyle tercih edilirler.

5. Kırılma Tokluğu-Modül Malzeme kartı





1. **Polimerlerin** kırılma tokluğu, **seramiklerin** kırılma tokluğundan düşüktür.

2. Ama buna rağmen **seramiklerin gevrek** olmasından dolayı çok dikkat etmek gerekir.

3. **Kıc** değerleri küçük olduğu zaman malzemeleri tanımlamak çok iyi ama büyük oldukları zaman malzeme seçiminde önemli olacaklardır.

4. G , elastik enerji yayma hızıdır. $G \geq (2E\gamma)^{1/2}$

$K \geq (2E\gamma)^{1/2}$ şeklinde hesaplanır. Burada γ modül olarak ölçeklenir. çok önemlidir.

$$\gamma = r_0/20$$





Burada r_0 atom boyutudur. Buradan istifade ile ,

$$K \geq E (r_0 / 20)^{1/2}$$

Bu denklemin sağ tarafında K_{ic} nin alt sınır değeri, $r_0 = 2 \times 10^{10}$ m alınarak

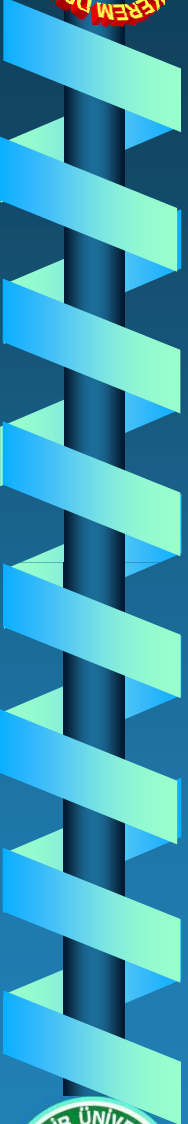
$$(K_{ic})_{min} / E = (r_0 / 20)^{1/2} = 3 \times 10^{-6} \sqrt{m}$$

Bu kriter çapraz bant ile alt sağ köşede gölgeli olarak çizilmiştir. Bu bant **K_{ic}** değerlerinin alt sınırını belirtir.

5. Pek çok kırılğan **seramik** eşiğe yakın yerde yeralır.

6. Metaller, polimerler ve kompozitler kırıldıkları zaman, genellikle çatlak yayılması ile ilgili plastisite den (kalıcı şekil değiştirme) dolayı absorbe edilen enerji çok büyüktür.





7. Diyagramda gösterilen Gıc tokluk çizgileri, görünen kırılma yüzeyi enerjisinin ($G_{ic} \approx K_{Ic}^2 / E$) bir ölçümüdür.

8. Katıların gerçek yüzey enerjileri $\gamma = 10^{-4} - 10^{-3} \text{ KJ/m}^2$

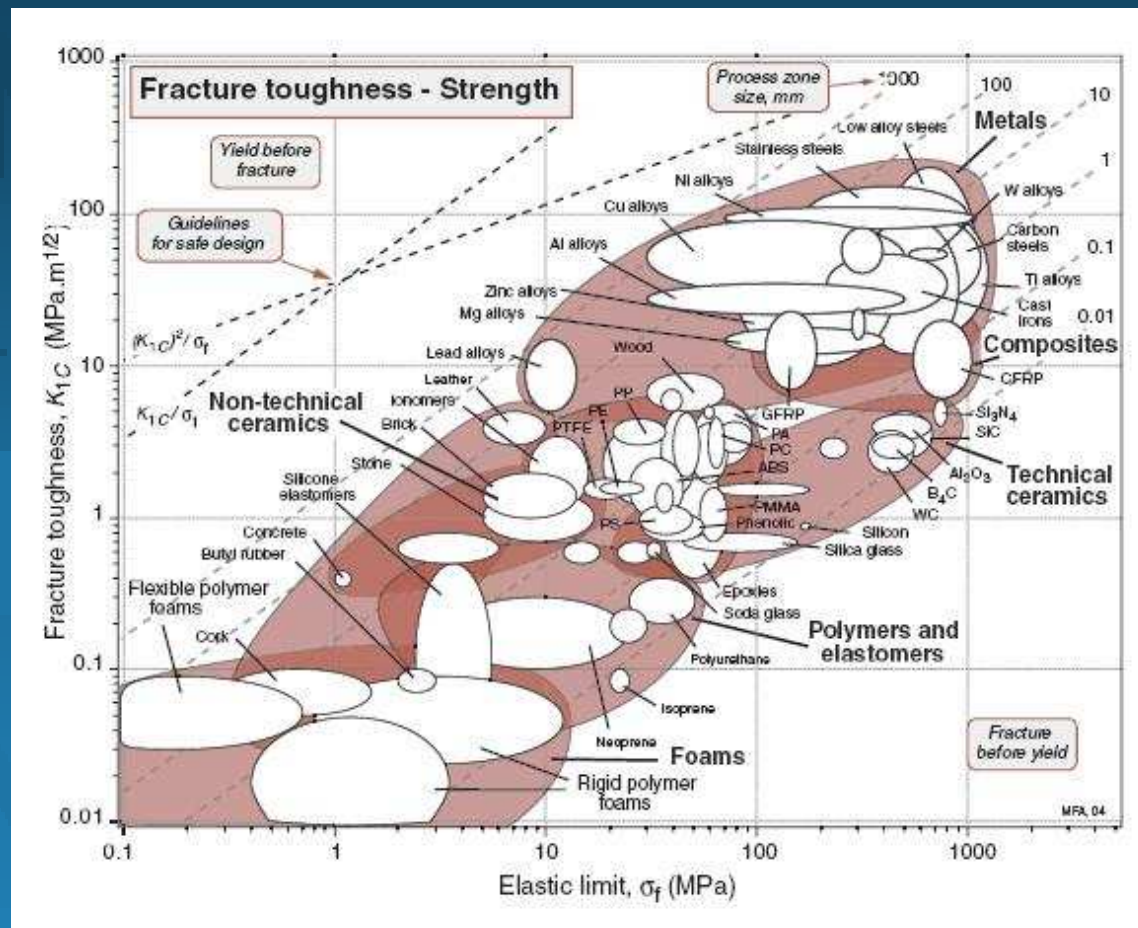
9. Tokluk değerleri 10^{-3} KJ/m^2 de başlıyor. 10^3 KJ/m^2 ye kadar devam ediyor.

