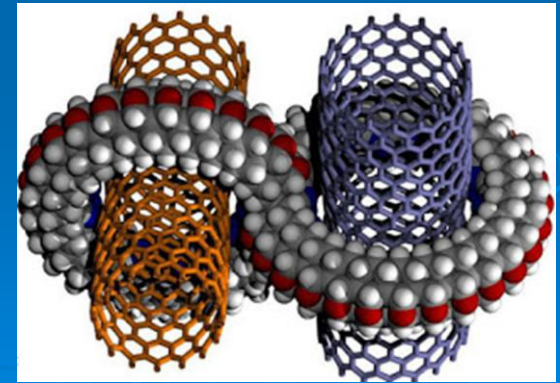
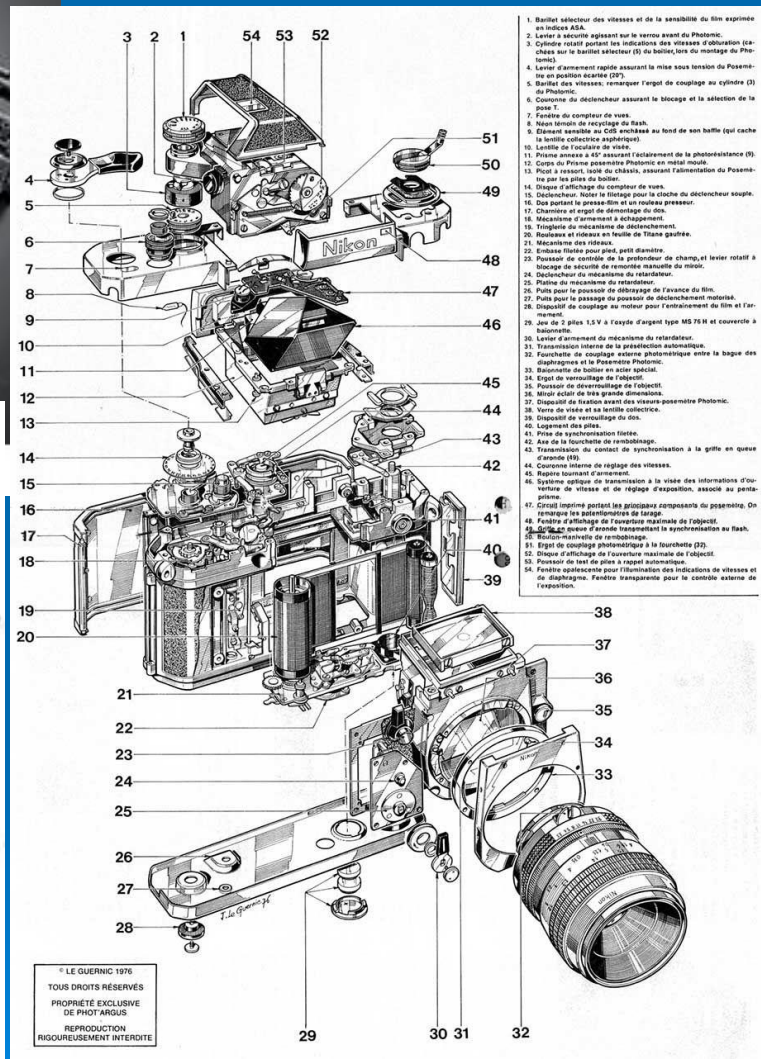
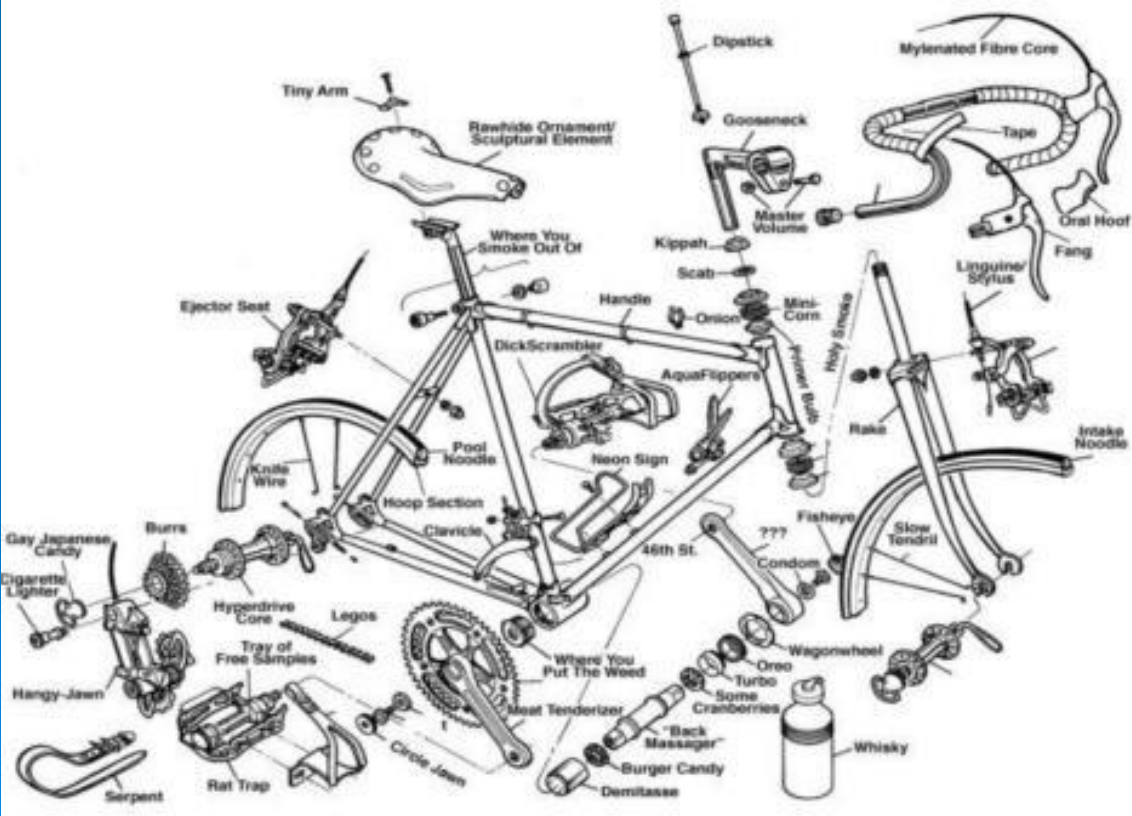


MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ

Malzeme Bilimi mühendisliğin temel ve en önemli konularından birisidir. Malzeme teknolojisindeki gelişim tüm mühendislik dallarını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir.





© LE GUERNIC 1976
 TOUS DROITS RÉSERVÉS
 PROPRIÉTÉ EXCLUSIVE
 DE PHOTARGUS
 REPRODUCTION
 RIGOREUSEMENT INTERDITE

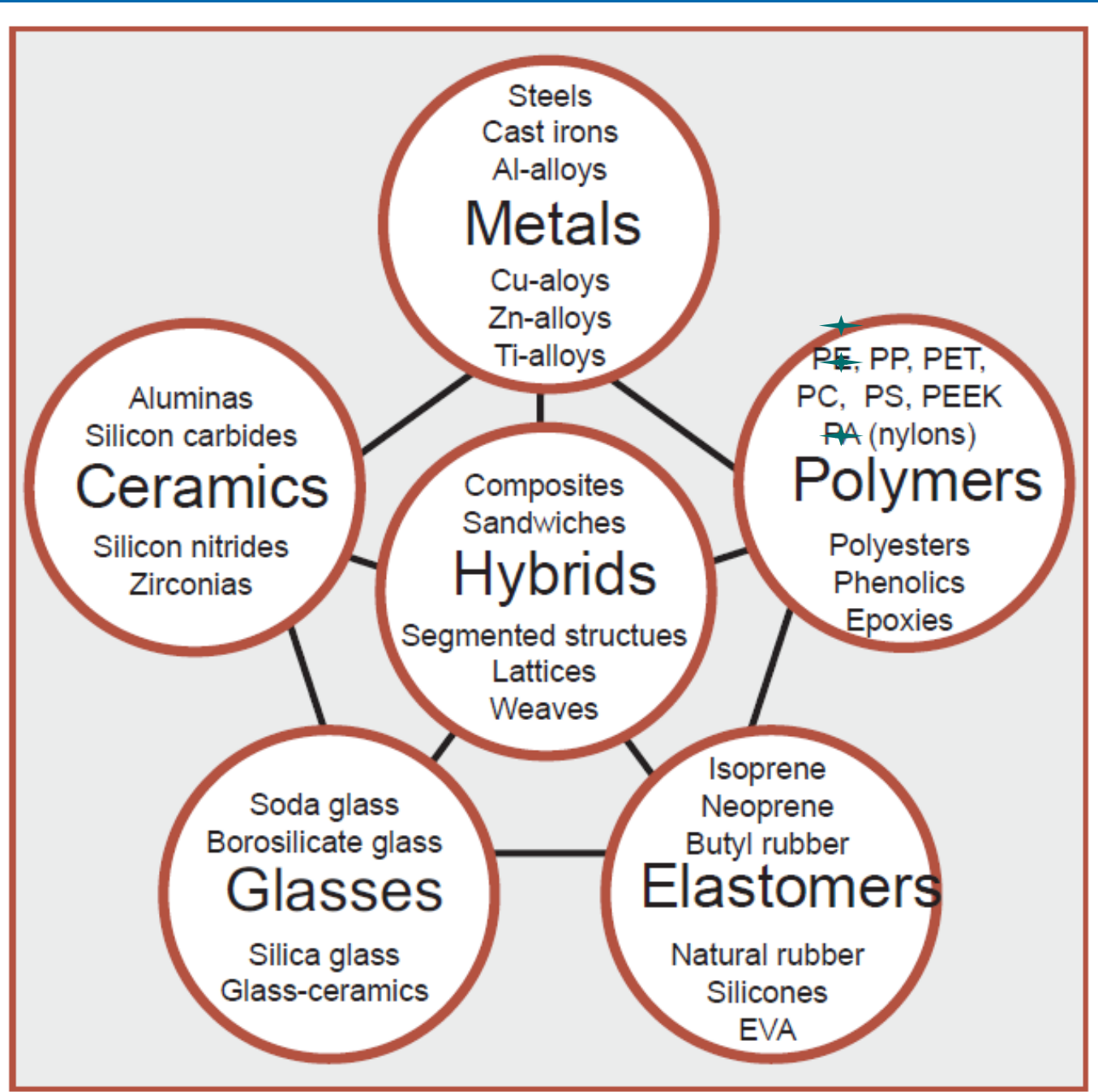
Malzemeler genel olarak 4 ana sınıfa ayrılabilirler:

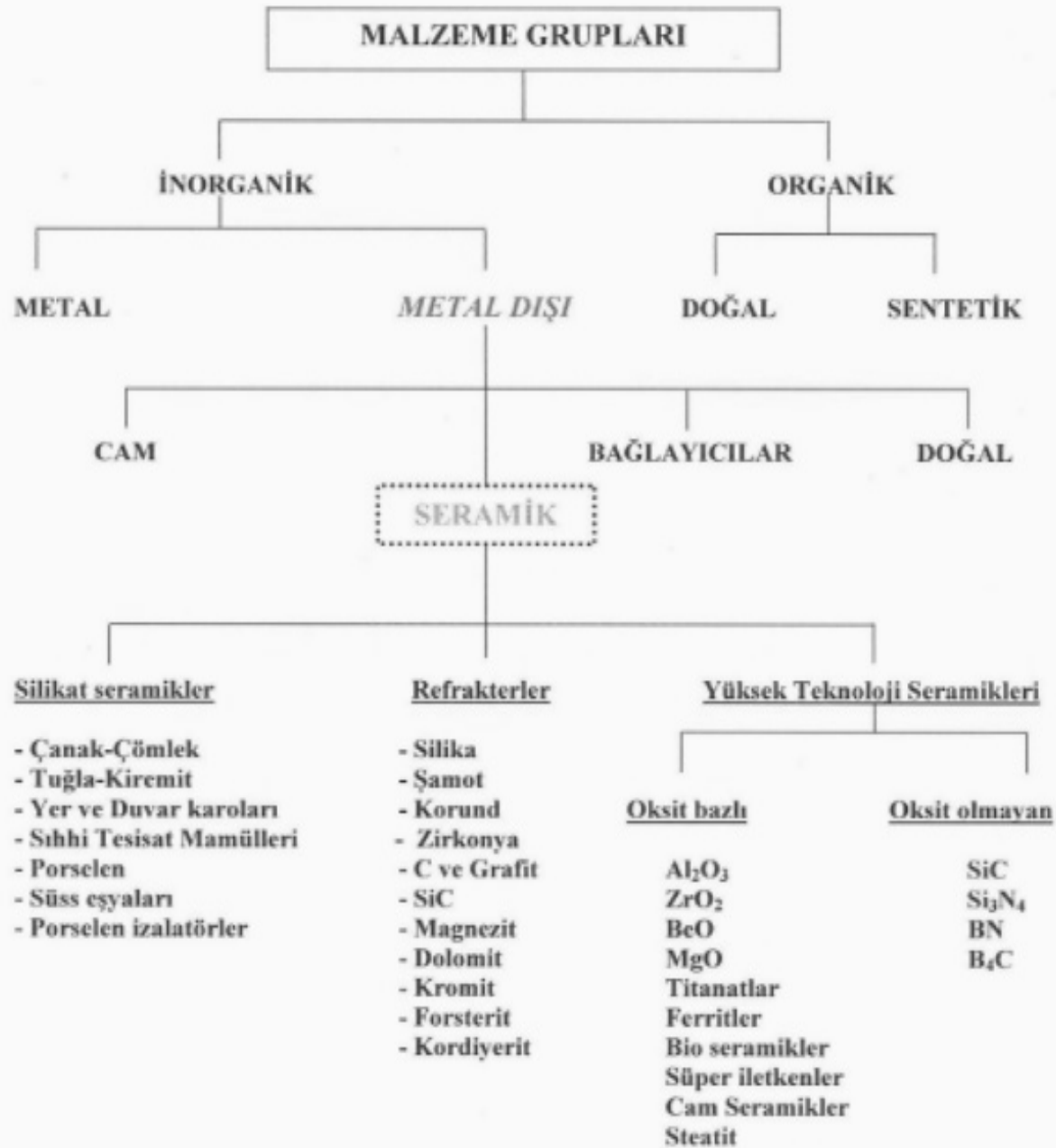
1. Metaller,

2. Seramikler,

3. Polimerler

4. Kompozitler.





MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ

Metaller

Seramikler

Plastikler

Kompozitler
(matrise göre)

