

MMM 4045

metalik malzemeler

yücel birol

Prof. Dr. YÜCEL BİROL
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Bölümü

Kat:3 Oda:324

Telefon: 232 301 74 57

e- posta: yucel.biol@deu.edu.tr

önemli notlar

- Derslere devam önemli!
- Derse geç kaldı iseniz, panik yok; sınıfa usulca girin!
- Cep telefonları sessiz!
- tartışmalara katılın!
- Merak ettikleriniz için her zaman bana uğrayabilirsiniz!

Öğrenme kazanımları

1	Demir esaslı (demir-çelik, dökme demirler) ve demir dışı (alüminyum, bakır, çinko, magnezyum, nikel, titanyum, refrakter) metal ve alaşımlarını sınıflandırabilmek
2	Metalik malzemelerin özelliklerini kendi sınıfları arasında ve diğer metal alaşımları ile karşılaştırabilmek
3	Uygulama alanlarını ve buralarda metal ve alaşımlarının karşılaması istenilen özellikleri tanımlayabilmek

Öğrenme kazanımları

4	Metalik malzemelerde yapı, özellik ve işlem ilişkilerini açıklayabilmek
5	Mühendislik tasarımları ve uygulamaları için uygun alaşımı seçebilmek
6	Metalik malzemelerde dayanım artırma mekanizmalarını, bunların birbirleriyle etkileşimini ve diğer özelliklere etkilerini değerlendirebilmek

program

hafta #	konu
1 / 17.9	Giriş-metalik malzemeler tarihçe-metalik bağ-kristal yapıları-demir esaslı malzemeler
2 / 24.9	resmi tatil
3 / 01.10	Çelikler
4 / 08.10	Çelikler
5 / 15.10	Dökme demirler
6 / 22.10	alüminyum üretimi alüminyum alaşımları

program

hafta #	konu
7 / 29.10	tatil
8 / 05.11	Alüminyum alaşımları
9 / 12.11	Bakır alaşımları
10 / 19.11	Çinko alaşımları, magnezyum alaşımları
11 / 26.11	Titanyum alaşımları
12 / 03.12	Ara sınav

program

hafta #	konu
13 / 10.12	Nikel ve kobalt alaşımları (süper alaşımlar)
14 / 17.12	Refrakter metaller; reaktif metaller; kıymetli metaller

Not sistemi

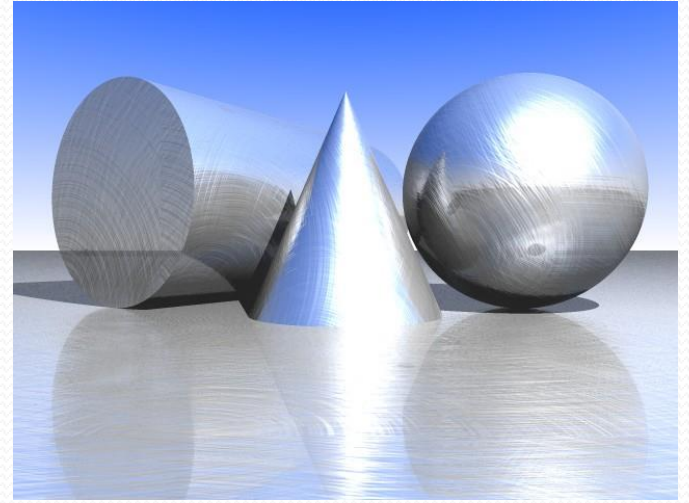
ara sınav	40%
final sınavı	60%
<hr/>	
Not	100%

Metaller

- 'metal' sözcüğü Yunancada çıkarmak, yer kabuğundan elde etmek anlamına gelen 'metallon,' sözcüğünden türemiştir.
- Periyodik cetveldeki elementlerin dörtte üçü metaldir.
- Metaller, geçiş metalleri, alkali metaller, toprak alkali metaller, nadir toprak, lantanid ve actinit gibi alt sınıflara ayrılmıştır.
- Oda sıcaklığında civa dışındaki bütün metaller katı haldedir.

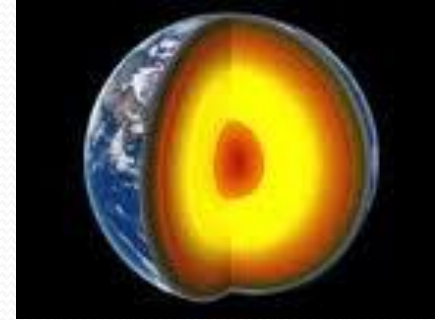
Metaller

- Metalik elementlerden müteşekkil
- Valens elektronları serbest
- atomik yapılar düzenli
- Yüksek yoğunluk
- Yüksek mukavemet
 - Stiff ve dayanıklı
 - sünek
 - Yüksek kırılma tokluğu
- Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği
- manyetik
- parlak



Metaller

- Yer kabuğunda en çok bulunan metal alüminyumdur (element sıralamasında oksijen ve silisten sonra üçüncü!).
- Yer kürenin tamamında en çok bulunan metal demirdir. Demir dünyamızın çekirdeğinin büyük kısmını kaplar.

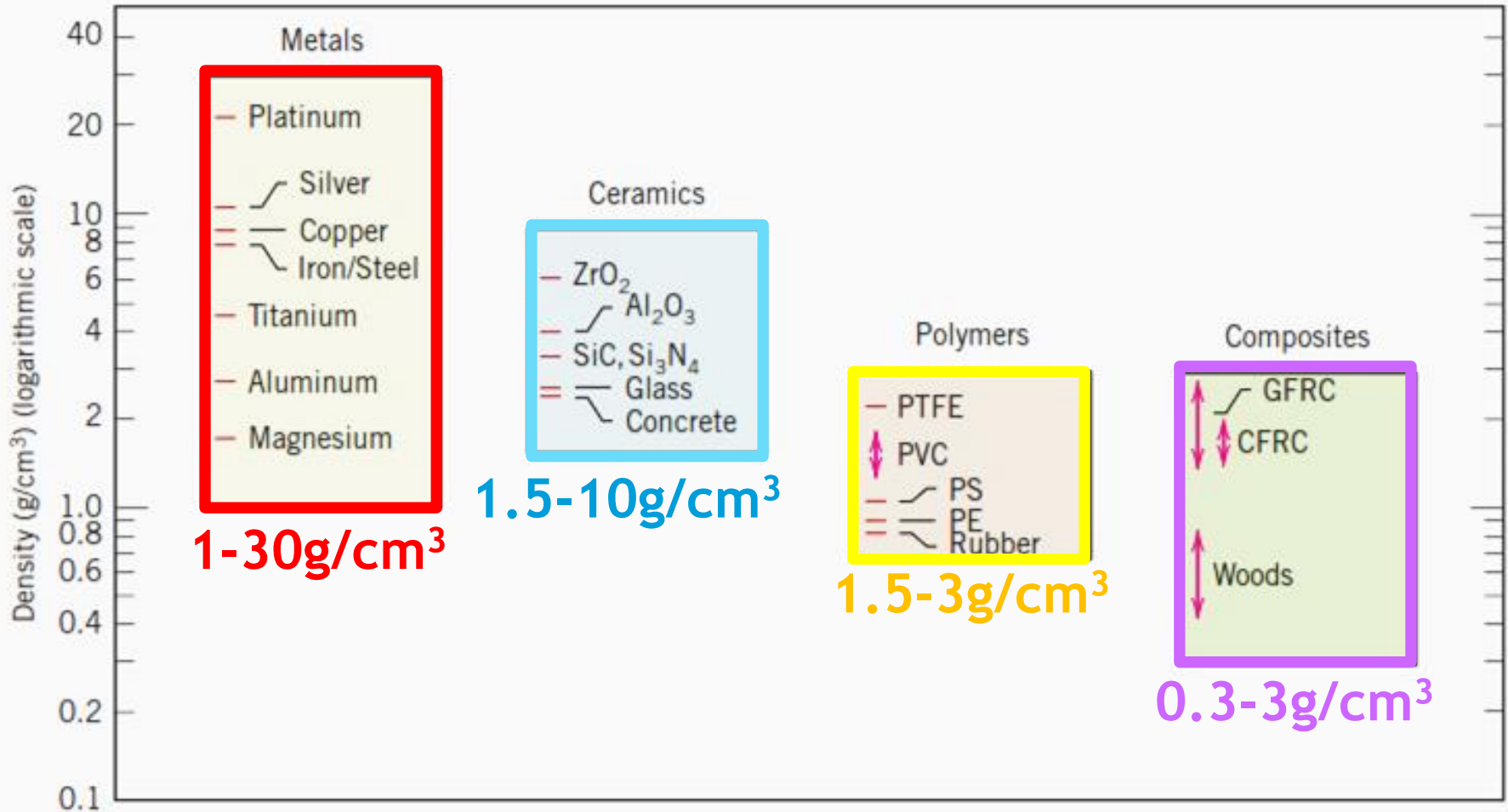


- Lityum, sodyum, potasyum gibi alkali metaller o kadar reaktiftir ki, suda bile alev alıp patlar.