10. Bu ölçekte **seramikler** (10^{-3} ile 10^{-1} KJ/m^2) ye kadar

11. Polimerler (10^{-1} ile 10 KJ/m^2) lerden çok küçüktürler.

Bu polimerlerin seramiklerden daha fazla kullanılmasının bir sebebidir.

6. Kırılma Tokluğu – Mukavemet Malzeme Kartı





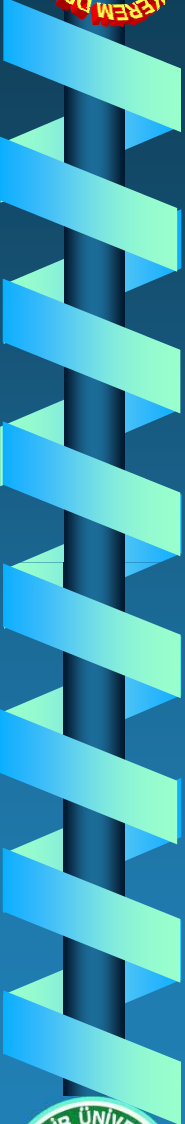
1. Çatlağın ucundaki gerilme yoğunluğu ,

- * Sünek katılarda plastik bir bölge olarak,
- * Seramiklerde mikroçatlama bölgesi olarak,
- * Kompozitlerde delaminasyon-tabakalar arası ayrılma, debonding (yapışmanın sökülmesi) ve fiber çekilme bölgesi

2. Bu gerilme yoğunluğu bölgesi (d_y) içinde plastik ve sürtünme kuvvetlerine karşı iş yapılır. Bu iş ölçülen G_{IC} kırılma enerjisi ile gerçek yüzey enerjisi 2γ arasındaki farkı gösterir. Malzeme mukavemeti (σ_f) alınırsa $r = d_y / 2$

Gerilme alanı denklemi $d_y = K_{IC}^2 / \pi \cdot \sigma_f$





3. Bu diyagramda bölge boyutu (dy) nin çok kırılğan seramikler ve camlarda atomik boyutlardan, çok sünek metaller için hemen hemen **1 m** ye kadar çok fazla değiştiğini gösterir. Sabit bir bölge boyutunda, kırılma tokluğu (beklendiği gibi) mukavemet ile artma eğilimi gösterir. Onun için diyagramın köşegeni civarında kümelenmiştir.

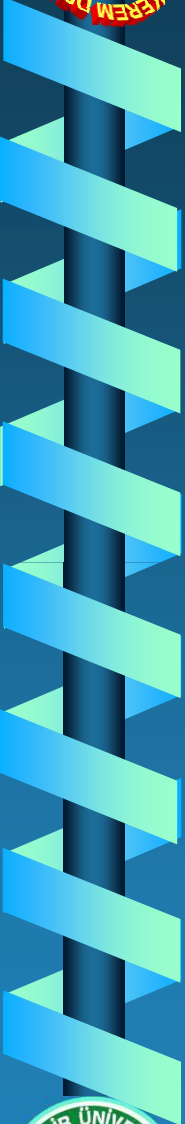
4. K_{Ic} ye karşı σ_f çizilmiştir.

Mukavemet olarak ,

a)- metaller ve polimerler için σ_{ak}

b)-Seramikler ve camlar için σ_b

c)-Kompozitler için $\sigma_{çek}$



Diyagramda ;

$(K^2 \text{ ıç } / \pi \sigma_f)$ çizgileri, çatlak ucundaki bölgenin çapını gösterir. Tasarım çizgileri, hasar-tolerans tasarımı için malzeme seçiminde kullanılır Bu diyagram, yük taşıyan yapıların emniyetli tasarımı için malzeme seçimindeki uygulamalarda kullanılır.