Demir esaslı

Demir dışı

Termoplastik

Polimer Matris

Çelik

Ağır metaller

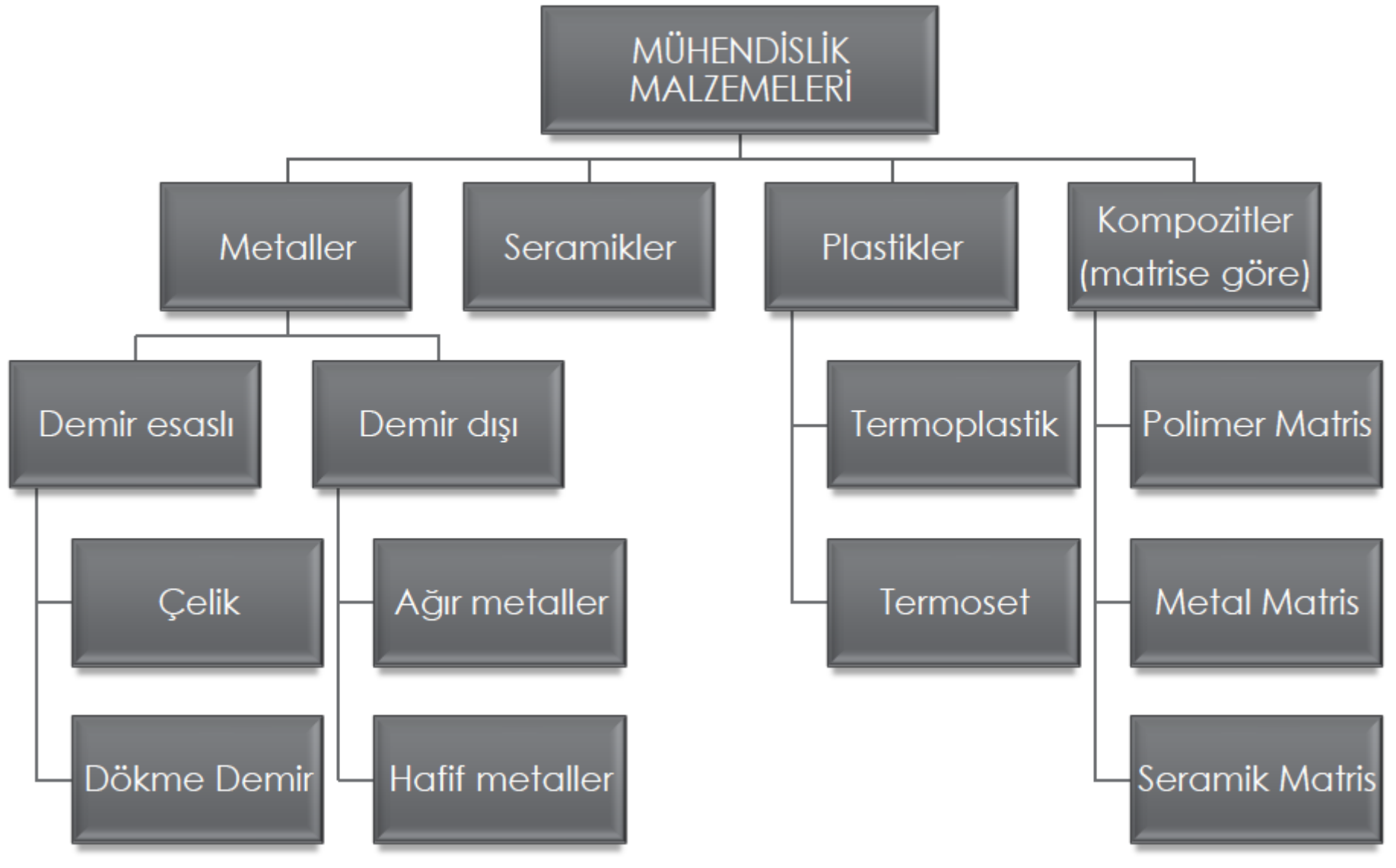
Termoset

Metal Matris

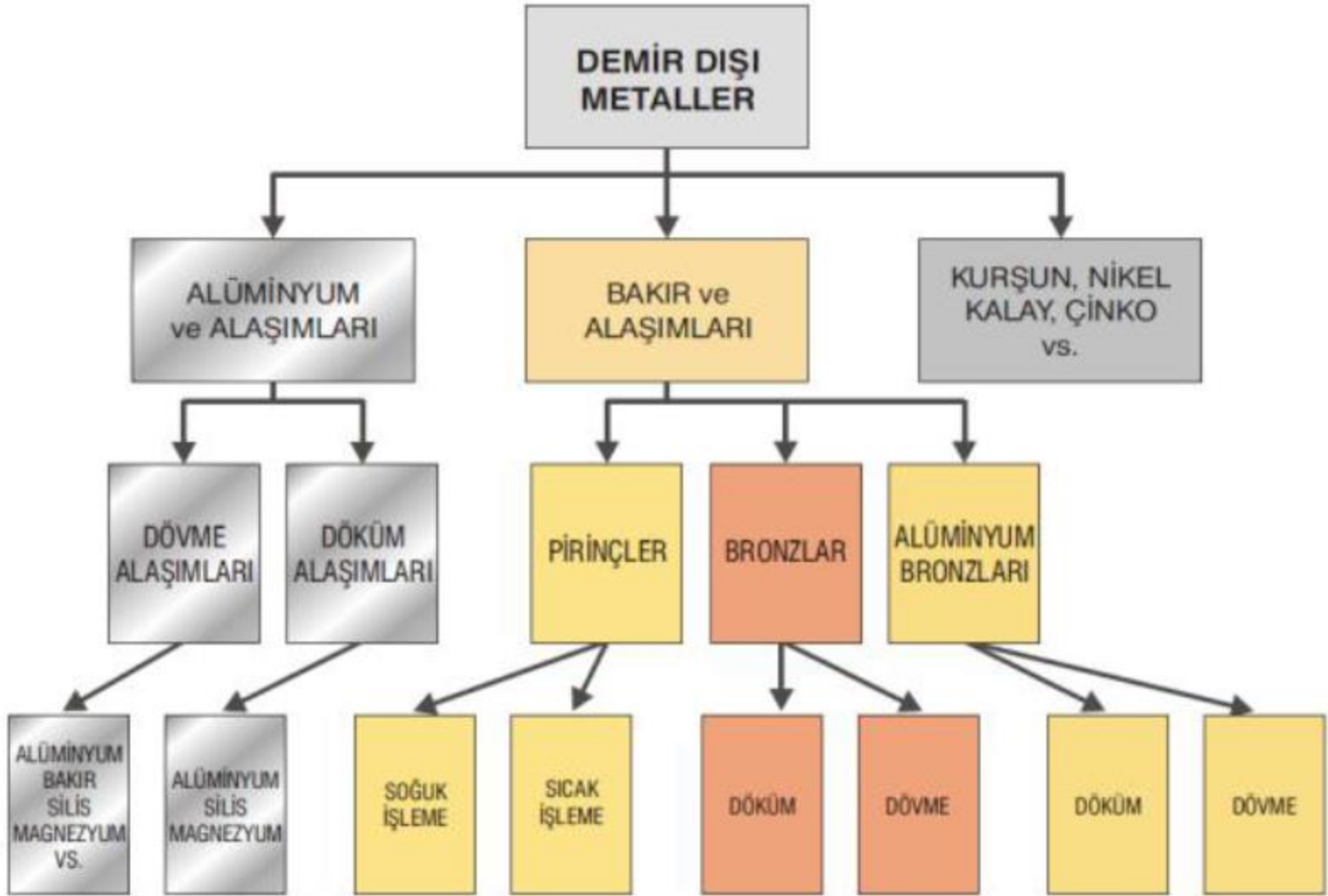
Dökme Demir

Hafif metaller

Seramik Matris



MÜHÜR DİŞİ MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI



MALZEME ÖZELLİKLERİ ve SI

BİRİMLERİ

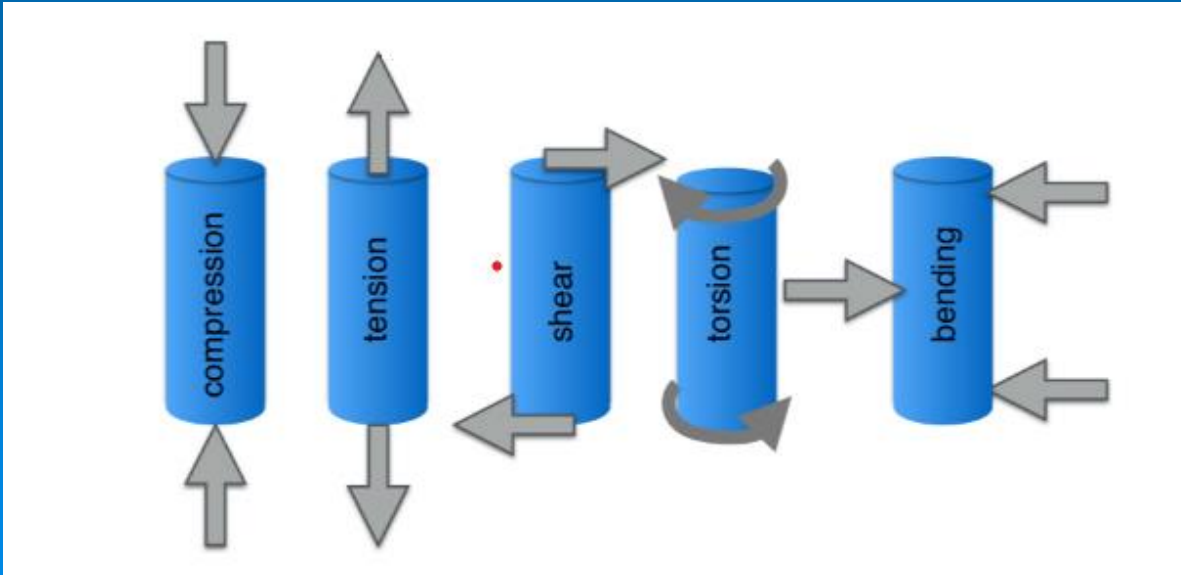
Class	Property	Symbol and units	
General	Density	ρ	(kg/m ³ or Mg/m ³)
	Price	C_m	(\$/kg)
Mechanical	Elastic moduli (Young's, shear, bulk)	E, G, K	(GPa)
	Yield strength	σ_y	(MPa)
	Ultimate strength	σ_u	(MPa)
	Compressive strength	σ_c	(MPa)
	Failure strength	σ_f	(MPa)
	Hardness	H	(Vickers)
	Elongation	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
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	Yes/No	
	Refractive index	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