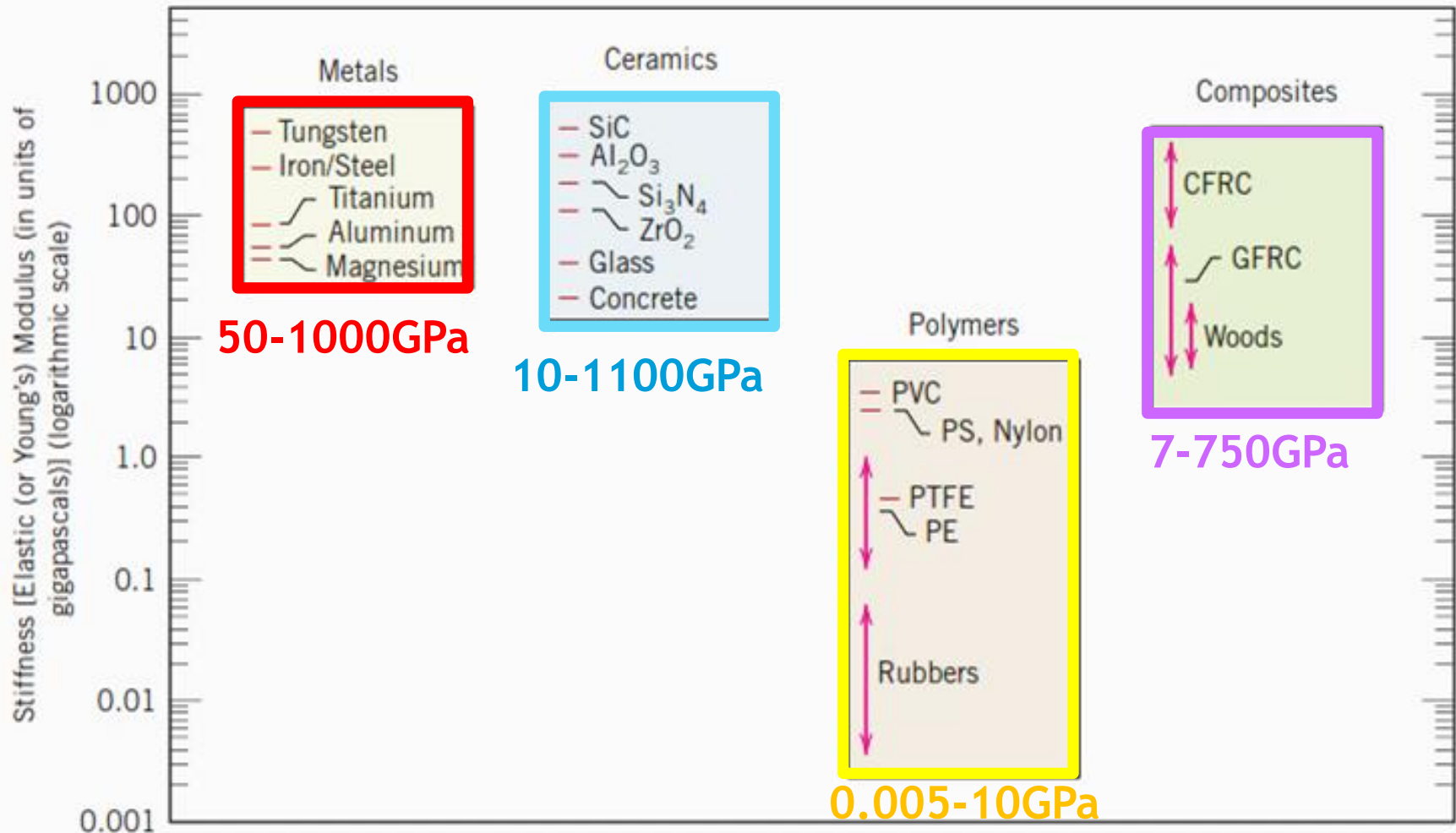
Metaller

- Gümüş, altın, platin gibi asil metaller oksidasyona ve korozyona ağır atmosfer koşullarında bile mükemmel direnç gösterirler.
- Kıymetli metallerin çoğu asil metaldir. Ekonomik enstrüman olan altın ve gümüş gibi metallerin aşınma ve bozunmaya dirençli olması gerekir.
- Tungsten en yüksek ergime noktasına sahip olan metaldir.