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



BALIKESİR



7. Kayıp Katsayısı – Modül Malzeme Özellik Kartı

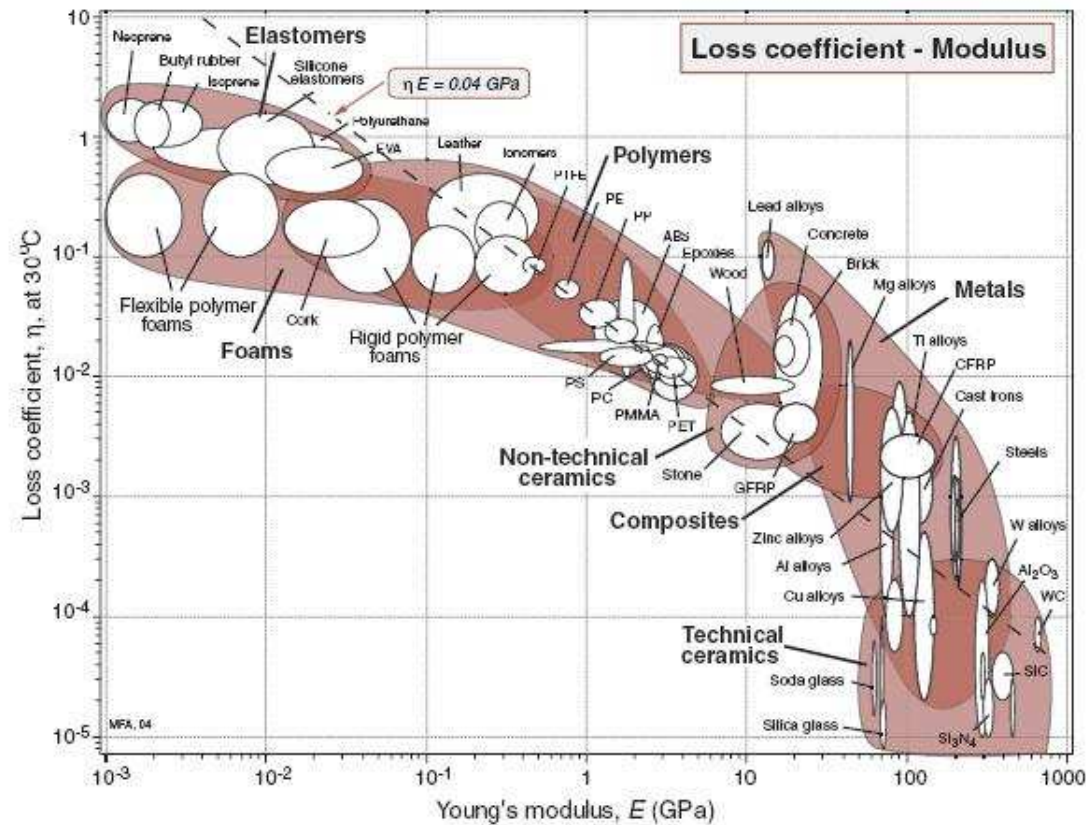


Figure 4.9 The loss coefficient, η , plotted against Young's modulus, E . The guideline corresponds to the condition $\eta = CE$.



* Metaller, camlar ve seramiklerin hepsi çalıştıkları yerlerde titreşime maruz kaldıklarında “**düşük tabii sönümleme**” özelliğine sahiptirler. Tabii sönümleme, kayıp katsayısı η ile ölçülür.

* Kayıp katsayısı η , titreşim enerjisini yayan malzemenin derecesini ölçer.

* Eğer bir malzemeye σ_{max} gerilmesine kadar elastik olarak yüklenirse birim hacim başına elastik bir enerji depo eder.



8. Isıl iletkenlik Katsayısı – Direnç Malzeme Özellik Kartı

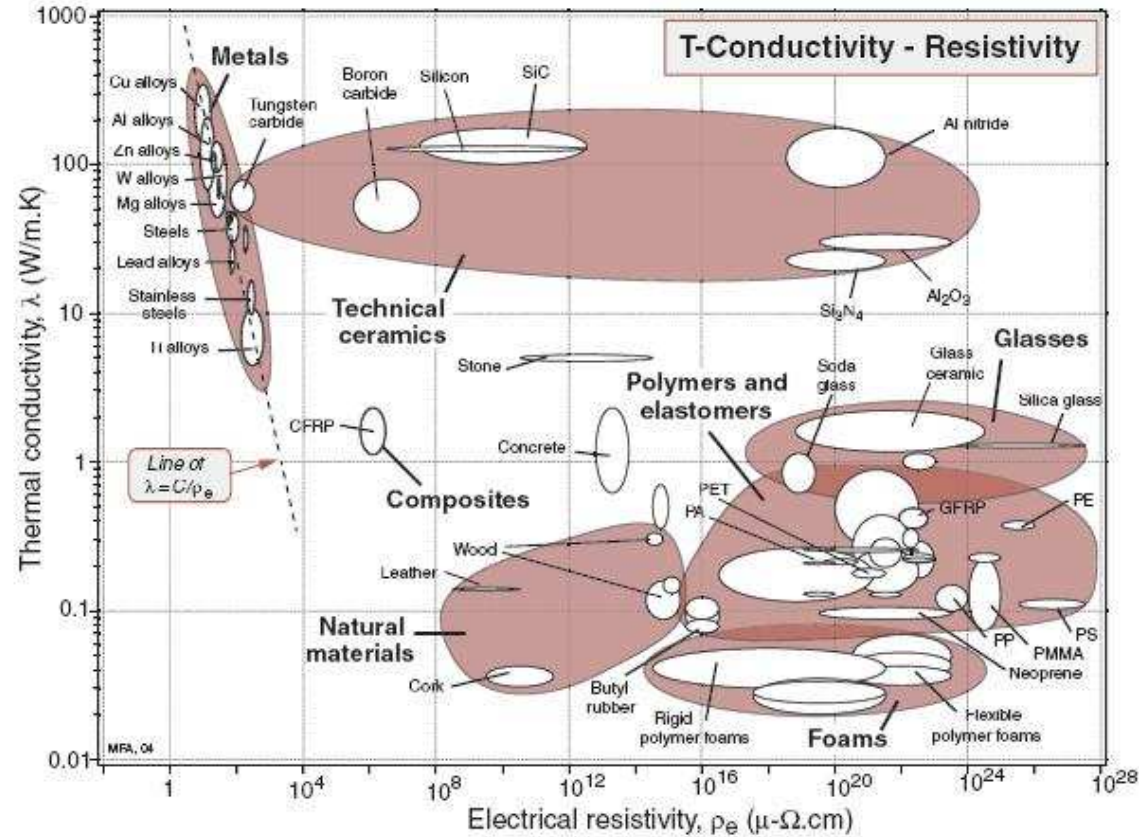


Figure 4.10 Thermal conductivity, λ , plotted against electrical resistivity, ρ_e . For metals the two are related.