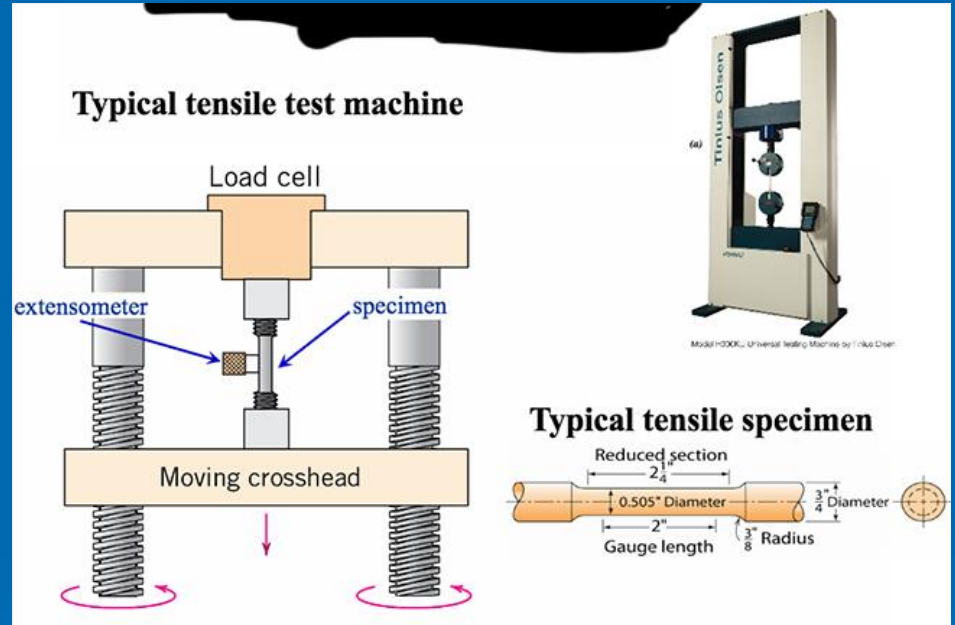
MALZEMELERİN TEMEL MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Çekme Testi

Malzemeler uygulamada yüklere veya kuvvetlere maruz kalırlar. Uygulanan bu yüklerin malzemedeki kalıcı deformasyona yol açmaması için ya belli bir değerin altında olması ya da bu yüklere dayançlı uygun bir malzeme kullanılması gerekmektedir.



Çekme testinde numuneye kendi uzunluğu boyunca tek eksen üzerinde kırılana kadar çekme kuvveti uygulanır. Yapılan test neticesinde malzemenin gerilme-gerinim ilişkisi ortaya çıkarılır. Gerilme;



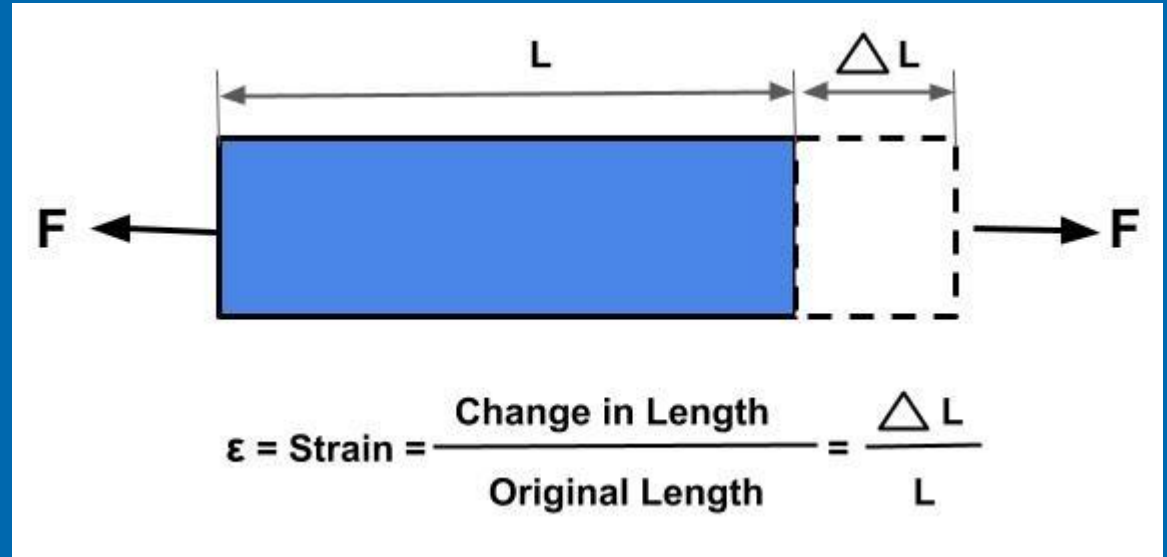
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Stress, $\sigma = \frac{\text{Force}}{\text{Cross-Sectional Area}} = \frac{F}{A_0}$

$$\text{Pa} = \text{N/m}^2$$

Gerinim ise;

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$



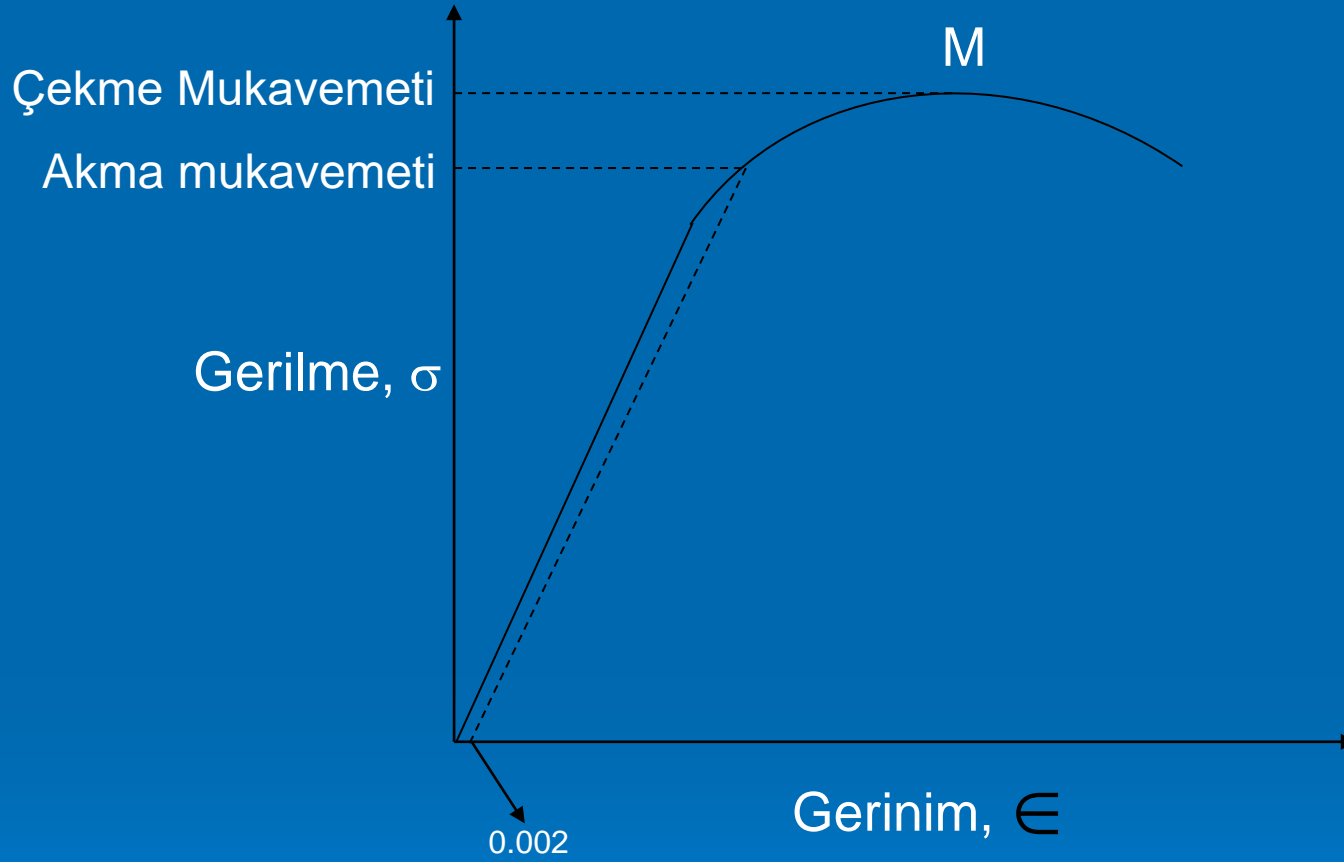
Birim şekil değiştirme

Burada l_0 numunenin ilk boyu, l_i ise kuvvet uygulandıktan sonraki anlık boyudur.

Oldukça düşük gerinim hızı seviyelerinde çekmeye tabi tutulan metallerin büyük bir bölümü için elastik bölgede gerilme-gerinim ilişkisi aşağıdaki gibidir:

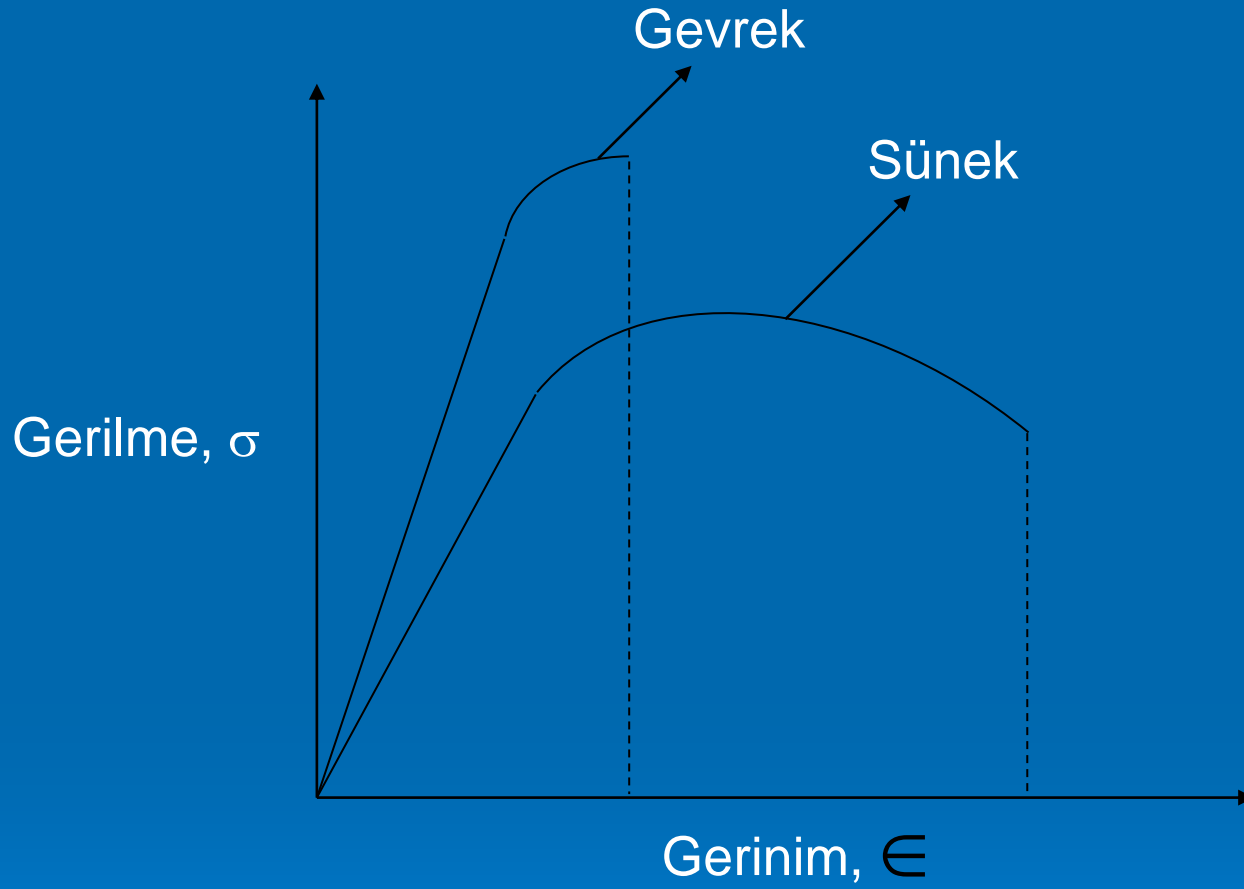
$$\sigma = E \epsilon$$

Bu denklem Hooke kanunu olarak, E ise elastisite modülü olarak bilinir.



Tipik bir gerilme-gerinim çizelgesi

Süneklik diğer önemli bir mekanik özelliktir. Malzemenin kırılmasına kadar olan plastik deformasyonun bir ölçüsüdür. Gevrek malzemeler kırılmadan önce ya çok az plastik deformasyona uğrarlar ya da hiç plastik deformasyona uğramazlar.