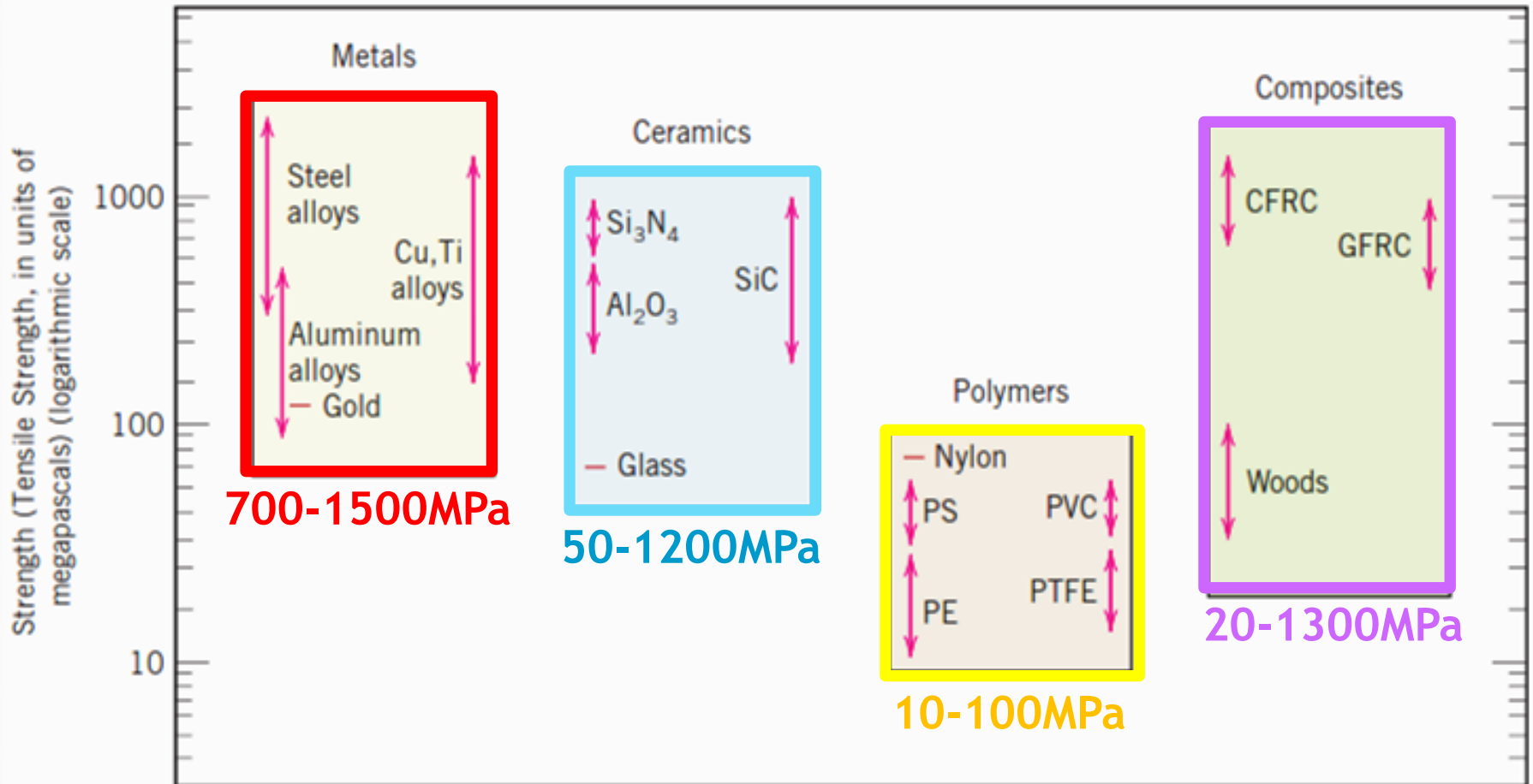
yoğunluk



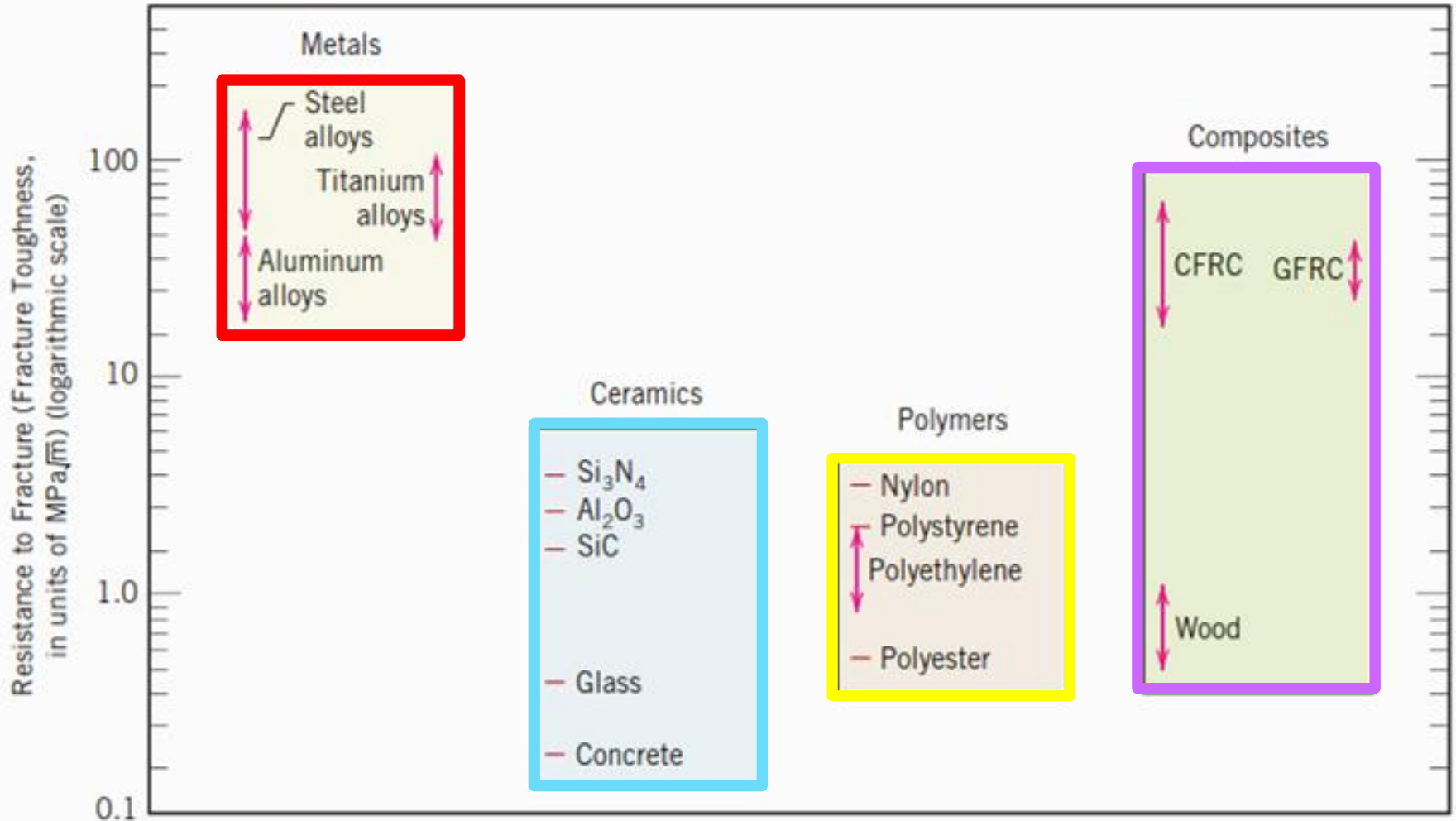
Elastik modül



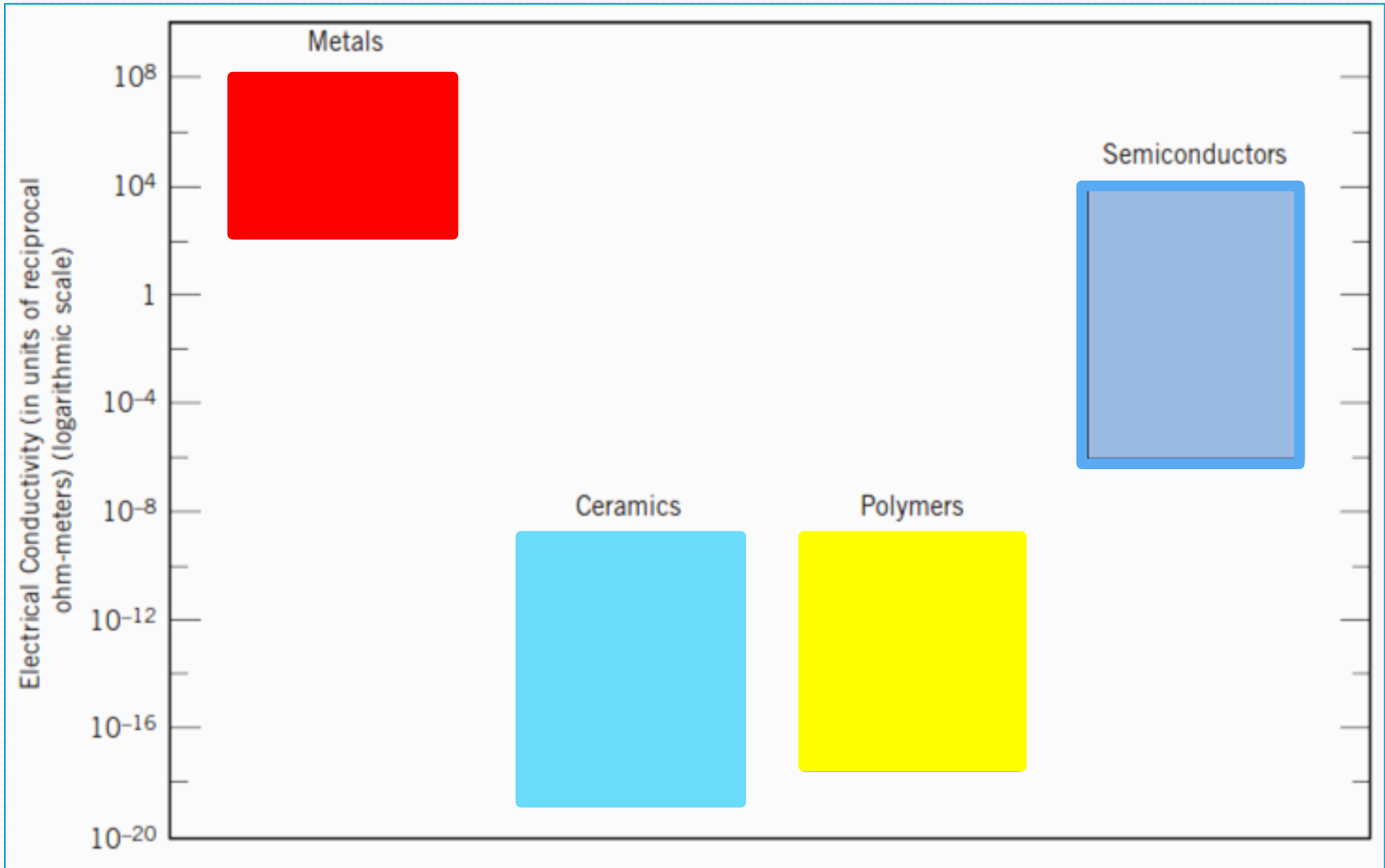
mukavemet



Kırılma tokluğu



Elektrik iletkenliği



Malzeme çeşitleri

Malzeme grubu	Maksimum servis sıcaklığı (°C)	Hasarlanma/servis dışı kalma sebebi
polimerler	300	Ergime, ayrışma
cam	800	Viskoz akış
metaller		
demir-çelik	1100	
Fe-ODS	1300	
Ni ve Co-esaslı	1200	Sürünme, dislokasyon tırmanması
Pt-esaslı	1600	Tane sınırı kayması
refrakter metaller- asal ortam	>1600	
MoSi ₂	1800	
seramikler-SiC	1600	Viskoz akış, cam geçiş sıcaklığı, tane sınırı kayması
kompozitler (+SiC/+C)	1600	karmaşık

Metallerin tarihçesi

- 17. yüzyılın sonuna kadar sadece 12 metal biliniyordu: Cu, Au, Ag, Pb, Fe, Sn, Zn, Pt, Hg, As, Sb, Bi
- Metalurjik süreçler yaklaşık 8000 yıl öncesine (MÖ 6000) gidiyor!
- 18. yüzyılda 12 metal daha keşfedildi: Co, Ni, Mn, Mo, W, Te, Be, Cr, U, Zr, Y
- böylece 1900'dan önce bilinen metallerin sayısı 24'e çıkmış oldu!
- Bu metallerden 4 tanesi - Arsenik, antimon, çinko ve bizmut - 13. ve 14., platin ise 16. yüzyılda keşfedilmişti.