9. Isıl iletkenlik Katsayısı – Isıl difüzyon Malzeme Özellik Kartı

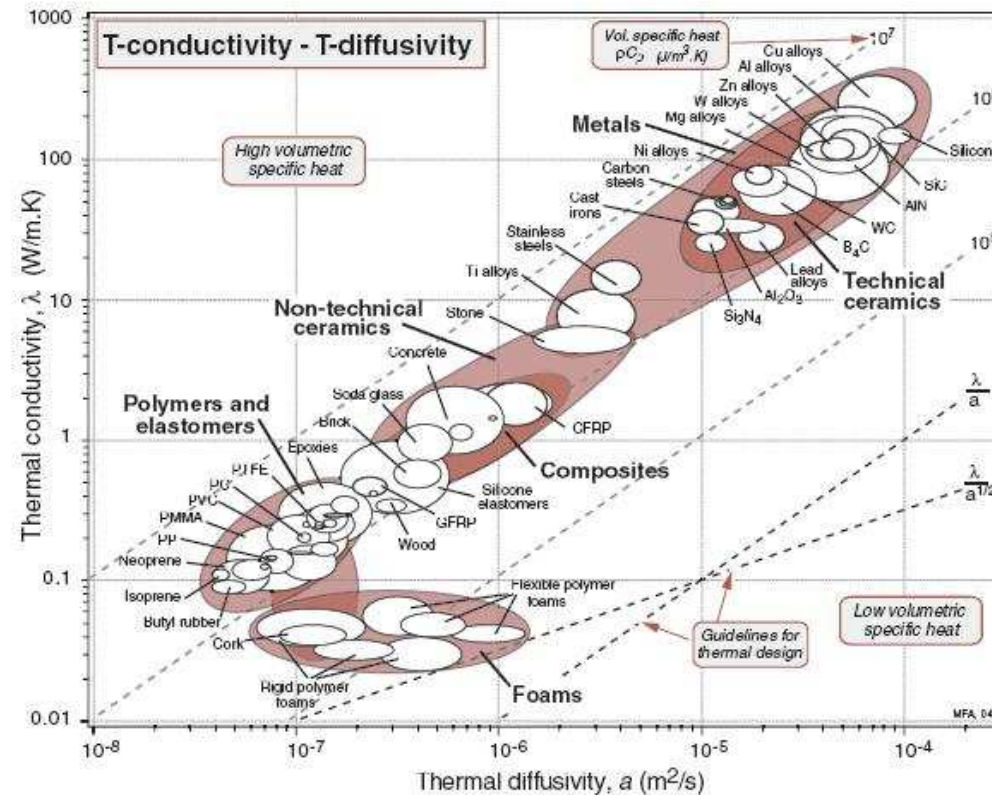


Figure 4.11 Thermal conductivity, λ , plotted against thermal diffusivity, a . The contours show the volume specific heat, ρC_v . All three properties vary with temperature; the data here are for room temperature.

10. Isıl Genleşme – Isıl iletkenlik katsayısı Malzeme Özellik Kartı

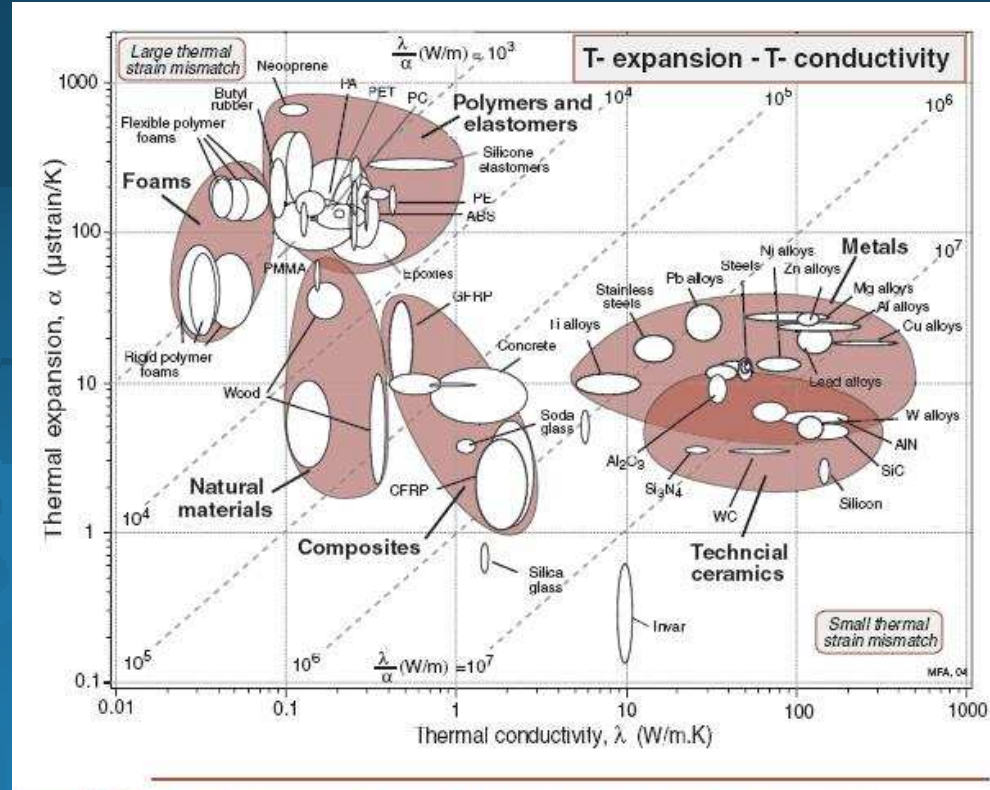


Figure 4.12 The linear expansion coefficient, α , plotted against the thermal conductivity, λ . The contours show the thermal distortion parameter λ/α . An extra material, the nickel alloy Invar, has been added to the chart; it is noted for its exceptionally low expansion at and near room temperature, useful in designing precision equipment that must not distort if the temperature changes.