Sünek ve gevrek malzemelerin gerilme-gerinim ilişkisi

Süneklik % uzama veya % kesit daralması şeklinde tanımlanabilir.

$$\% \text{ Uzama} = \frac{(l_{\text{son}} - l_{\text{ilk}})}{l_{\text{ilk}}} \cdot 100$$

$$\% \text{ Kesit daralması} = \frac{A_{\text{ilk}} - A_{\text{son}}}{A_{\text{ilk}}} \cdot 100$$

Basma testi

Şayet uygulamada malzeme üzerindeki kuvvet basma şeklinde ise malzemeye basma testi uygulayarak basma mukavemeti bulunabilir. Basma testi, uygulanan basma kuvveti hariç, çekme testine benzer bir şekilde gerçekleştirilir.

Sertlik

Sertlik malzemenin bölgesel deformasyona karşı direncinin ölçüsüdür. Çeşitli sertlik deneyleri mevcut olup en çok kullanılanı Brinell ve Rockwell sertlik deneyleridir. Vickers ve Knoop deneyleri mikrosertlik deneyleridir. Bu deneylerde çok küçük izler oluşturulur ve mikroskop ile ölçülür

Darbe Tokluğu Testi

Tokluk malzemenin kırılana kadar enerji absorbe etme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Malzemelerin darbe tokluğunu ölçmek için Charpy deneyini de içeren birçok darbe test yöntemi tasarlanmıştır. Numuneler çentikli veya çentiksiz olabilir. Darbe deneyinde h_0 yüksekliğinden bırakılan ağır sarkaç yarım yay şeklinde sallanarak numuneye çarpar.

METALLER VE ALAŞIMLARI

Katı malzemeler atomların birbirine göre düzenliliği referans alınarak sınıflandırılabilir. Atomik dizilme, katı bir malzemenin mikroyapı ve davranışını belirlemede önemli bir rol oynar.

Metallerde bazı atomik dizilmeler çok iyi süneklik sağlarken, bazılarında ise çok iyi dayanıma neden olur. Metaller, birçok seramik ve bazı polimerlerde atomlar uzun-mesafeli diziliş düzeni sergilerler. Bu şekildeki yapılara kristal malzemeler denir.

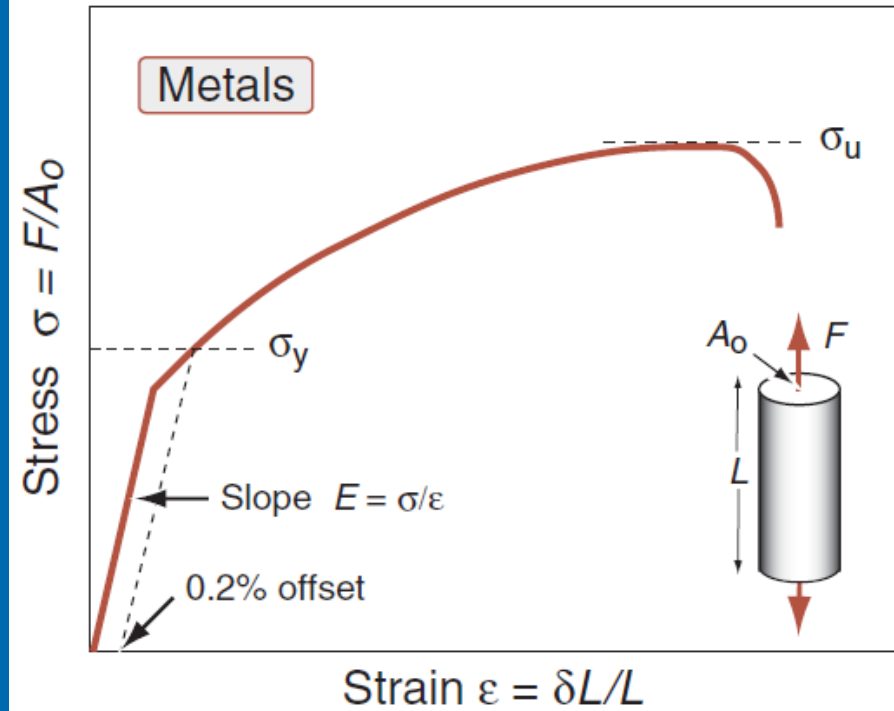
Metaller

Mühendislikte kullanılan malzemelerin önemli bir kısmı metaller ve bu metallerin alaşımlardır. Metallerin karakteristik özelliklerini aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür:

- ❑ Kristal yapıdadırlar.
- ❑ Dayanımları yüksektir.
- ❑ Kolay şekillendirilebilirler
- ❑ Toklukları yüksektir, yani kırılma değerleridir.
- ❑ Basma dayanımları, çekme dayanımlarına yaklaşık eşittir.
- ❑ Korozyon dayanımı genellikle düşüktür.
- ❑ Yüksek elektrik ve ısı iletkenlikleri vardır.
- ❑ Şeffaf değildirler, ancak parlak görünüme sahiptirler.

Metaller büyük bir ailedir ve birçok mühendislik alaşımlarının esasını oluştururlar ve genellikle iki grup olarak ele alınırlar:

- ❑ Demir Esaslı Metal ve Alaşımları (dökme demir ve çelikler)
- ❑ Demir Dışı Metal ve Alaşımları (alüminyum, magnezyum, bakır, titanyum, nikel, çinko ve alaşımları ...)



Tungsten cevheri



Demir cevheri



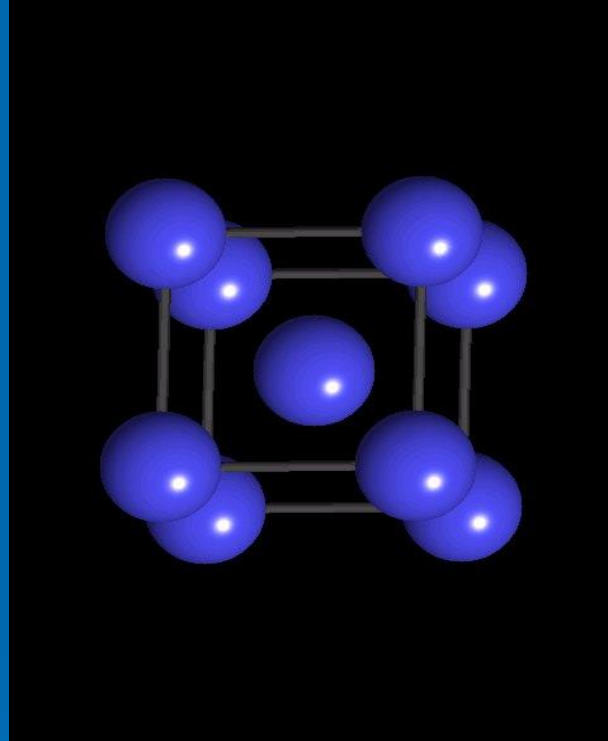
Bakır cevheri

Metallerde en yaygın olarak görülen kristal çeşitleri;

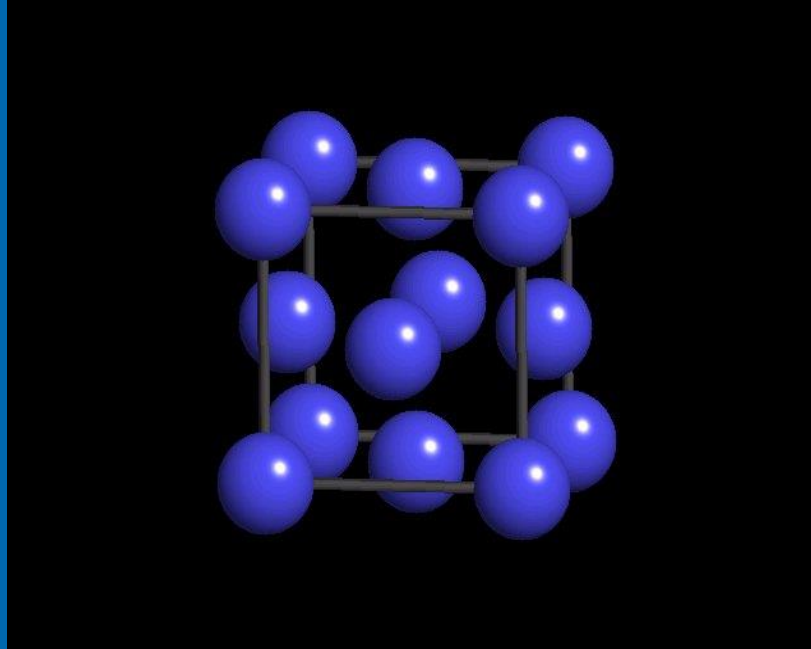
1) Hacim merkezli küp (BCC),

2) Yüzey merkezli küp (FCC) ve

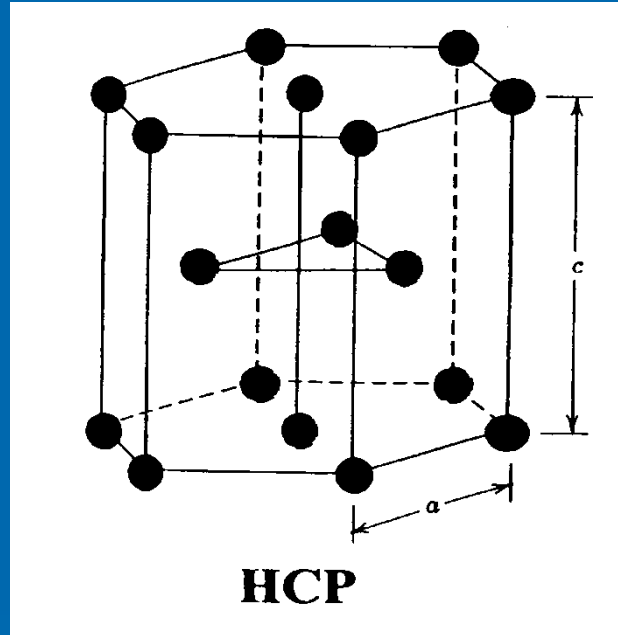
3) Hekzagonal sıkı paket (HCP) yapılarıdır.