Metallerin kısa tarihçesi

metal	En erken kullanım	En eski örnek	uygarlık	yer	
bakır	MÖ 9000	MÖ 6000	Orta doğu	anadolu	İnsanoğlu tarafından kullanılan ilk metal. Önce doğadan sonra ergitme pratikleri. Çatalhöyük'teki buluntular MÖ 6000'e tarihlenmiş.
kurşun	MÖ 7000	MÖ 3800	Yakın doğu	Abidos mısır	Kurşun 9000 yıl önce elde edilmiş. Abidos'taki Osiris tapınağındaki kurşun heykel MÖ 3800'e tarihlenmiş.
altın	<MÖ 6000	MÖ 3000	Orta doğu	mısır	En eski altın obje Mısırlı Kraliçe Zer'in mezarında bulunan takılardır.
gümüş	<MÖ 5000	MÖ 4000		asya	Bakır ve altından kısa süre sonra bulunduğu varsayılmakta..
demir	<MÖ 5000	MÖ 4000		mısır	MÖ 5000'den önce demirin bulunduğu kanıtları var! Mısırdaki meteorik demirden yapılmış ve MÖ 4000'e tarihlenmiş aletler var. MÖ 3000'de metalinin elde edilmesi MÖ 1200'de DEMİR ÇAĞI'nın başlamasına yol açtı.

Metallerin kısa tarihçesi

metal	En erken kullanım	En eski örnek	uygarlık	yer	
kalay	MÖ 3500	MÖ 2000			İlk kez bakırla birlikte metalik elde edildi ve bronz yapıldı.
çinko	<MÖ 1000	MÖ 1000		Hindistan	Metal olarak MÖ 1000'de Hindistan'da elde edildi.

Metallerin kısa tarihçesi

- İnsanlar tarafından kullanılan ilk metaller bakır ve altındı!
- İlk metaller Mezopotamyalılar, Mısırlılar, Yunanlılar ve Romalılar tarafından biliniyordu!
- Altın ve gümüş çok yumuşak oldukları için dekoratif kullanımlar dışında işe yaramadı!
- Bakır dövme işlemleri ile sertleştirilebildiği için alet yapımında yararlı olmakla birlikte silah imalatında kullanılamadı.

Metallerin kısa tarihçesi

- Bakırın kalayla alaşımı bronz, mukavemet yönünden tatminkardı; dövme ile sertleştirildi; döküm ile istenen şekillere sokulabildi.
- İlk alaşım, bronzun, keşfi uygarlığa ilk adımdı.
- Bronz çağı bu şekilde başladı.
- Orta Doğuda bulunan bir bronz alaşımı yaklaşık 87% bakır, 10-11% kalay ve az miktarda (<1%) demir, nikel, kurşun, arsenik ve antimon içermekteydi.

Metallerin kısa tarihçesi

- Kurşun yumuşak olduğu ve kolayca şekillendirilebildiği için alet-edevat yapımında yaygın olarak kullanıldı.
- Roma İmparatorluğu'nda su taşımada kullanılan boruların yapımında kurşundan yararlanıldı.
- Demir de uygarlıkta önemli metallerden biridir. Keşfi Bronz çağından Demir çağına geçilmesine yol açtı.

bakır

- Sembolü, Cu, latince Kıbrıs anlamındaki “cuprum” sözcüğünden geliyor.
- İlk aletler, donanımlar, silahlar bakırdan yapılmış!
- Bakır kalkolitik dönemde (MÖ 4,000 ile 6,000) yaygın olarak kullanılmış!
- MÖ 5000’de bakır sac imal ediliyordu.

bakır

- Nil vadisinde bulunan ve ergitilerek elde edilen ilk bakır yüzükler, kolyeler MÖ 3600, ilk aletler, silahlar MÖ 3000 öncesine tarihleniyor.
- Ancak bunlar kraliyete ait objelerdi. Bakırın halk arasında yaygınlaşması 500 yıl sonra mümkün oldu.

Bakır



Bakırdan dökülmüş boğa ve geyik kursu
(M.Ö. 2500 Anadolu Medeniyetleri Müzesi)



Hitit döneminde (M.Ö. 2500) döküm
teknîği ile yapılmış geyik heykeli.
Anadolu Medeniyetleri Müzesi

bakır



Kalkolitik çağdan bakır
madeni
Timna vadisi
Negev ölu
İsrail

Bakırdan antik
aydanlık
Hindistan'dan
buluntu!



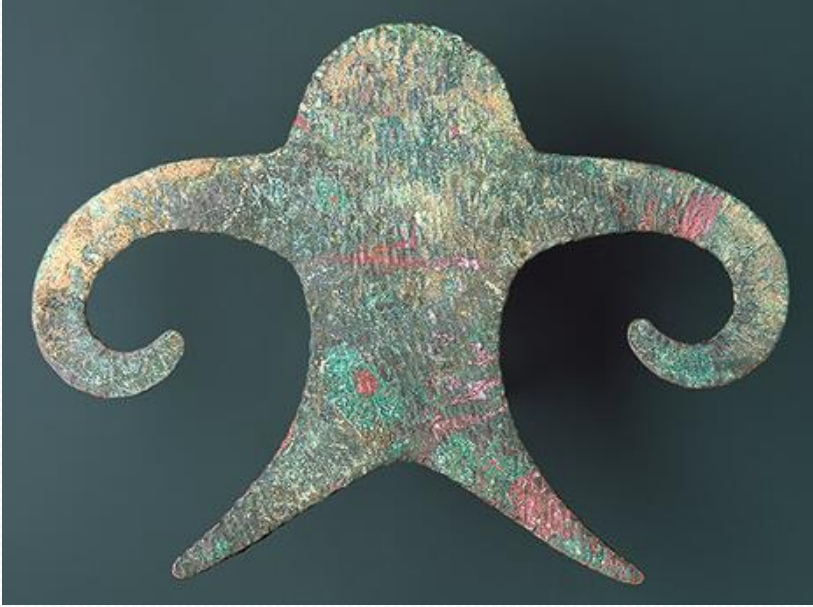
bakır



Bakır aletler:
balta, çekiç,
kanca askı,
iğneler

Belgrad'ın
(Sırbistan) 200
km güneyi
7000 yıl
öncesine
tarhilenmiş!

bakır



Anthropomorph

Bakır buluntu

21x29cm

Uttar Pradesh, Hindistan

MÖ 1500

Silindirik bakır kaide veya taç

Kalkolitik dönem

MÖ 4000

Levant, Nahal Mishmar

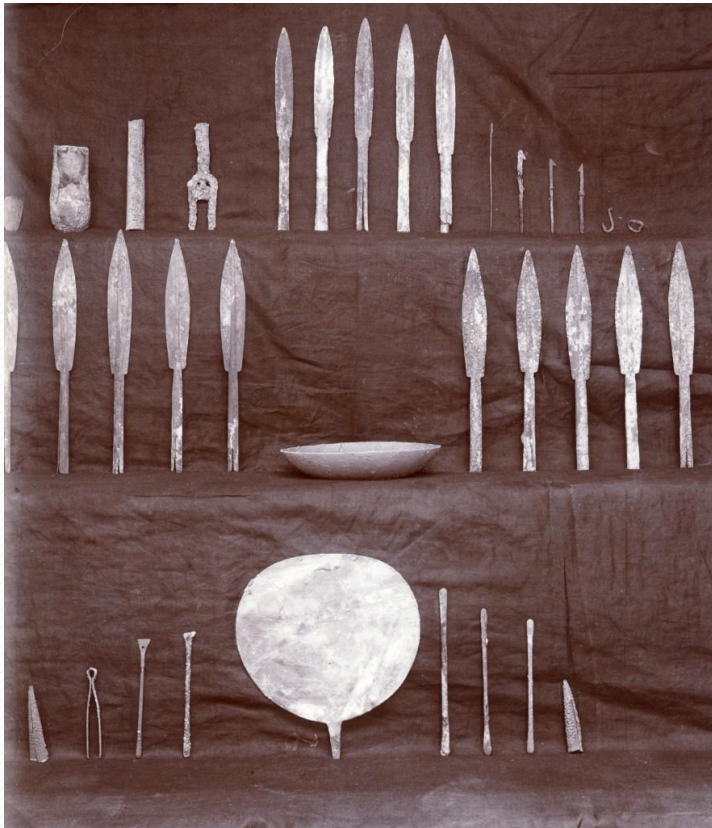


bakır

Bakır mızrak uçları

Mısır

MÖ 1069-945



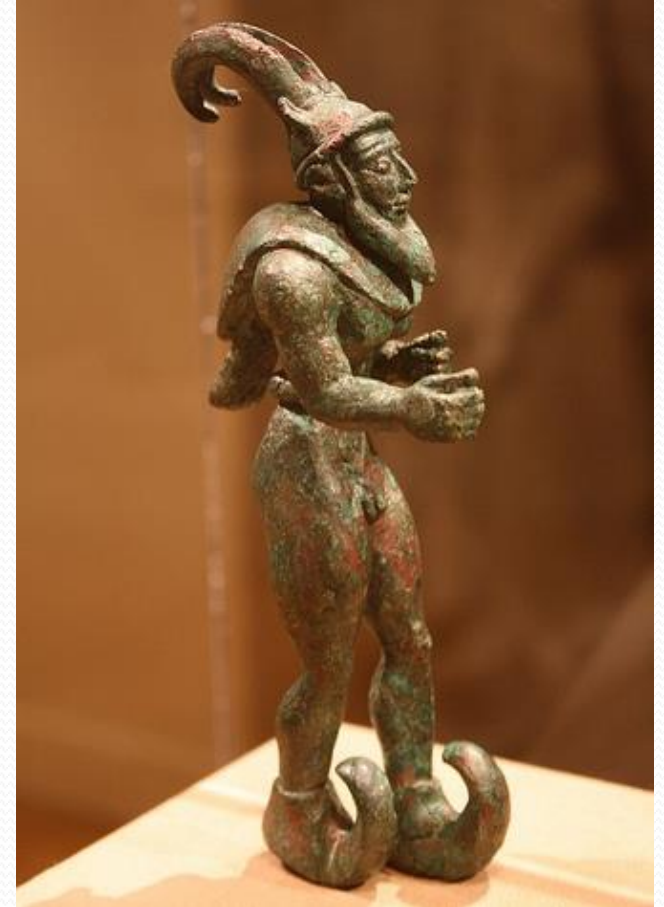
Üst rütbeli askerler 5 set bakır mızrak ucu ile birlikte gömülürler (Mısır)