11. Isıl Genleşme – Modül Malzeme Özellik Kartı

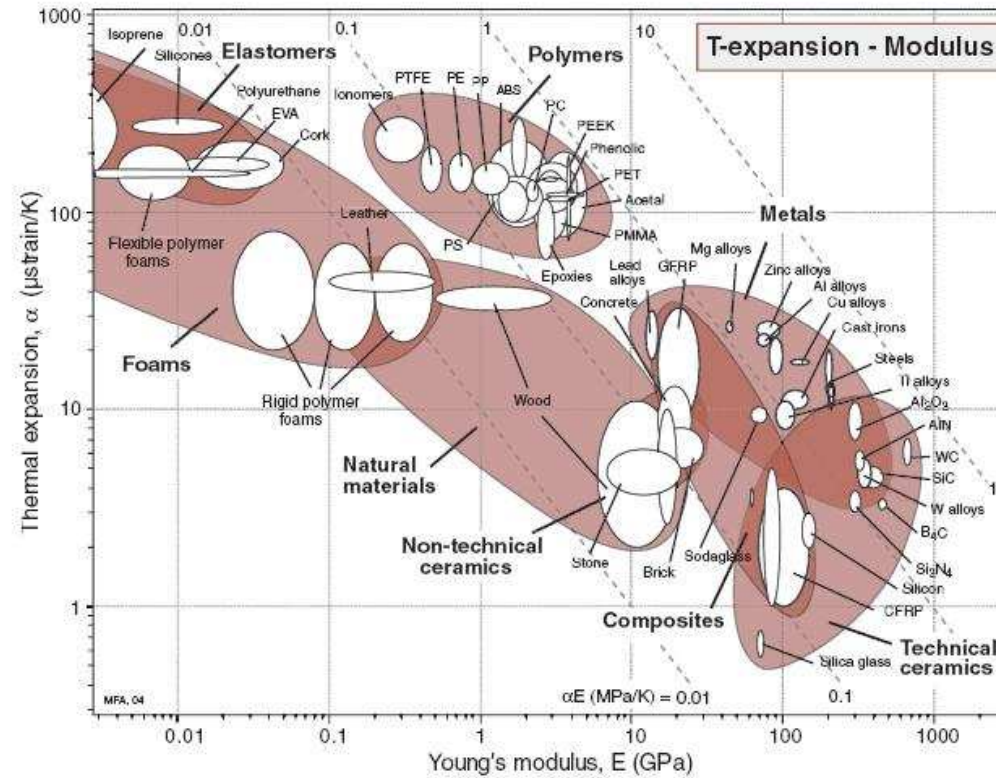


Figure 4.13 The linear expansion coefficient, α , plotted against Young's modulus, E . The contours show the thermal stress created by a temperature change of 1°C if the sample is axially constrained. A correction factor C is applied for biaxial or triaxial constraint (see text).

12. Mukavemet – Max. İşletme sıcaklığı Malzeme Özellik Kartı

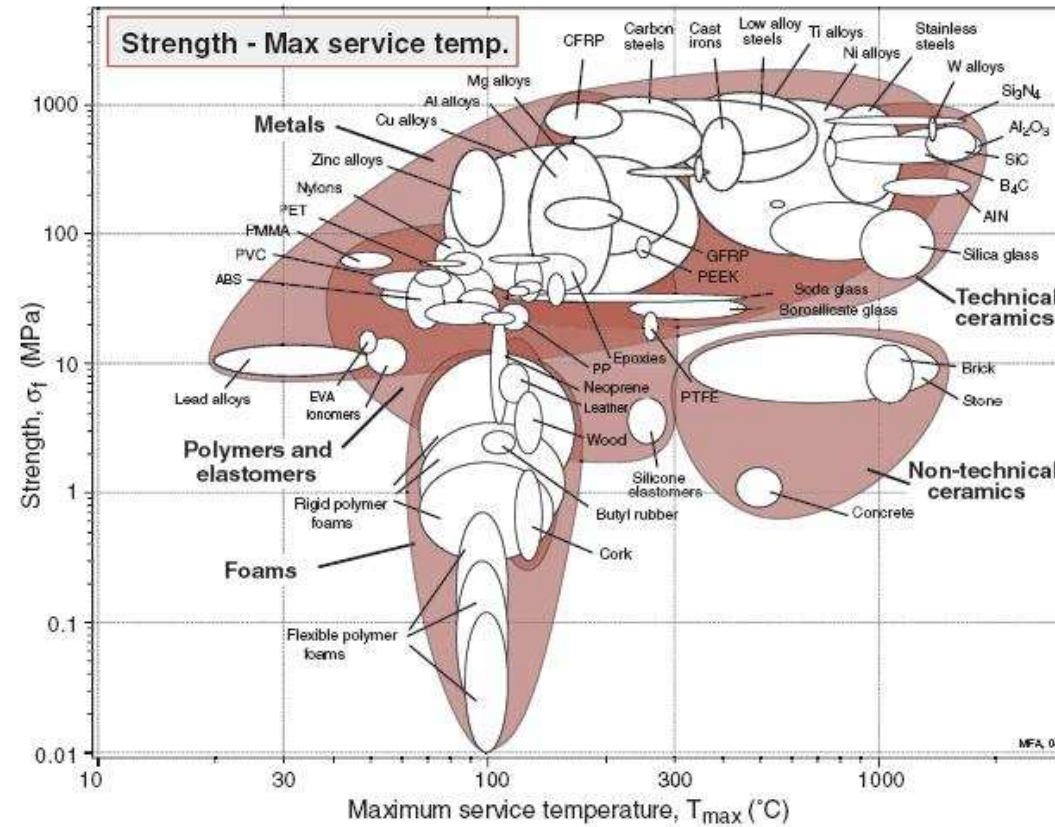


Figure 4.14 Strength plotted against maximum service temperature.