BCC kristal yapısı

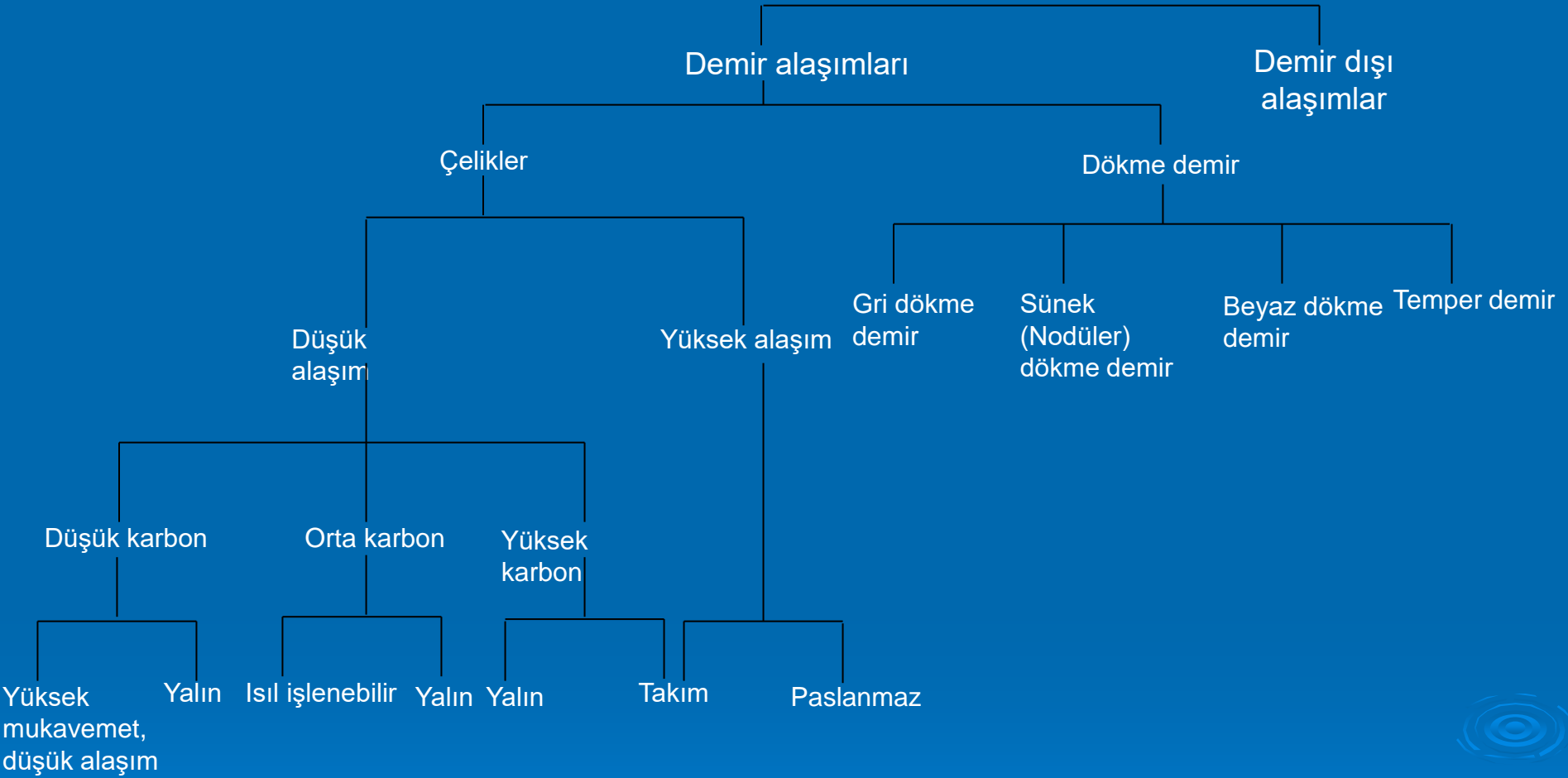


FCC kristal yapısı



HCP kristal yapısı

Metal alaşımlar

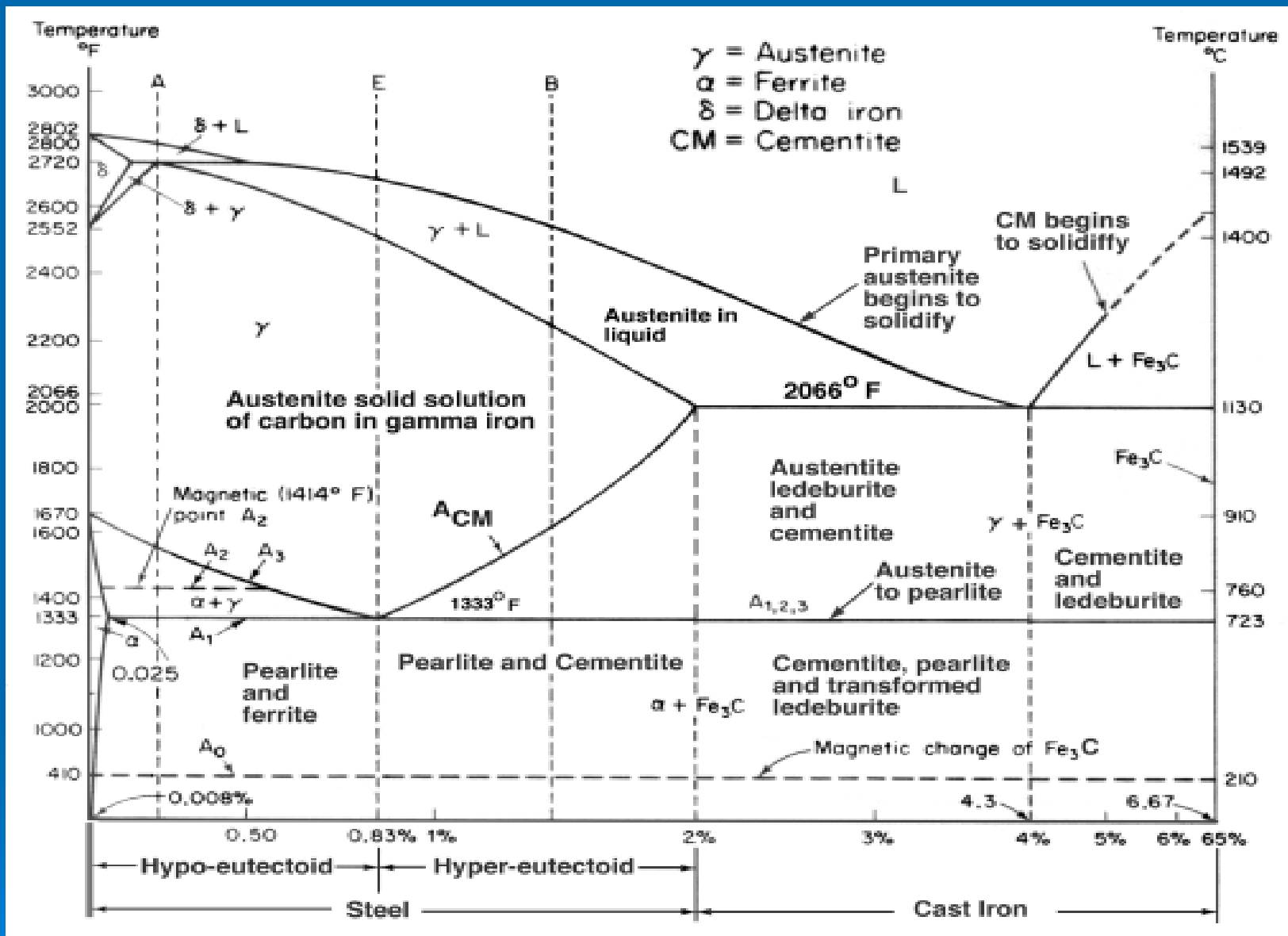


Farklı demir alaşımlarının sınıflandırılması

Demir Alaşımları

Demir alaşımları (Ana bileşen demir) diğer metal ve alaşımlara oranla çok daha büyük miktarlarda üretilip, kullanılan malzemelerdir. Bunlar özellikle mühendislik yapı malzemesi olarak çok önemlidirler.

En önemli demir alaşımları, ÇELİK ve DÖKME DEMİR'dir.



Demir Karbon Faz Diyagramı

Çelikteki değişik yapılar

$\gamma = \text{Östenit}$

$\alpha = \text{Ferrit}$

$\alpha + \text{Fe}_3\text{C} = \text{pörlit}$

Çelikler demir-karbon alaşımı olup diğer alaşım elementlerini de belli oranda içerebilir. Binlerce farklı kompozisyonda ve/veya farklı ısıl işleme sahip çelik çeşiti mevcuttur. Mekanik özellikler kompozisyona ve uygulanan ısıl işleme bağlıdır.







Düşük Karbonlu Çelikler

Tüm çelikler arasında en büyük miktarda üretilen çelikler bu guruba girer. Genellikle % 0.25'den daha az karbon içerirler. Bu tip çeliklerde ısıtma işlemi martensit yapısı elde edilemediği için mukavemetlerinin artırılması ancak soğuk işleme ile mümkündür.



© Corbis

Orta Karbonlu Çelikler

Orta karbon çelikleri % 0.25 - % 0.60 arasında karbon oranı içeren çeliklerdir. Bu alaşımlar ısıl işleme (östenitleme, hızlı soğutma ve menevişleme) tabi tutularak mekanik özellikleri iyileştirilebilir. Yalnız orta karbonlu çelikler düşük sertleştirilebilirliğe sahiptirler bundan dolayı sadece çok ince kesitleri uygun bir şekilde sertleştirilebilir.

Yüksek Karbonlu Çelikler

Yüksek karbon çelikleri % 0.60 - % 1.4 arasında karbon içeren en sert, en dayanıklı ve en düşük süneklığe sahip karbon çelikleridir. Bu çelikler yüksek aşınma dayancına sahip olup neredeyse tamamı sertleştirilmiş ve menevişlenmiş halde kullanılırlar. Takım ve kalıp çelikleri yüksek karbon alaşımları olup, genellikle krom, vanadyum, tungsten ve molibdenyum içerirler.

Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler değişik ortamlarda korozyona (paslanmaya) karşı oldukça yüksek direnç gösteren çeliklerdir. Bu malzemelerin temel alaşım elemanı krom olup çelikteki ağırlık oranı en az % 11 olmalıdır. Korozyon dayancı nikel ve molibdenyum eklenerek artırılabilir. Paslanmaz çelikler mikro-yapılarına göre üç kısma ayrılır: martensitik, ferritik, östenitik.

Yalın karbon ve düşük alaşımlı çelikler için AISI/SAE adlandırması

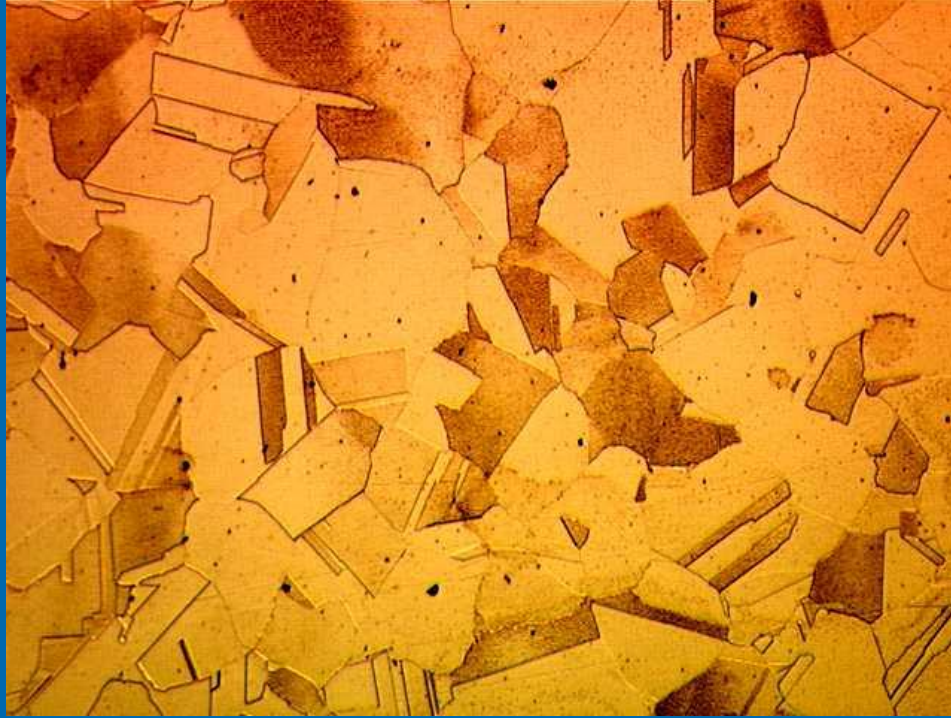
AISI/SAE numarası ^a	Kompozisyon Aralıkları (% ağı.) ^b			
	Ni	Cr	Mo	Diğer
10xx				
11xx				0.08-0.33 S
12xx				0.10-0.35 S 0.04-0.12 P
13xx				1.60-1.90 Mn
40xx			0.20-0.30	
41xx		0.80-1.10	0.15-0.25	
43xx	1.65-2.00	0.40-0.90	0.20-0.30	
51xx		0.70-1.10		
61xx		0.50-1.10		0.10-0.15 V
86xx	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	

Bazı karbon ve yüksek mukavemet - düşük alaşım çelikleri için mekanik özellikler

AISI numarası	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Süneklik (% Uzama)
Karbon Çelikleri			
1010	325	180	28
1020	380	205	25
1040	605-780	430-585	33-19
1095	760-1280	510-830	26-10
Yüksek Mukavemet - Düşük Alaşım Çelikleri			
4063	786-2380	710-1770	24-4
4340	980-1960	895-1570	21-11
6150	815-2170	745-1860	22-7

Paslanmaz ve çökeltme sertleşmeli çeliklerin kompozisyonları ve mekanik özellikleri

AISI numarası	Çelik Tipi	Kompozisyon (% ağı.)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Süneklik (% Uzama)
409	Ferritik	0.08 C, 11.0 Cr, 1.0 Mn, 0.50 Ni, 0.75 Ti	380	205	20
446	Ferritik	0.20 C, 25 Cr, 1.5 Mn	515	275	20
304	Östenitik	0.08 C, 19 Cr, 9 Ni, 2.0 Mn	515	205	40
316L	Östenitik	0.03 C, 17 Cr, 12 Ni, 2.5 Mo, 2.0 Mn	485	170	40
410	Martensitik	0.15 C, 12.5 Cr, 1.0 Mn	485-825	275-620	20-12
17-7PH	Çökeltme-sertleşmeli	0.09 C, 17 Cr, 7 Ni, 1.0 Al, 1.0 Mn	1450	1310	1-6



Östenitik paslanmaz çeliğin mikroyapısı



Yüksek mukavemet düşük alaşım çeliğinin
temperlenmiş martensit mikroyapısı

Dökme Demirler

Dökme demirler genellikle % 2.4'ün üzerinde karbon içeren demir alaşımları olup, pratikte dökme demirlerin çoğunluğu % 3.0 - % 4.5 arasında karbon ile birlikte diğer alaşım elementlerini içerir. Genel olarak dökme demirler:

1. Gri Dökme Demir
2. Sünek (veya Nodüler) Dökme Demir
3. Beyaz Dökme ve Temper (Malleable) Demir, şeklindedir.

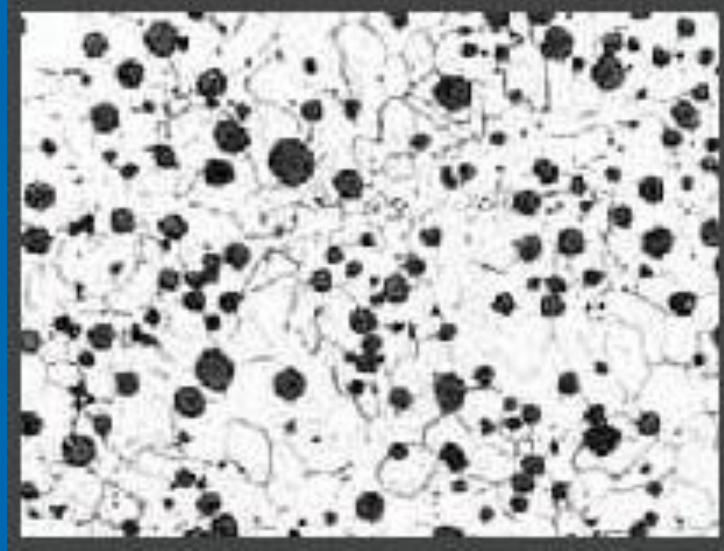
Bazı dökme demirlerin mekanik özellikleri

Kod No	Kompozisyon	Matris Yapı	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Süneklik (% Uzama)
Gri Dökme Demir					
SAE G1800	3.4-3.7C, 2.55Si, 0.7Mn	Ferrit + Pörlit	124	-	-
SAE G4000	3.0 – 3.3C, 2.20Si, 0.8Mn	Pörlit	276	-	-
Sünek Dökme Demir					
ASTM A536 60-40-18	3.5-3.8C, 2.0-2.8Si, 0.05Mg	Ferrit	414	276	18
ASTM A536 60-40-18	3.5-3.8C, 2.0-2.8Si, 0.05Mg	Menevişlenmiş martensit	827	621	2
Temper Dökme Demir					
32510	2.3-2.7C, 1.0-1.75Si <0.55Mn	Ferrit	345	224	10
45006	2.4-2.7C, 1.25-1.55Si <0.55Mn	Ferrit + Pörlit	448	310	6





Gri dökme demirin mikroyapısı



Sünek dökme demirin mikroyapısı



Beyaz dökme demirin mikroyapı görünümü

Aluminyum ve Alaşımları

Aluminyum ve alaşımları çeliğe oranla oldukça düşük yoğunlukları (2.7 g/cm³), yüksek elektrik ve ısıl iletkenlikleri ve atmosfer şartları da dahil olmak üzere bir çok ortamda korozyona karşı yüksek dayanımları olan malzemelerdir. Bu alaşımların çoğu yüksek snekliklere sahip olmalarından dolayı kolayca şekillendirilebilmektedir.

Mühendislik malzemeleri olarak alüminyum alaşımları ve diğer düşük yoğunluklu malzemeler (örneğin, Mg ve Ti) yakıt tüketiminde büyük azalma sağladıkları için taşımacılık sektöründe özel bir önem kazanmışlardır.

Bu malzemelerin sahip oldukları önemli avantaj özgül mukavemetlerinin (Mukavemet/yoğunluk) çok yüksek değerlerde olmasıdır.



Bakır ve Alaşımları

Saf bakır çok yumuşak ve sünek olduğu için işlenmesi çok zordur. Fakat soğuk işlemeye karşı çok büyük bir kapasitesi bulunmaktadır. Bakır deniz suyu ve bazı endüstriyel kimyasallarda dahil pek çok ortamda çok iyi korozyon dayancına sahiptir. Bakırın mekanik ve korozyon dayanımı alaşımlama yapılarak artırılabilir.

Bakır alaşımlarından en çok bilineni pirinçler olup temel alaşım elemanı çinkodur. Bronzlar da bakır alaşımı olup kalay, alüminyum, silisyum ve nikel içerirler. Bronzlar pirinçlere oranla daha yüksek mukavemet ve korozyon dayanımlarına sahiptirler.

Bazı bakır alaşımlarının özellikleri ve kullanım alanları

Alaşım Adı	İçerik (%)	İşlem Hali	Çekme Mukavemeti (MPa)	Süneklik (% Uzama)	Uygulama Alanları
Berilyum bakır	1.9 Be, 0.20 Co	Çökeltme sertleştirmeli	1140-1310	4-10	Yaylar, valfler
Kartuş pirinç	30 Zn	Tavlanmış Soğ. işlenmiş	300 525	68 8	Otomotiv radyatör kuru, mermi kovanı
Fosfor bronzu %5 A	5 Sn, 0.2 P	Tavlanmış Soğ. işlenmiş	325 560	64 10	Yaylar, diyaframlar, debriyaj diskleri
Bakır Nikel % 30	30 Ni	Tavlanmış Soğ. işlenmiş	380 515	36 15	Yoğuşturucu ve ısı değiştiricisi bileşenleri
Kalay bronzu	10 Sn, 2 Zn	Döküm	310	25	Rulman, piston halkası, dişliler

Magnezyum ve Alaşımları

Yapı malzemeleri arasında en düşük yoğunluğa sahip olan malzeme magnezyumdur (1.7 g/cm^3). Bundan dolayı magnezyum alaşımları hafif ağırlığın önemli olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Aluminyum, inko, manganez ve bazı nadir toprak elementleri başlıca alaşım elemanlarıdır. Magnezyum alaşımları uçak ve füze uygulamaları ile bagaj yapımında kullanılırlar.

Titanyum ve Alaşımları

Titanyum ve alaşımları nisbeten yeni mühendislik malzemeleri olup sıradışı özelliklere sahiptirler. Saf titanyumun yęunluęu 4.5 g/cm^3 olup, erime sıcaklığı $1668 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.

Titanyum alaşımları oda sıcaklığında çekme mukavemetleri 1400 MPa seviyesine kadar ulaşmaktadır. Buna ilaveten, bu alaşımlar yüksek süneklige ve kolay işlenebilirlik ve dövülme yeteneğine sahiptirler.

Refrakter Metaller

Çok yüksek erime sıcaklıklarına sahip metaller refrakter metaller olarak adlandırılırlar. Bu grup niyobiyum (Nb), molibdenyum (Mo), tungsten (W) ve tantalyum (Ta) metallerini içerir. Bu metallerde atomlararası bağlar çok kuvvetli olduğu için erime sıcaklıkları çok yüksektir. . Yüksek erime sıcaklıklarınının yanısıra bu metaller çok yüksek elastik modüllere, yüksek mukavemet ve sertliklere sahiptirler.

Bu metallerin kullanım alanları çeşitlidir. Örneğin paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımını artırmak için tantalyum ve molibdenyum alaşım elementleri olarak kullanılır. Molibdenyum alaşımları ekstrüzyon kalıplarında, uzay araçlarının yapı parçalarında, X-ışını tüplerinde ve kaynak elektrodlarında kullanılmaktadır.

Süperalaşımalar

Bu malzemeler içerdikleri ana bileşene göre sınıflandırılmaktadır. Bu ana bileşenler kobalt, nikel veya demirdir. Diğer alaşım elementleri refrakter metaller (Nb, Mo, W, Ta), krom ve titanyumdur. Süperalaşımaların çoğu uçak türbin bileşenlerinde, nükleer reaktörlerde ve petrokimya tesislerinde kullanılmaktadır.

Asal Metaller

Asal metaller sekiz elementten oluşan bir grup olup bazı ortak özellikleri bulunmaktadır. Bu malzemeler pahalı olmakla birlikte, karakteristik olarak yumuşak, sünek ve oksitlenmeye karşı çok dayanlıdırlar. Asal metaller, gümüş, altın, platinyum, palladyum, rodyum, rutenyum, iridyum ve osmiyumdur. Bunlardan ilk üçü mücevher yapımında kullanılmaktadır.

SERAMİKLER

Seramik malzemeler inorganik ve metal olmayan malzemelerdir. Seramiklerin çoğunluğu metal ve metal olmayan elementlerin oluşturduğu bileşiklerdir. Bu bileşiklerin oluşturduğu atomlararası bağ iyonik, kovalent veya iyonik + kovalent şeklindedir. Seramikler yapı olarak kırılğan, ergime sıcaklığı metal ve polimerlere oranla çok yüksek olan malzemelerdir. Bu malzemeler aynı zamanda düşük elektrik ve ısı iletkenliğine sahip olup, kimyasal ve ısı kararlılıkları oldukça yüksektir. En çarpıcı mekanik özellikleri ise yüksek basma mukavemetleridir.

Saf Oksit Seramikler

Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , ThO_2 , NiO , MgO , Fe_2O_3

Saf Karbür Seramikler

SiC , TiC , WC , UC , B_4C_3

Saf Nitrür Seramikler

BN , TiN , Si_3N_4 , AlN , ThN , UN

Kil ürünleri

Çoğu seramik malzemelerin ana bileşeni kil esaslı olup içerisinde kuvars gibi iri taneli malzeme ve akıcı özelliğe sahip feldspar ilave edilir. Feldsparlar aralarında $(K,Na)_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ 'inde bulunduğu bir grup minerale verilen isimdir. Malzemeler su karıştırılarak şekillendirilir, kurutulur ve pişirilir. Yüksek kil içeriği şekillendirme özelliğini iyileştirir ve daha karmaşık seramik yapıların üretilmesini sağlar.

Refrakterler

Refrakter malzemeler yüksek sıcaklıklarda yüksek orandaki gerinimlere dayanmak zorundadır. Yüksek ergime noktalarına sahip çoğu saf seramik malzemeler refrakter sınıfına girerler. Buna karşın saf oksitler pahalıdır ve istenilen şekle getirilmeleri zordur. Bunun yerine bilinen refrakterler, pişmiş kil (grog) olarak adlandırılan kaba oksit parçacıklarınının daha ince refrakter parçacıkları ile bağlanmalarından meydana gelir.

Oksit refrakter malzemeler asitik, bazik ve nötür olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Yaygın olarak kullanılan asitik refrakterler ateş killeri veya silis alumina seramiklerini içerirler. Saf SiO_2 iyi bir refrakter malzeme olup erimiş metallerin içerisine döküldüğü pota yapımında kullanılır.

Bazik refrakterler saf magnezyum oksit (MgO), manyezit (MgO 'ce zengin), dolomit ($\text{MgO}+\text{CaO}$), ve olivini (Mg_2SiO_4) içerir. Bazik refrakterler asitik refrakterlerden çok daha pahalıdır. Bununla birlikte çelik üretimi ve bilinen bazı yüksek sıcaklık işlemlerinde bazik refrakterler metal ile uyumluluk sağlaması açısından kullanılmak zorundadır. Nötür refrakterler kromit ve kromit-manyeziti içeren malzemelerdir.

Elektriksel ve Manyetik Seramikler

Seramikler çok çeşitli elektriksel ve manyetik özellik sergilerler. SiC içeren bazı seramikler fırın ısıtıcı eleman malzemesi yapımında kullanılırlar. Diğer bazı seramikler yarı-iletkenlik davranışına sahiptirler ve termistör ve redresör yapımlarında kullanılırlar.

Baryum titanatı içeren diğer bazı grup seramikler üstün dielektrik, piezoelektrik ve ferroelektrik davranışlar gösterirler. Özellikle baryum titanatın piezoelektrik davranışları malzemeyi kondensatör ve dönüştürücüler için cazip hale getirmektedir.

Camlar

Bilinen pek çok ticari camlar silis esaslıdır ve ergime sıcaklığının düşürülmesi ve ağ şeklindeki içi yapıyı bozmak için içerisine soda gibi düzenleyiciler katılır. Camın su içindeki yüksek çözünübilirliğini önlemek için kalsiyum oksit eklenir. Bilinen çoğu camlar yaklaşık % 75 SiO_2 , % 15 Na_2O ve % 10 CaO içeren sodalı ve kireçli camlardır. İyileştirilmiş optik kalite cam % 30 PbO içerdiğinde elde edilir. İçerisinde % 15 B_2O_3 bulunan camlar üstün kararlılığa sahiptirler ve cam laboratuvar malzemeleri ile Payreks camı üretiminde kullanılırlar.