bakır



Arsenik bakırdan heykel
Mezopotamya/İran
Sümer Uygarlığı
MÖ 3000

Deity, Uruk'a ait bakır heykel
Sümer uygarlığı, MÖ 3300-3100



bakır

Hassas döküm tekniği ile
üretildiği bakırdan İbex sceptre
MÖ 400-300
Nahal Mishmar, Judean çölü
İsrail



altın

- Sembolü Au, latince parl原因an şafak anlamına gelen «aurum» dan gelir.
- Altın objeler genellikle mücevher sınıfına ait.
- Taş devri insanları altının kolaylıkla sac ve tel formuna sokulabileceğini öğrendi.
- Yumuşaklığı nedeniyle altının kullanımını dekoratif amaçlarla sınırlı kaldı.

altın

- Altın asil bir metal olduğu için paslanmadan ve zarar görmeden kalabildi.
- Nadir bulunması ve değeri altının en önemli metallerden biri olmasını sağladı.
- İspanya'daki mağaralarda Geç Paleolitik dönemden (MÖ 40000) az miktarda ham altın bulunmuştur.

altın

~ MÖ 1400'de, Mitanni Kralı Mısır Firavunu olan kayınpederine şöyle yazmış:

Üzerinde çalıştığım bir projeyi bitirebilmem için acele altın gönder! Altın senin ellerinde toz!

Tutankhamen' mezarı 1922'de açıldığında o tarihte Mısır Merkez bankasındakinin 2 katı altın vardı. Mısır firavunlarının mezarlarındaki buluntulardan Altın metalurjisinin Mısır'da mükemmelleştirildiği bilinir. Fakat 1927'de Sümer şehri Ur'da kraliyet mezarlarında altın teknolojisinin MÖ 2600 yıllarında çok ileri seviyede olduğu anlaşılmış.

İran kazılarında MÖ 3000 yıllarına tarihlenen işlenmiş altın buluntularına rastlanmıştır.

Altın metalurjisinin Mısır'dan ziyade İran-Anadolu ekseninde geliştiği belirlenmiştir.

altın



Dizili yaprak kolye (38.5cm)

MÖ 2600-2500

**Mezopotamya; Sümer Uygarlığı;
Kral mezarına ait buluntu!**

Maikop altın boğa heykeli

MÖ 2500

**Rusya'dan tarih öncesine ait
buluntu**



altın



Rillation altın kap
Erken bronz çağı
MÖ 1800-1600

Altın sepet aksesuarı
MÖ 2500-2000



altın



Altın yüzük
Geç bronz çağı
MÖ 1000-750

Altın aksesuar
Erken bronz çağı
MÖ1900-MÖ1600
Altın işlemeciliğinin en
güzel örneklerinden biri



altın



Altın kolye
Çap 30 cm
Geç bronz çağ
Late bronze age
MÖ 1000-750

Merasim maskesi
(49.5cm)
MS 1000-1100
Peru, Sicán
(Lambayeque)
altın, üstü bakır kaplama



gümüş

- Sembolü, Ag, latince “argentum” (Arjantin; İspanyol kaşiflerin Güney Amerika’da ne bulmayı hedeflediği!!) sözcüğünden gelmektedir.
- Gümüş doğada metalik olarak bulunmakla birlikte çok nadir rastlanan bir metal.
- Gümüş asil metaller arasında kimyasal olarak en aktif olanı!

gümüş

- Altından daha sert fakat bakırdan daha yumuşak.
- Süneklık ve őekillendirilebilirlikte altından sonra ikinci.
- Yumuşak olması sebebiyle mücevher ve süs objeleri yapımında kullanıldı ve zenginlik işareti olarak değer gördü.

gümüş



Gümüş kap; Orijinali 2 kulpu
Roma Dönemi



Antik Mısır'dan buluntu
Mısır'da tantıların derisinin
altın, iskeletinin gümüşten
olduğuna inanılırdı.

gümüş



Gümüş tabutlar
Mısır uygarlığı; 21.
Psusennes I ve 22. Sheshonq
II hanedanlara ait

Gümüş çanak MS 400
Hırvatistan'dan buluntu
Bazıları altınla kaplanmış



kurşun

- Sembolü, Pb, latince sıvı gümüş anlamına gelen “plumbum” sözcüğünden gelir.
- Kurşun doğada metalik olarak bulunmaz. Fakat metalik görünümlü bileşiği kurşun sülfiti (Galen), Mısırlılar kozmetik amaçlı göz boyası olarak kullanılırdı.
- Metalik kurşunun, düşük ergime noktası (327 °C) sayesinde bir kamp ateşinde galenden kolayca elde edildiği düşünülmektedir.

kurşun

- İlk aşamada çok yumuşak olduğu için metalik kurşundan alet ve silah yapımında yararlanıldı.
- Kurşunun kullanılması MÖ 3500 yıllarında başlar.
- Kolay şekil aldığı, paslanmaz olduğu için ideal boru malzemesidir.

kurşun



Roma'da hamamlara su taşıyan kurşun borular



kurşun

Romalılar kurşun kazanlarda hazırlanan yiyecek ve içecekleri kurşun bardak ve sürahilerden içmiş, su kaynaklarından suyu evlerine kurşun borularda taşımıştır. Antik Roma'da içme suyu kurşunca normalden 100 kat daha zengindi.

Bazı tarihçiler kurşun zehirlenmesinin Roma'da özellikle kraliyet mensuplarını olumsuz etkilediği, gut gibi hastalıkların kraliyet ailesi arasında yaygın olduğunu ve Roma İmparatorluğu'nun çöküşünde bunun rolü olduğunu iddia etmektedir.

kalay

- Sembolü, Sn, latince damlamak anlamına gelen “stannum” sözcüğünden gelmektedir.
- Bu da kalayın ne kadar eriyip sıvı hale geçtiğine işaret eder (lehim malzemesi).
- Kalay doğada metalik olarak bulunmaz.
- Kalay kendi başına kullanılmamıştır. Bakır ile alaşımlanarak Bronz olarak yararlanılmıştır.

kalay

- MÖ 2500 öncesinde Sümerler kalay ve bakır madenleri yüksek sıcaklıkta karıştırıldığında daha sert, akışkan ve bu sayede daha kolay dökülebilen farklı tür bir bakır elde edilebildiğini biliyorlardı.
- MÖ 2500 yılına tarihlenen bir balta %11 kalay ve %89 bakır içeriyordu.
- **Bronz Çağı!!**

kalay

MÖ 2000'e kadar bakır aletler bölgedeki kalay tüketildiği için çok az kalay içeriyordu. Sümerler kalay yatakları bulmak için bu yüzden uzaklara gitmek zorunda kalmıştır.

Bronz alet ve çiftçilik gereçleri yapımında kullanıldığı için bakırdan çok daha faydalı bir alaşımdı.

İlk kalay gereçler MÖ 2000 yıllarına tarihlenmektedir.

kalay

Ancak kalay ergitme batı Asya'da yaygınlaşması MÖ 1800 yıllarında gerçekleşecekti.

Kalay charcoal ile redükleniyordu ve önceleri bir çeşit kurşun olduğu düşünölmüştü. Romalılar hem kurşuna hem de kalaya "plumbum" adını vermişlerdi.

MÖ 1400 de bronz en önemli alaşımdı.