13. Sürtünme katsayısı Çubuk kartı

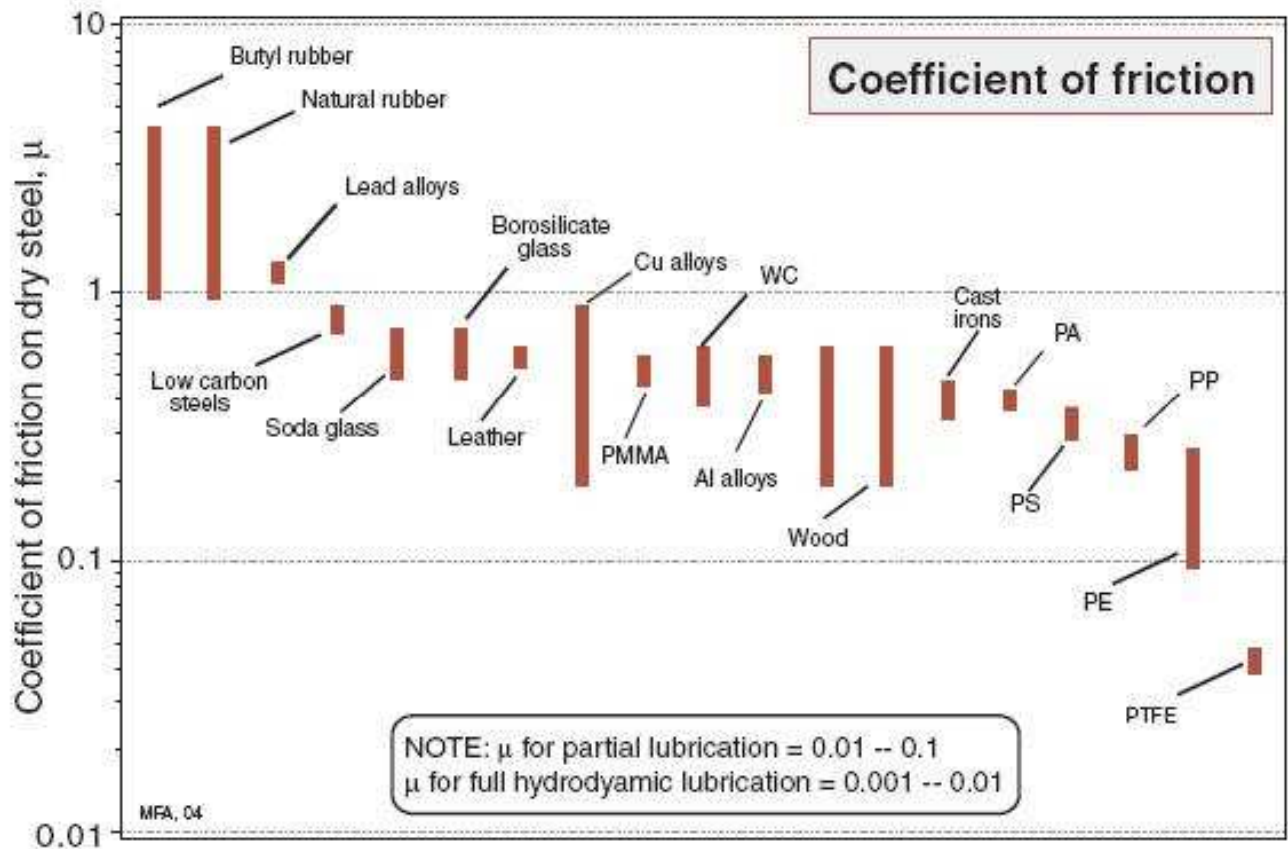


Figure 4.15 The friction coefficient μ of materials sliding on an unlubricated steel counterface.

14. Aşınma hızı – Sertlik Malzeme Özellik Kartı

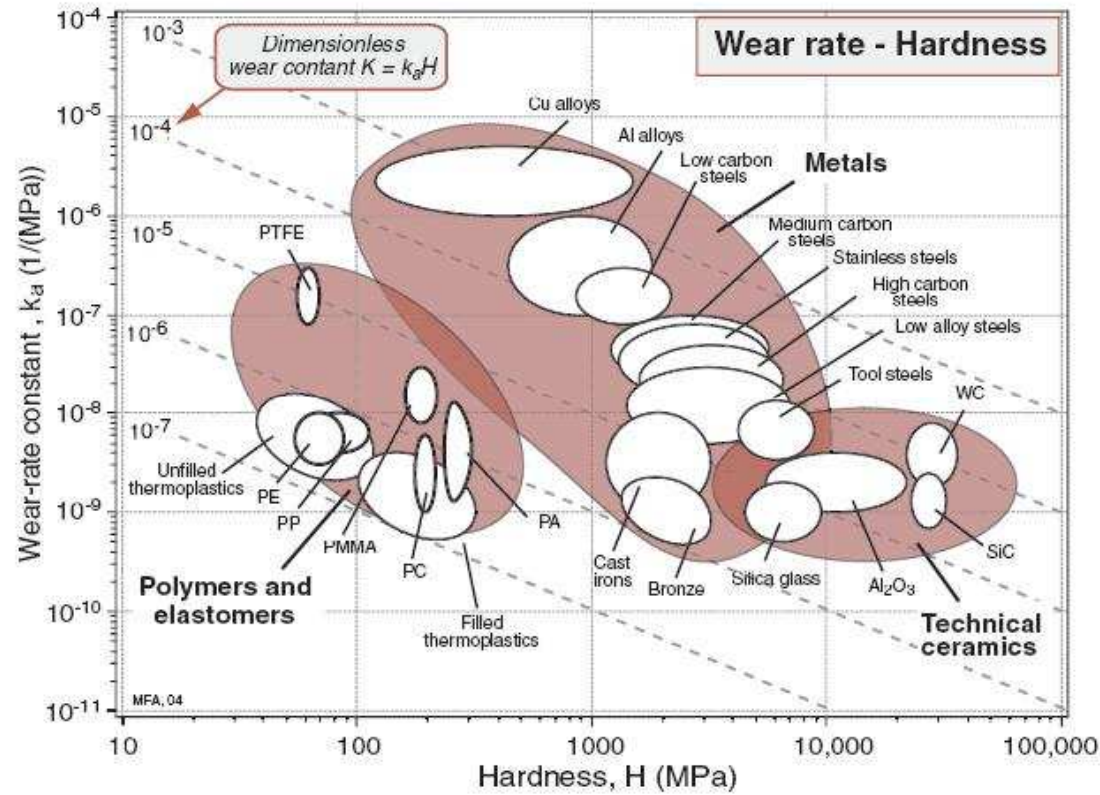
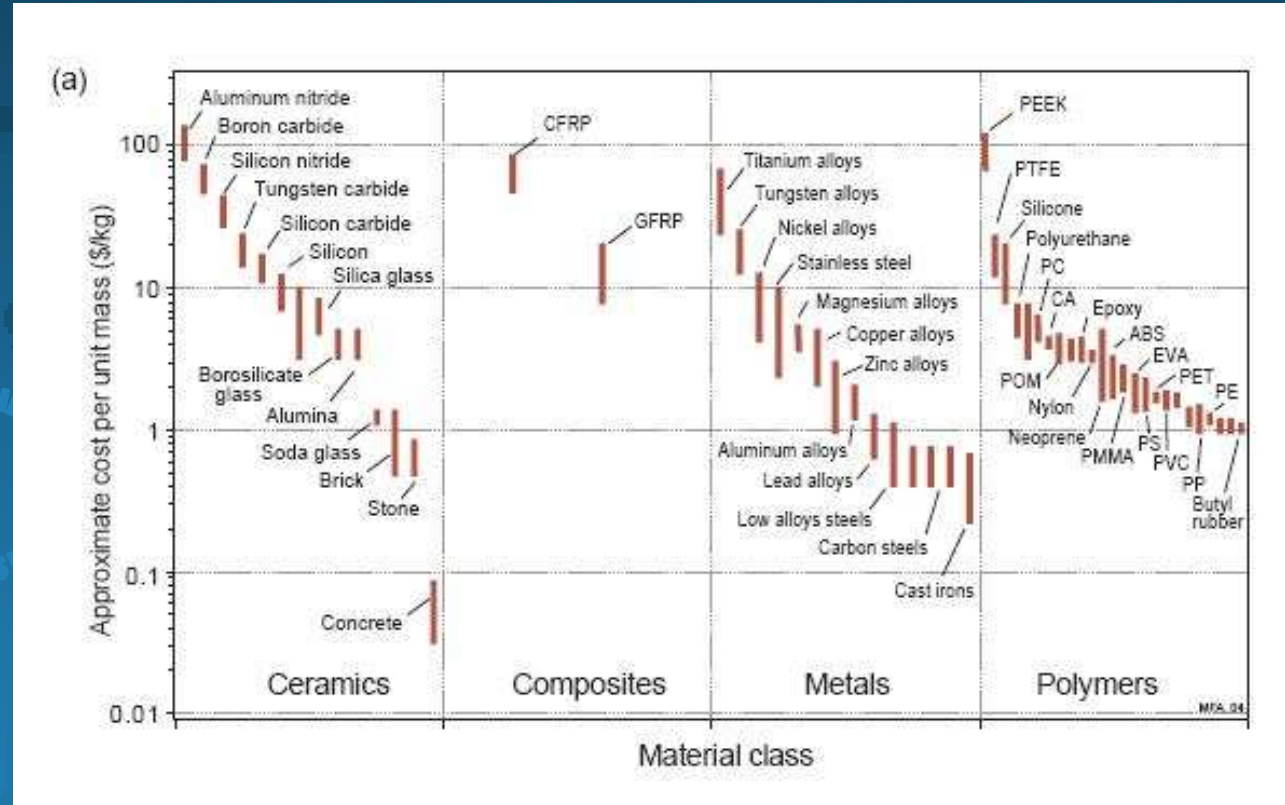