POLİMERLER

Polimerler hafif, korozyon dayanımı yüksek ve elektiriksel olarak yalıtkan malzemelerdir. Çekme dayanımları metallere oranla çok düşüktür ve yüksek sıcaklıklarda kullanım için uygun değillerdir. Polimerler, oyuncak yapımından kaplamalara, boya yapımından otomobil lastiğine kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Polimerler genel olarak üç sınıfa ayrılabilirler. Bunlar, termosetler, termoplastikler ve elastomerler (kauçuklar) şeklindedir

Polimerler

Termosetler

- Polyester
- Epoksi
- Fenolik
- Polyimid

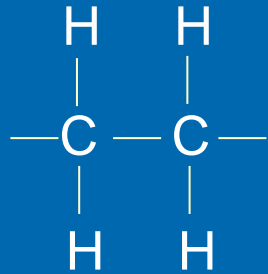
Termoplastikler

- Polikarbonat
- Naylon
- Polietereeterketon

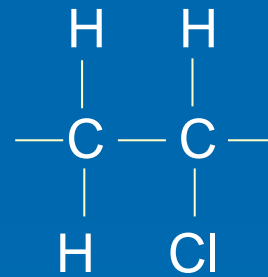
Elastomerler

- Kauçuklar

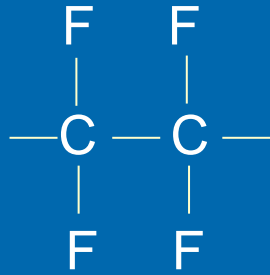
Polimer çeşitleri ve bazı örnekleri



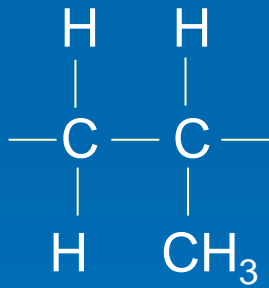
POLİETİLEN MER YAPISI



**POLİVİNİLKLORİT (PVC)
MER YAPISI**



POLİTETRAFLOROETİLEN (PTFE)
MER YAPISI



POLİPROPİLEN
MER YAPISI

Bazı polimerlerin uygulama alanları

Termoplastikler	Uygulama alanları
Akrilonitril-bütadiyen-stiren (ABS)	Soğutucu astarları, çim ve bahçe aletleri, oyuncaklar
Akrilik	Lenster, tasarı ekipmanı
Polikarbonatlar	Emniyet miğferleri, lensler, hafif toplar, fotoğrafik film için zemin
Polietilen	Esnek şişeler, oyuncaklar, pil parçaları, bardaklar
Polyester	Manyetik kayıt edici teypler, giyim, otomotiv lastik kordları, içecek kapları
Termosetler	Uygulama alanları
Epoksiler	Elektriksel kalıplar, yapıştırıcılar, koruyucu kaplamalar.
Fenolikler	Telefonlar, elektrik teçhizatı
Polyesterler	Miğferler, cam-fiber botlar, otomobil bileşenleri, fanlar
Elastomerler	Uygulama alanları
Doğal Kauçuk (Doğal poliizopren)	Pnömatik tekerler ve tüpler, ayakkabı tabanı ve ökçesi, conta
Kloropren	Tel ve kablo, kimyasal tank astarı, kemer, hortum, conta

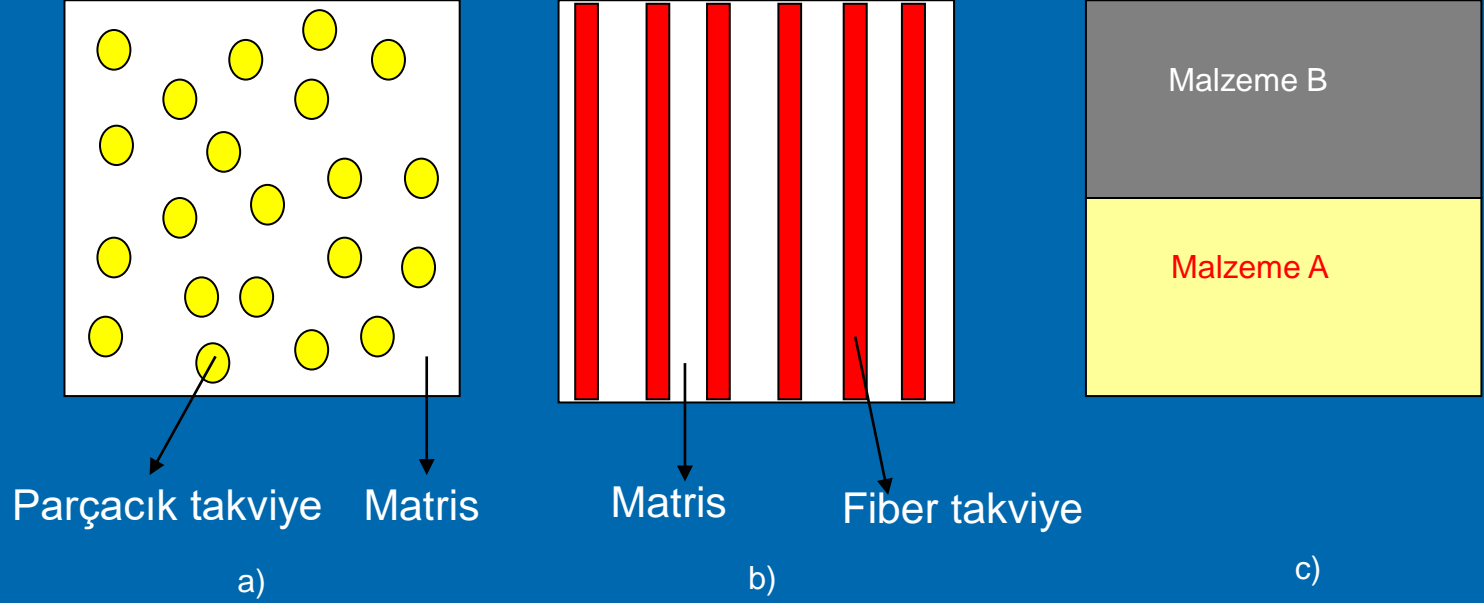


Malzeme	Elektirik İletkenliği ($\Omega\cdot m$)⁻¹
Gümüş	$6.8\cdot 10^7$
Bakır	$6.0\cdot 10^7$
Altın	$4.3\cdot 10^7$
Demir	$1.0\cdot 10^7$
Paslanmaz Çelik	$0.2\cdot 10^7$
Silisyum	$4\cdot 10^{-4}$
Germanyum	2.2
Beton	10^{-9}
Porcelen	$10^{-10} - 10^{-12}$
Al₂O₃	$<10^{-13}$
Polietilen	$10^{-15} - 10^{-17}$
Naylon	$10^{-12}\text{-}10^{-13}$

Malzeme	Isıl iletkenlik (W/mK)
Gümüş	428
Bakır	398
Altın	315
Nikel	90
SS316	15.9
Al₂O₃	39
SiO₂	1.4
Payreks cam	1.4
Polietilen	0.46-0.50
Polipropilen	0.12
Naylon	0.24

KOMPOZİTLER

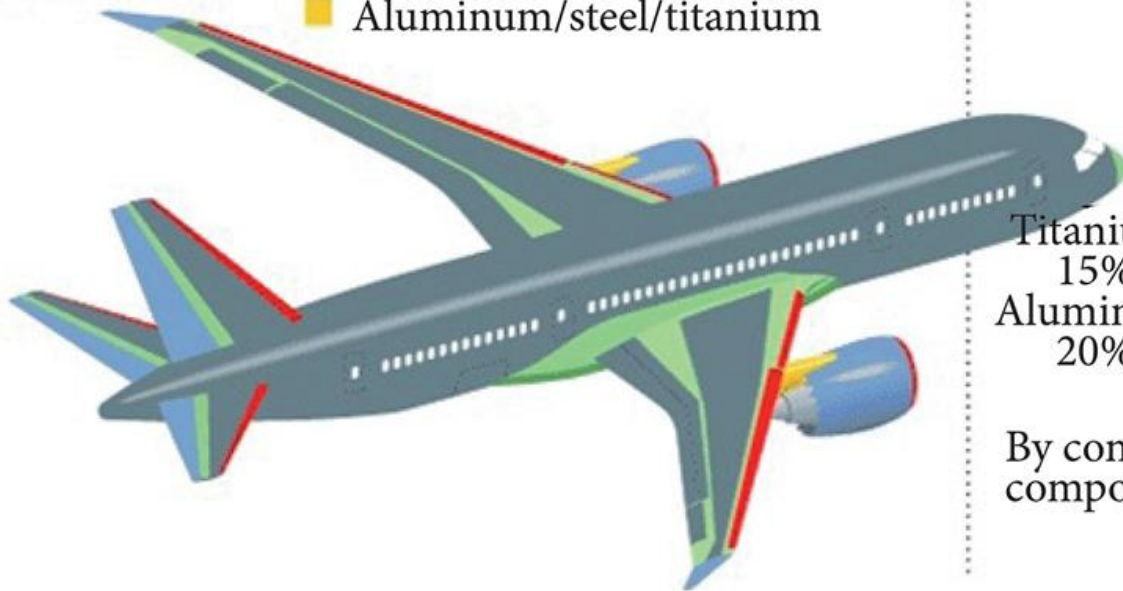
Kompozitler, birbirinden farklı özellikleri olan iki veya daha fazla bileşenleri uygun oranlarda içeren malzeme çeşitleridir. Kompozitte küçük bileşenin ağırlık oranı % 5'den büyük olmalıdır. Kompozit malzemeler bütüncül (monolitik) malzemelere göre çok önemli üstünlüklere sahiptirler. Kompozitler, metal-metal, metal-seramik, metal-polimer, seramik-polimer, seramik-seramik veya polimer-polimer olabilmektedir.



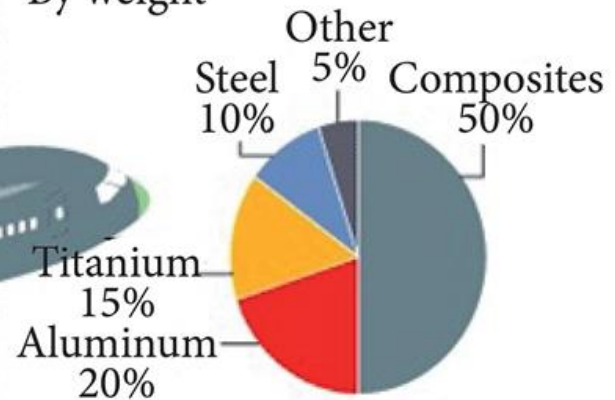
Kompozit çeşitlerinin şematik görünümü
a) Parçacık takviyeli, b) Fiber takviyeli, c) Katmanlı

Materials used in 787 body

- Fiberglass
- Aluminum
- Carbon laminate composite
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



Total materials used By weight



By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 20 percent aluminum

Polimer Matrisli Kompozitler

Takviye fiberleri olarak cam, karbon ve aramid sıkça tercih edilmektedir. Cam takviyeli polimer esaslı kompozitler otomotiv ve denizcilik endüstrisi başta olmak üzere, plastik boru ve dolum kaplar yapımında kullanım alanına sahiptirler. Karbon takviyeli polimer kompozitler ise spor aletleri yapımında, roket motorlarında, basınç kapları ve uçak yapı bileşenlerinde kullanılmaktadır. Aramid fiber takviyeli polimer matrisli kompozitler ise ballistik zırh, spor ürünleri, füze kılıfında, conta, otomotiv fren sisteminde, halat ve dış lastik yapımında uygulaması vardır.

Metal Matrisli Kompozitler

Metal matrisli kompozitlerin polimer matrisli kompozitlere göre avantajları çok daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesi, alev almaması, ve organik akışkanlara karşı korozyon ve erozyon dayanımının daha yüksek olması sayılabilir.

Aluminyum, magnezyum, titanyum, bakır ve süperalaşımlar sıkça kullanılan matris yapılarıdır. Takviye çeşiti parçacık veya fiber (sürekli, süreksiz) şeklinde uygulanmaktadır. Sürekli fiber olarak kullanılanlar SiC, alumina ve karbon şeklindedir.

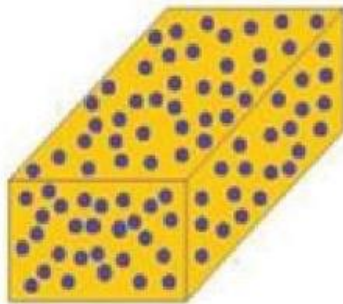
Metal matrisli kompozitlerin başlıca uygulama alanları, otomotiv sanayisidir. Havacılık sanayide metal matrisli kompozitlerden yararlanmaktadır.