Kalay çok sünek ve şekil alabilir ve paslanmaya dayanıklı bir metaldir.

kalay



kalay vazo

Roma döneminden bronz
madeni para 1.5 cm
Kalay oranı %10-20



kalay



Bronz aydanlık
Antik Çin

gerdanlık



civa

- sembolü, Hg, latincede sıvı gümüş anlamına gelen “hydrargyrus”, sözcüğünden gelmektedir.
- Civa MÖ 1500 1600 yıllarına tarihlenen mezarlarda bulunmuştur.
- Çinlilerin civayı MÖ 2000’den önce de kullandıkları anlaşılmıştır.

civa

- Civa oda sıcaklığında sıvı halde olan yegane metaldir.
- Gümüş ve altını çözebildiği (amalgam) için kaplama şeklinde kullanılmıştır.
- Mısırlılar tarafından kutsal kabul edildiği düşünölmektedir. Mısır kral mezarlarında çanaklar içinde civaya rastlanmıştır.

demir

- Sembolü, Fe, latince “ferrum” sözcüğünden gelmektedir.
- Antik çağda demir meteorlardan az miktarlarda bulunmaktaydı.
- ham demir %6-8 kadar nikel içerdiğinden hemen fark edilir.

demir

- İnsan tarafından elde edilen metalik demirin MÖ 2500 yıllarında var olduğuna dair işaretler bulunmuştur.
- Mısır'da meteorik demirden MÖ 3000 yıllarında yapılan silahlar “cennetten daggers” adı ile çok kıymetli idi.
- Ancak MÖ 1200 yıllarına kadar demir metalurjisi rutin bir faaliyet olamadı.

demir

Antik çağda demir altından 5 kat daha pahalıydı ve ilk kullanımları süs ve takı eşyalarındaydı.

Daha sonra demirden imal edilen silahlar savaş tekniğini değiştirmiştir.

Bunu çiftçilik için de söyleyebiliriz.

Demir ve çelik uygarlık için temel taşlardan biri vazifesini görmüştür.

demir

MS 400 yılına ait bir demir sütun Hindistan'ın delhi kentinde sapasağlam ayakta durmaktadır. Paslanma ihmal edilebilir seviyelerdedir.



Üretim metalurjisi

Kalay ve kurşun gibi metaller mineralleri ateşte ısıtılarak kolayca elde edilebilen metaller.

Daha yüksek bir sıcaklıkta olmakla birlikte bakır da benzer.



Üretim metalurjisi

MÖ 5000-6000: Sırbistan'da bakır metal elde edildiğine dair kanıtlar var (MÖ 5500 yılına tarihlenmiş bakır baltalar Belovode/Sırbistan).

MÖ 3000: Benzer pratik Portekiz, İspanya ve İngiltere'de!

MÖ 3500: Bakır + kalay alaşımlama; daha dayanıklı bir alaşım; Bronz Çağı →

Üretim metalurjisi

Demirin cevherinden metalik formda elde edilmesi bakır ve kalaydan çok daha zor olmuştur.

Demir metal üretimi ilk kez MÖ 1200'lerde Hititler tarafından gerçekleştirilmiş ve böylece Demir Çağı başlamış!

Demir metalurjisinde tarihi gelişmelerin işaretleri yakın Doğu, Orta Doğu, antik İran, antik Mısır, Anadolu, antik Yunanistan, antik Roma, Çin, Japonya ve Hindistan'da bulunmuş.

Üretim metalurjisi

Metalurjide bugün halen kullanılmakta olan yüksek fırın, dökme demir, hidrolik pres vb bir çok uygulama, pratik, donanım antik Çin'de devreye alınmış.

Georg Agricola tarafından 16. Yüzyılda kaleme alınan De re metallica adlı kitapta madencilik, metal cevherlerinden metal eldesi ve ergitme gibi bugün kullanılan uygulamaların bir çoğu kapsamlı şekilde anlatılıyor.

Metalurji-kronoloji

Paleolitik dönem : MÖ 2000000-MÖ 8000: erken taş devri



Period	Approximate time (Middle East)	
Neolithic Period (Late Stone Age)	8000 - 4000 BCE	from the Greek <i>chalcos</i> 'copper' and <i>lithos</i> 'stone'
Chalcolithic Period (Copper Age)	4000 - 3150 BCE	Egypt: Beads from meteoric iron
Early Bronze Age	3150 - 2300 BCE	Egypt: Oldest bronze (Old Kingdom, from 2700 onwards)
Middle Bronze Age	2200 - 1550 BCE	First uses of iron in Hatti and Mesopotamia
Late Bronze Age	1550 - 1200 BCE	Egypt: Oldest iron blade, probably Hittite. No local iron production
Early Iron Age	1200 - 1000 BCE	
Iron Age II	1000 - 586 BCE	Egypt: Beginning of iron production

Elementlerin sınıflandırılması

- 3 tür: **metaller, non-metaller, metaloidler**
- Metaller periyodik tablonun solunda yer alır ve non-metallerden zigzag çizen sınır ile ayrılır.
- Non-metaller bu zigzag sınırın sağındadır.
- Bu zigzag sınıra bitişik olan elementler hem metalik hem de metalik olmayan özellikler gösterir ve metaloidler olarak bilinir.

Metaller

Periyodik tablo

1																	18
1																	2
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Metaller

Metalik özellikler azalır

Atomik yarıçap azalır

Metalik özellikler artar

Atomik yarıçap artar

Atom numarası artar

İyonizasyon enerjisi azalır

Key

- Atomic number
- Symbol
- Atomic weight

Metals: White box
Nonmetals: Grey box
Intermediate: Diagonal line box

IA																		IIA						IIIA										IVA				VA				VIA				VIIA				0												
1	H																	2	He																																											
1.0080																		4.0026																																												
3	Li																	4	Be																																											
6.939																		9.0122																																												
11	Na																	12	Mg																																											
22.990																		24.312																																												
19	K		20	Ca		21	Sc		22	Ti		23	V		24	Cr		25	Mn		26	Fe		27	Co		28	Ni		29	Cu		30	Zn		31	Ga		32	Ge		33	As		34	Se		35	Br		36	Kr										
39.102	40.08		44.956		47.90		50.942		51.996		54.938		55.847		58.933		58.71		63.54		65.37		69.72		72.59		74.922		78.96		79.91		83.80																													
37	Rb		38	Sr		39	Y		40	Zr		41	Nb		42	Mo		43	Tc		44	Ru		45	Rh		46	Pd		47	Ag		48	Cd		49	In		50	Sn		51	Sb		52	Te		53	I		54	Xe										
85.47	87.62		88.91		91.22		92.91		95.94		(99)		101.07		102.91		106.4		107.87		112.40		114.82		118.69		121.75		127.60		126.90		131.30																													
55	Cs		56	Ba		Rare earth series		72	Hf		73	Ta		74	W		75	Re		76	Os		77	Ir		78	Pt		79	Au		80	Hg		81	Tl		82	Pb		83	Bi		84	Po		85	At		86	Rn											
132.91	137.34						178.49		180.95		183.85		186.2		190.2		192.2		195.09		196.97		200.59		204.37		207.19		208.98		(210)		(210)		(222)																											
87	Fr		88	Ra		Actinide series																																																								
(223)	(226)																																																													
Rare earth series																		57	La		58	Ce		59	Pr		60	Nd		61	Pm		62	Sm		63	Eu		64	Gd		65	Tb		66	Dy		67	Ho		68	Er		69	Tm		70	Yb		71	Lu	
																		138.91	140.12		140.91		144.24		(145)		150.35		151.96		157.25		158.92		162.50		164.93		167.26		168.93		173.04		174.97																	
Actinide series																		89	Ac		90	Th		91	Pa		92	U		93	Np		94	Pu		95	Am		96	Cm		97	Bk		98	Cf		99	Es		100	Fm		101	Md		102	No		103	Lw	
																		(227)	232.04		(231)		238.03		(237)		(242)		(243)		(247)		(249)		(254)		(253)		(256)		(254)		(257)																			

Atom numarası artar

İyonizasyon enerjisi artar

Metaller

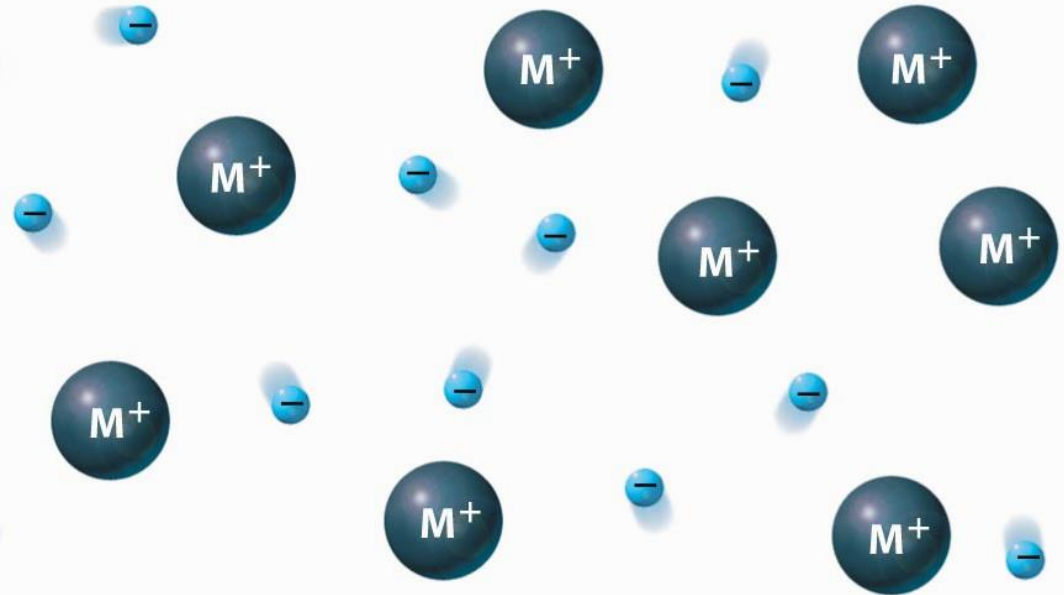
- Isı ve elektriği iyi iletirler.
- ergime ve buharlaşma sıcaklıkları yüksektir.
- Mukavemetleri yüksektir.
- İşlenebilirlikleri iyidir (çatlamadan, kırılmadan)
- Sünektirler (ince tel, ince folyo)
- Parlak görünümlüdürler.
- Opaktırlar (ışığı yansıtırlar!)
- Yoğunlukları yüksektir.
- Kolayca e- kaybederler! (↓ iyonizasyon enerjisi)

Metalik bağ

- Metalik bağlarda elektronların paylaşılması yoktur.
- Metalik bağ elektron kümesinde (elektron bulutu) serbest elektronlar ile atom çekirdeği arasındaki elektromanyetik etkileşimdir.
- Metallerde elektronlar hareket serbestliğine sahiptirler ve katı matriste serbestçe hareket ederler.