Figure 4.16 The normalized wear rate, k_a , plotted against hardness, H , here expressed in MPa rather than Vickers (H in MPa = $10H_v$). The chart gives an overview of the way in which common engineering materials behave.

15. Birim kütle başına yaklaşık fiyat Çubuk Kartı



16. Birim hacim başına yaklaşık fiyat Çubuk Kartı

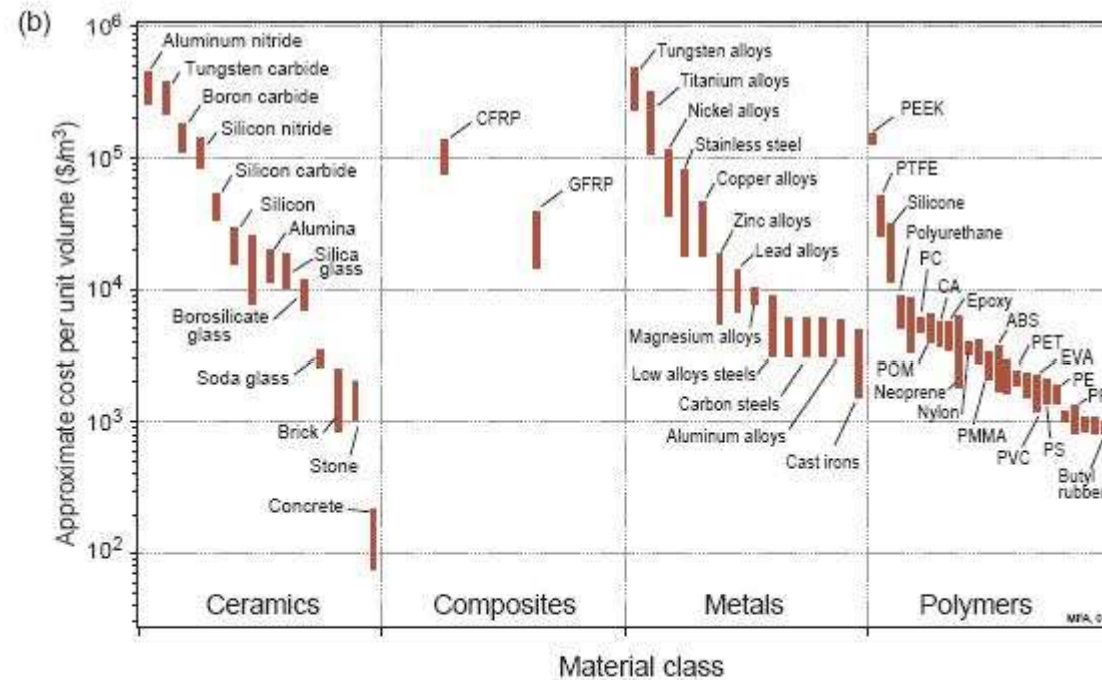


Figure 4.17 (a) The approximate cost/kg of materials. Commodity materials cost about \$1/kg special materials cost much more. (b) The approximate cost/m³ of materials. Polymers, because they have low densities, cost less per unit volume than most other materials.