Metal matrix composite (MMCs)

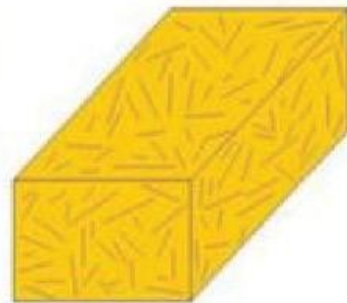
Particles reinforced MMCs

Short fibers or whiskers reinforced MMCs

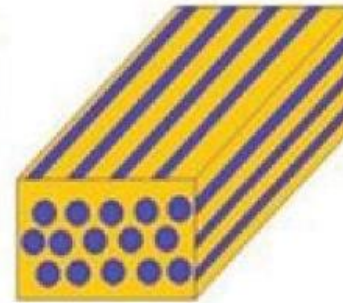
Continues fibers or sheet reinforced MMCs



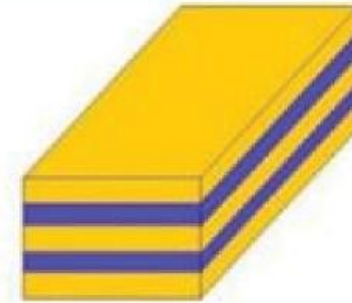
Particles



Short fibers or whiskers



Continues fibers



Sheet laminates

Seramik Matrisli Kompozitler

Seramik matris kompozitler yüksek sıcaklık ve kritik gerilme uygulamalarının yanısıra kesici takım olarak sert metal alaşımlarının kesilmesinde de kullanılırlar.

İleri Kompozitler

İleri kompozit malzemeler uçak ve uzay sanayisi gibi dayanım, bükülmezlik ve hafiflik özelliklerini gerektiren uygulamalarla ilgilidir. İleri kompozitlerde tipik olarak polimer veya metal matris içinde boron, grafit veya kevlar fiber kullanılır.

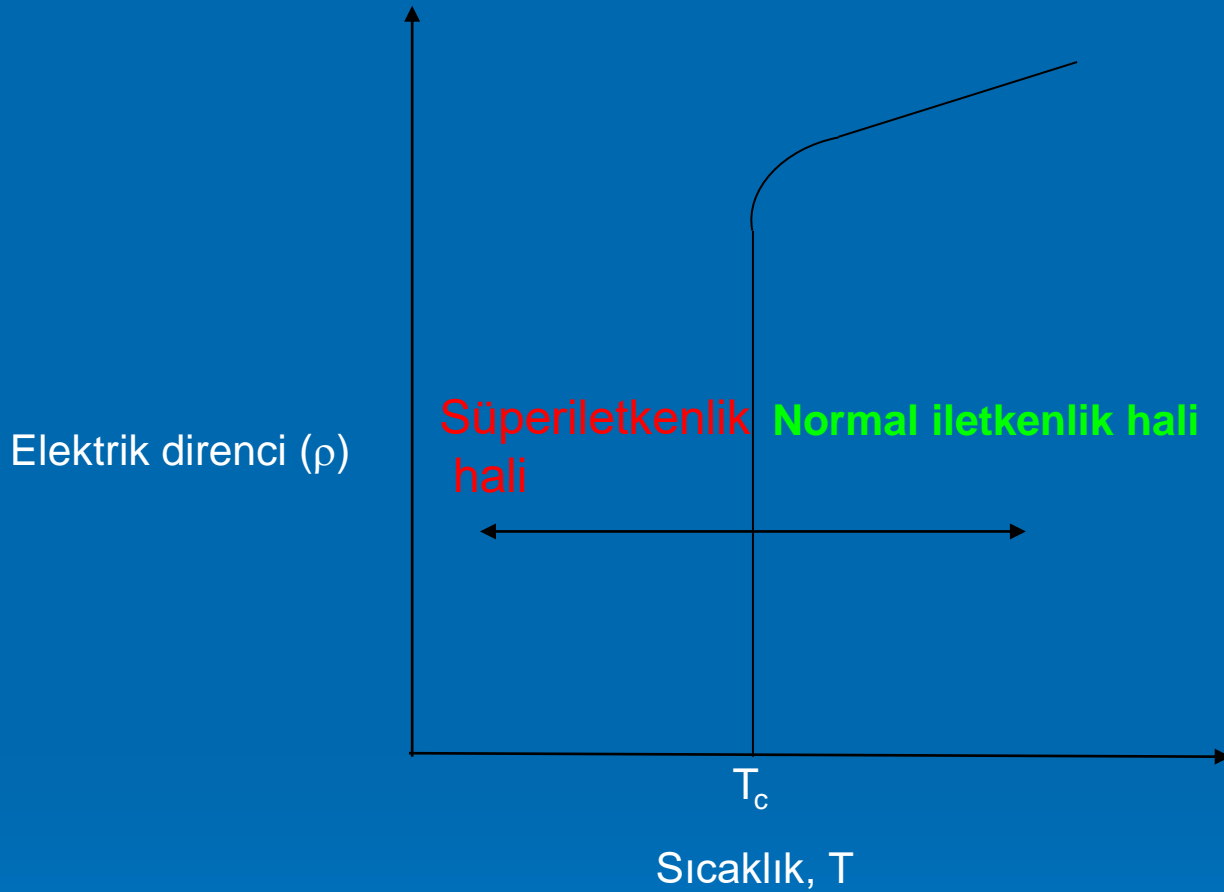
Bazı fiber takviyeli kompozitlerin uygulama alanları

Malzeme	Uygulamalar
Borsik alüminyum	Motorlarda, diğer hava taşıtlarında ve uzay uygulamalarında fan lamaları
Kevlar-epoksi	Havacılık, uzay, bot teknesi, spor gereçleri, uçaksavar kılıfı
Kevlar-polyester	Havacılık, uzay, bot teknesi, spor gereçleri, uçaksavar kılıfı
Grafit-polimer	Uzay, otomotiv, spor gereçleri
Cam-polimer	Hafif otomotiv uygulamaları, su ve denizcilik uygulamaları, korozyon dirençli uygulamalar, spor gereçleri, uzay ve havacılık parçaları



SÜPERİLETKENLER

Bazı malzemeler belli bir sıcaklığın altında elektrik dirençleri sıfırdır. Bu malzemeler süperiletkenler olarak adlandırılmaktadır. Civa ve kalay normal ortam sıcaklığında zayıf iletken olmalarına rağmen düşük sıcaklıklarda süperiletkenlik özelliği gösterirler. Gümüş ve bakır ise normal ortam sıcaklığında çok iyi iletken olmalarına rağmen süperiletken özelliği göstermezler.

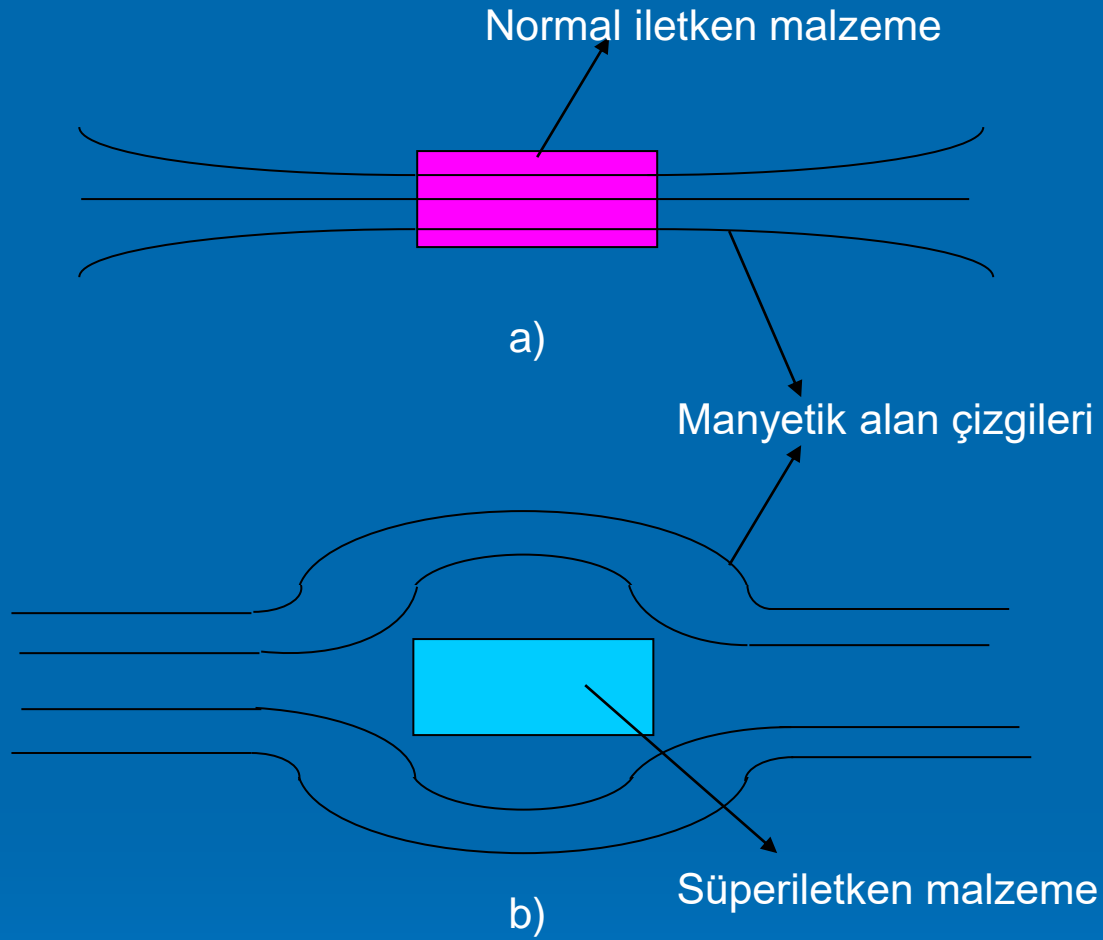


Süperiletkenler için iletkenliğin sıcaklıkla ilişkisi

Manyetik alan normal iletken malzemelere nüfuz ederler. Süperiletkenler manyetik bir alana maruz kalırlarsa Meissner etkisi gösterirler. Şayet süperiletken malzeme manyetik bir alan içinde ise manyetik akı malzemeye nüfuz edemeyecektir ve manyetik alan süperiletken malzemeyi itecektir

Süperiletkenler üzerinde yapılan çalışmaların temel hedef kritik sıcaklığı (T_c) oda sıcaklığına yakın olan malzemeyi keşfetmektir. Bu konuda özellikle oksit seramikler üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Şu ana kadar yapılan çalışmalarda en yüksek kritik sıcaklık değeri 138 K olarak $Hg_{0.8}Tl_{0.2}Ba_2Ca_2Cu_3O_{8.33}$ malzemesi için kaydedilmiştir. Süperiletkenler hızlı trenlerde, tıpta ve askeri amaçlı elektronik cihazlar olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır.



Manyetik alanın: a) Normal iletken malzemedede,
b) Süperiletken malzemede davranımı

Maglev trenleri süperiletkenlerin manyetik ortamda itilmeleri özelliğinden faydalanılarak yapılmışlardır



NANOMALZEMELER

Son yirmibeş yıl içinde nanomalzemeler konusunda yoğun bir ilgi ve çalışma oluşmuştur. Bu malzemelerin en büyük özelliği çok küçük ölçülerde olmasıdır. Malzemelerde tane boyutunun nanometre seviyelerine inmesi malzemelerin mekanik, ısıl, elektrik, manyetik ve optik özelliklerinde çok büyük ve sıradışı değişiklikler meydana getirmektedir. Nanomalzemeler metal, seramik, polimer veya kompozit olabilirler.

Metallerde tane boyutu küçüldükçe mukavemetleri artar. Nanomalzemelerde çok küçük tane boyutlarından dolayı (1 – 100 nm) malzemenin mekanik özelliklerinde büyük bir iyileşme sağlanır

Nikelin tane boyutuna göre bazı mekanik özellikleri

Özellik	20 $\mu\text{m-Ni}$	100 nm-Ni	10 nm-Ni
Akma Mukavemeti (MPa)	103	690	>900
Son Çekme Mukavemeti (MPa)	406	1100	2000
Vickers Sertliği	140	300	650

Nanomalzemeler konusundaki en önemli çalışmalardan birisi karbon nanotüpleridir. Karbon nanotüplerinin sıradışı elektronik özelliklerinin yanısıra mukavemeti ve elastikiyet modülü diğer tüm malzemelerden çok daha büyüktür.

Karbon nanotüpleri vakum altında 2800 °C'ye kadar kararlı bir yapı sergilerler. Aynı zamanda bu malzemeler bakır tellere oranla elektriği 1000 kat daha iyi iletirler ve ısıl iletkenliği de elmastan iki kat daha yüksektir.

Nanoteknoloji, maddenin atomik, moleküler ve supramoleküler seviyede kontrolüdür. Nanoteknolojinin ayrıca bugün moleküler nanoteknoloji olarak bahsedilen en eski ve yaygın tanımı, tam olarak ‘makroölçek ürünlerinin imalatı için atomların ve moleküllerin kontrolünün belirli bir amacını ifade etmektedir. Nanoteknolojinin daha genel tanımı sonradan National Nanotechnology Initiative tarafından yapılmıştır. National Nanotechnology Initiative, nanoteknolojiyi ‘en az bir boyutunun büyüklüğü 1’den 100 nanometreye kadar olan maddenin kontrolü’ olarak tanımlar.