Metalik bağ

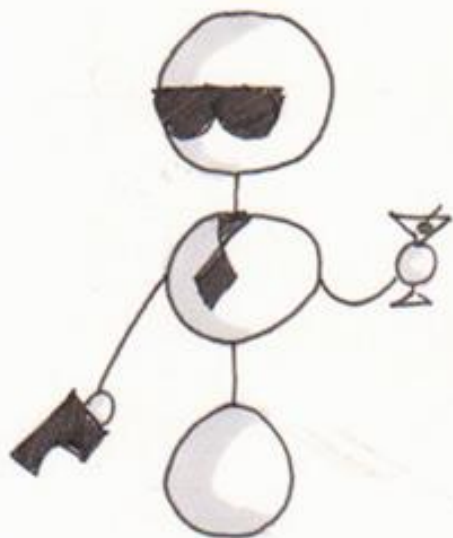
s ve *p* valens elektronlarının çekirdeğe bağı zayıftır. Kendi atomlarını kolayca terk ederler. Bu şekilde metal katyonları çevreleyen bir elektron bulutu oluşur. Elektronlar bu bulut içinde hareket etmekte serbesttir.



Metalik bağ

METALLIC BONDS

I'M BOND
METALLIC BOND



I'M MADE UP OF A SEA
OF ELECTRONS ORBITING
AROUND POSITIVE NOUCLEI
(SEXY NO?)

Metalik bağ



- Bir çok metalin en dış enerji kabuğunda sadece birkaç elektron bulunur. Bazılarının boş dış orbitalleri vardır.
- Elektriği ileten, ısı enerjisini metal içinde taşıyan bu zgr valens elektronlarıdır.
- Metalik bağ metalik malzemelerin, yüksek mukavemet, şekil verilebilirlik, snelik, ısı ve elektrik iletkenliği, opaklık ve parlaklık gibi bir çok fiziksel özelliğini açıklar.

Metalik malzemelerin yapısı

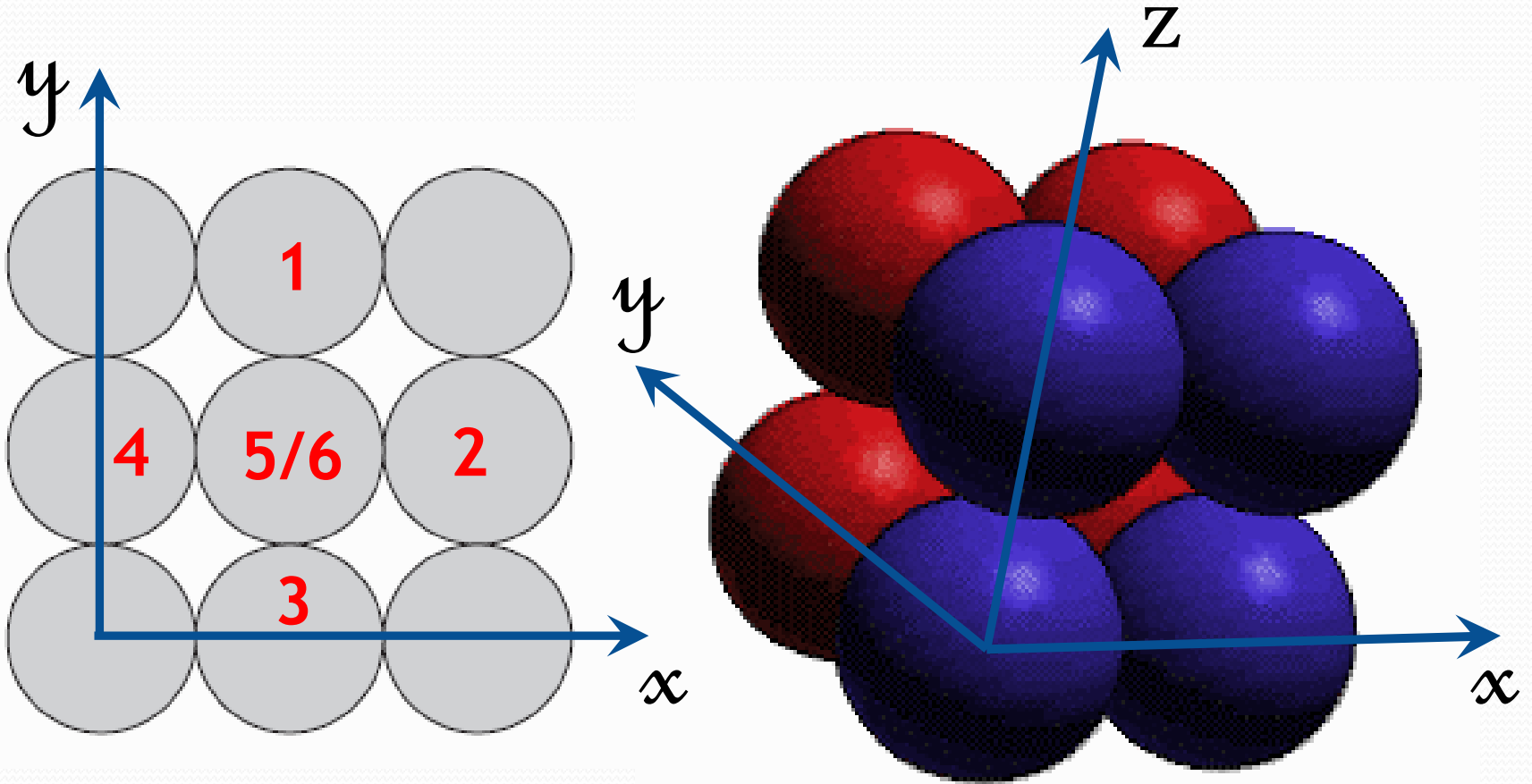
- Metalik malzemelerde atomlar **kristal kafes** yapısında dizilmişlerdir.
- Atomların dizilimleri farklıdır ve farklı kafes yapıları oluşur.
- En basit dizilim atomların düzlem içinde birbirlerine bitişik dizilmesi ve bu şekilde elde edilen dizilişin üst üste aynen tekrarlanması şeklindedir. Bu durumda her atom kendi düzleminde 4, bir alt ve bir üst tabakada birer adet olmak üzere toplam 6 diğer atomla komşu durumundadır.

Metallerin yapıları - dizilişleri

Li	Be									
Na	Mg									
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au
Fr	Ra									