17. Modül -Birim hacim başına relatif fiyat Malzeme Özellik Kartı

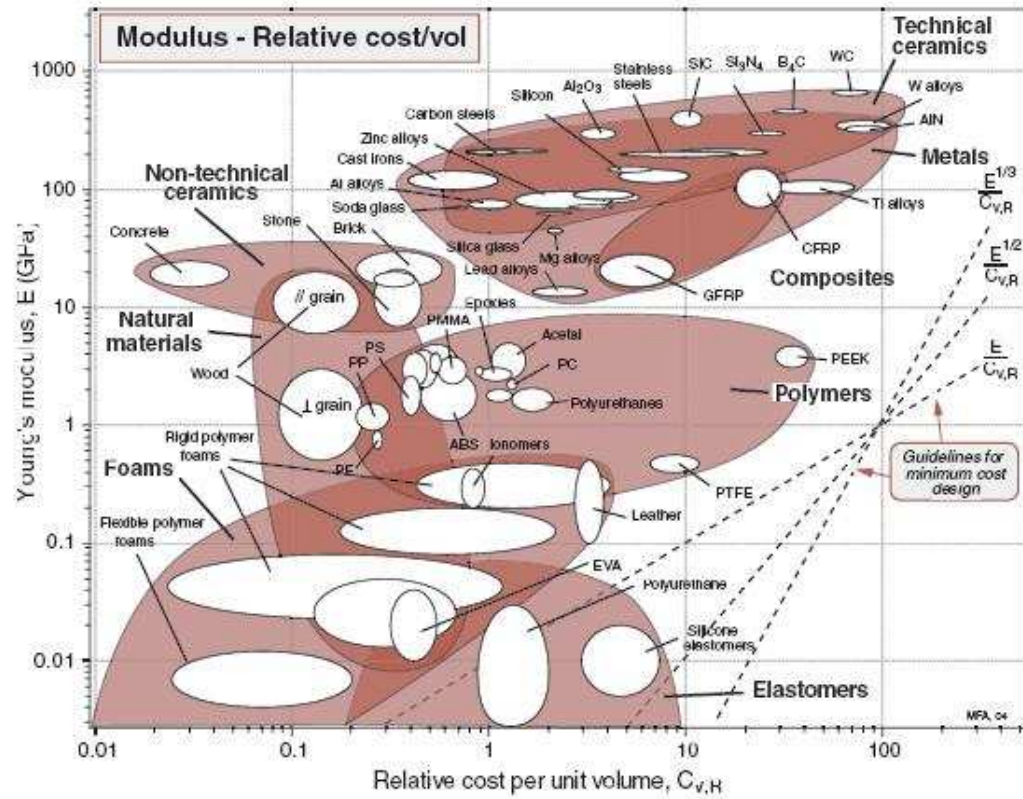


Figure 4.18 Young's modulus, E , plotted against relative cost per unit volume, $C_{v,R}$. The design guidelines help selection to maximize stiffness per unit cost.

18. Mukavemet - Birim hacim başına relatif fiyat Malzeme Özellik Kartı

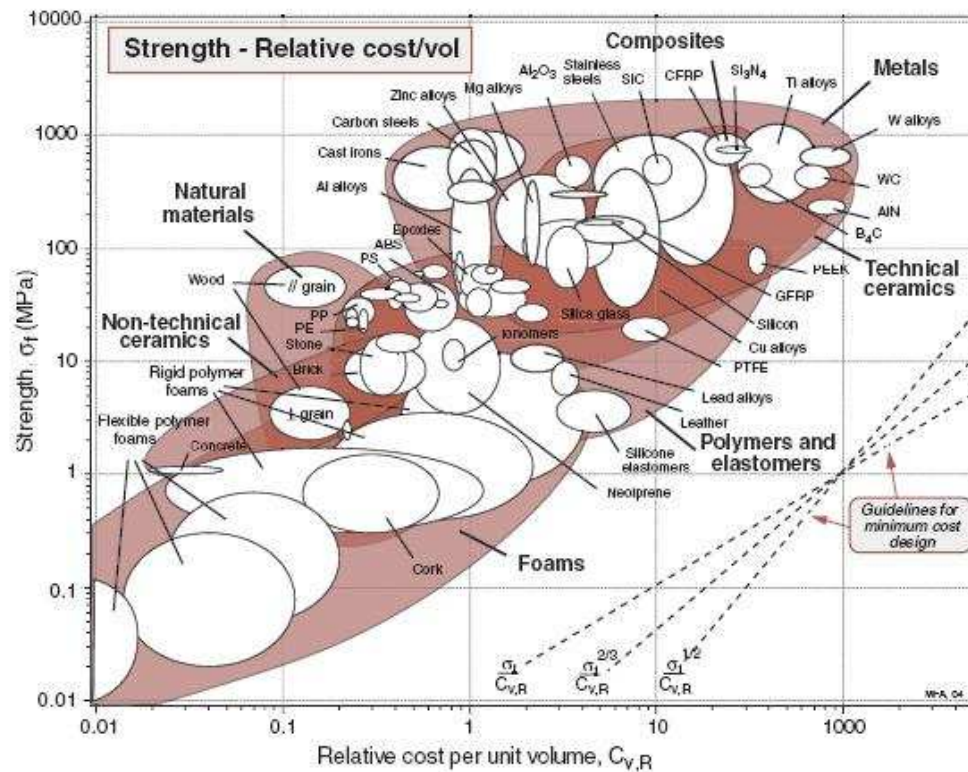


Figure 4.19 Strength, σ_t plotted against relative cost per unit volume, $C_{v,R}$. The design guidelines help selection to maximize strength per unit cost.



BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

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



BALIKESİR



ÜNİVERSİTESİ



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