□ Hacim merkezli kübik
■ Hekzagonal sıkı paket
■ Yüzey merkezli kübik

Basit kübik



Koorinasyon sayısı: 6

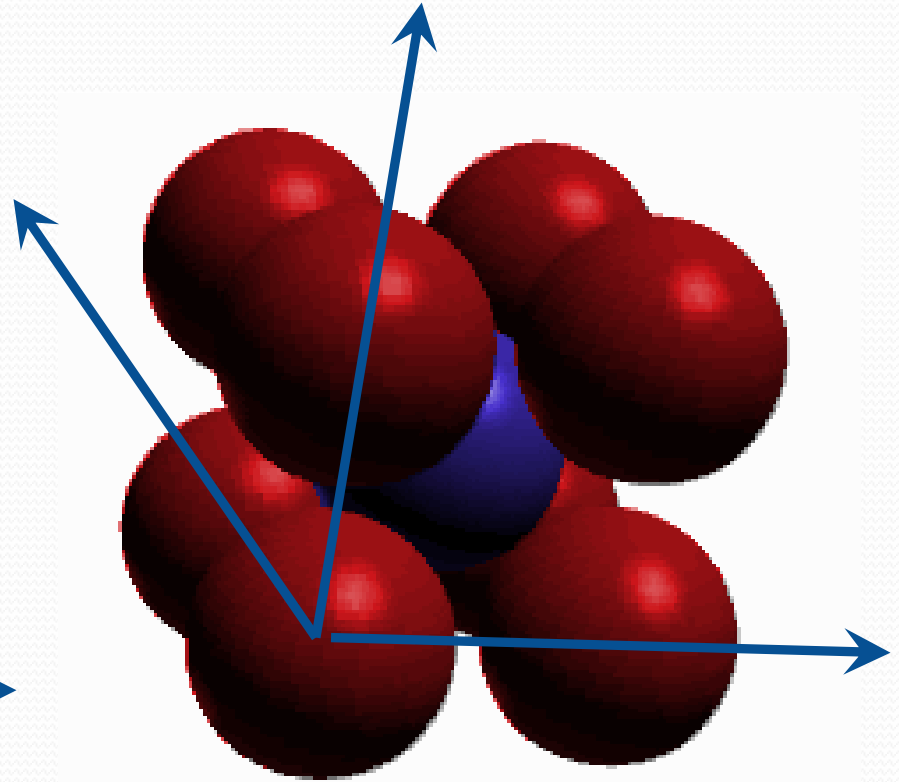
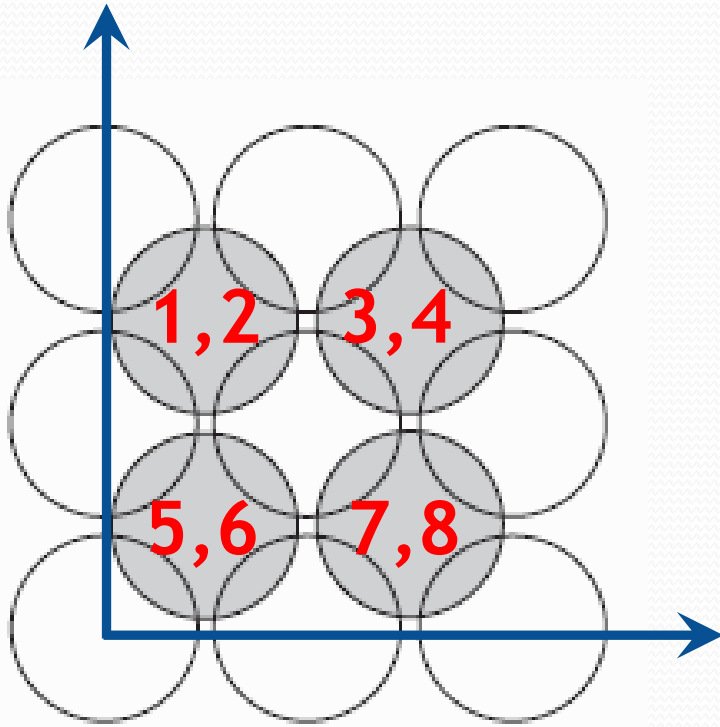
Metalik malzemelerin yapısı

Basit kübik diziliş en verimli diziliş şekli değildir ve tüm metaller arasında sadece **polonyum**da görülür.

Basit kübik dizilişin bir alternatifi düzlemde birbirlerine bitişik atomların düzlem dışında birbirlerinin üstüne gelecek şekilde değil de (basit kübikten farklı) ara çukurlara denk gelecek şekilde yerleştirilmesi ile elde edilir.

Daha verimli olan (boşluğu daha fazla dolduran) bu dizilişe hacim merkezli kübik diziliş denir. Her bir atom kendi düzleminin üstünde 4, altında 4 ve toplamda 8 atom ile komşudur.

Hacim merkezli kübik



Koorinasyon sayısı: 8

Metalik malzemelerin yapısı

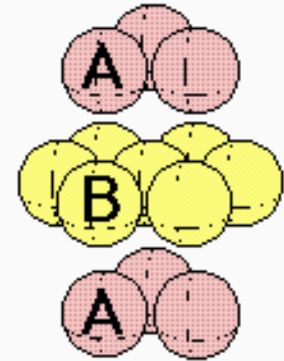
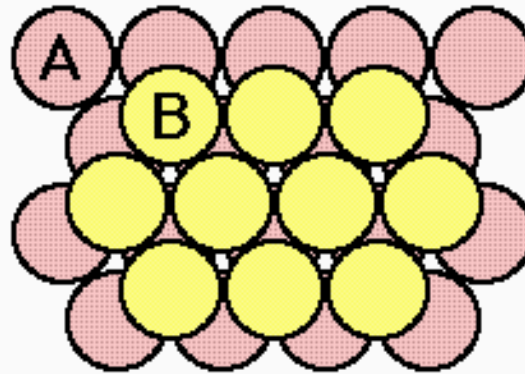
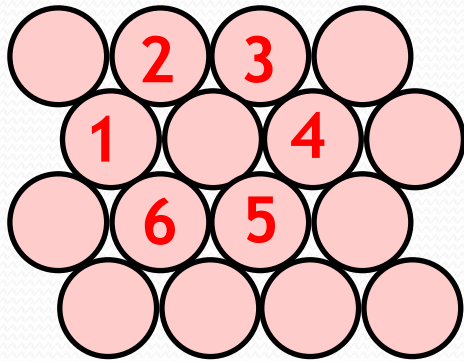
Her bir atom kendi düzleminde 6 atomla çevrildiğinde **hekzagonal diziliş** elde edilir.

Bu şekilde dizilmiş 2 atom tabakası birbirleri üzerine çukurlara denk gelecek şekilde yerleştirilirse, çukurların sadece yarısına yerleştirme yapılabilir.

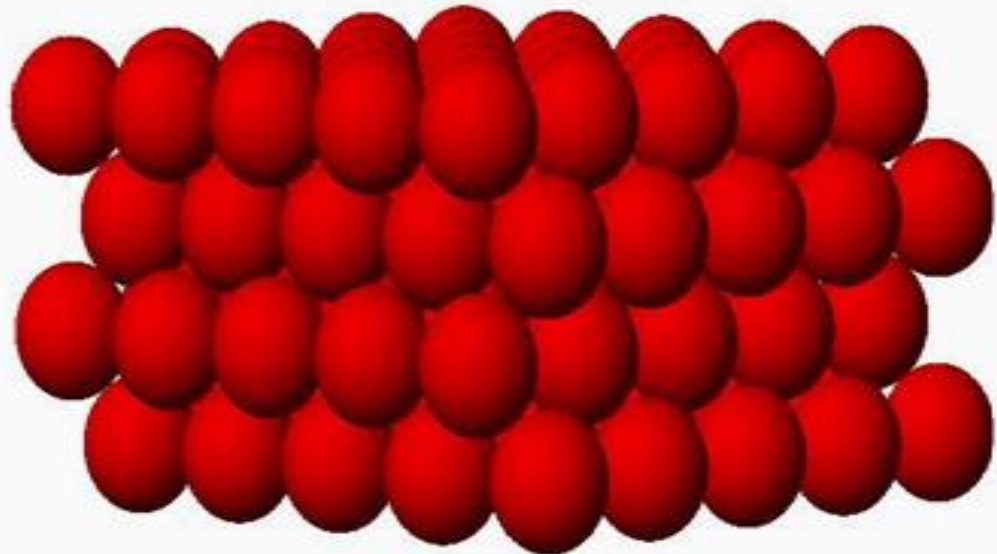
3. tabaka yine çukurlar gözetilerek fakat ilkinin tam üstüne denk gelecek şekilde yerleştirilirse ortaya ABA dizilimi çıkar.

4. tabakada bu kez 2. tabakanın üzerine denk gelecek şekilde geldiğinde dizilim ABAB olur. Buna hekzagonal sıkı paket dizilişi denir.

Hekzagonal



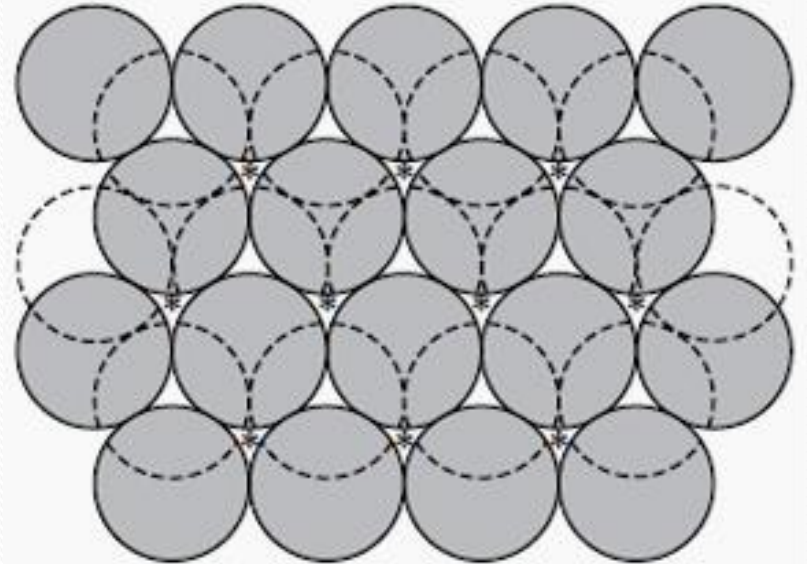
Koordinasyon
sayısı: 12



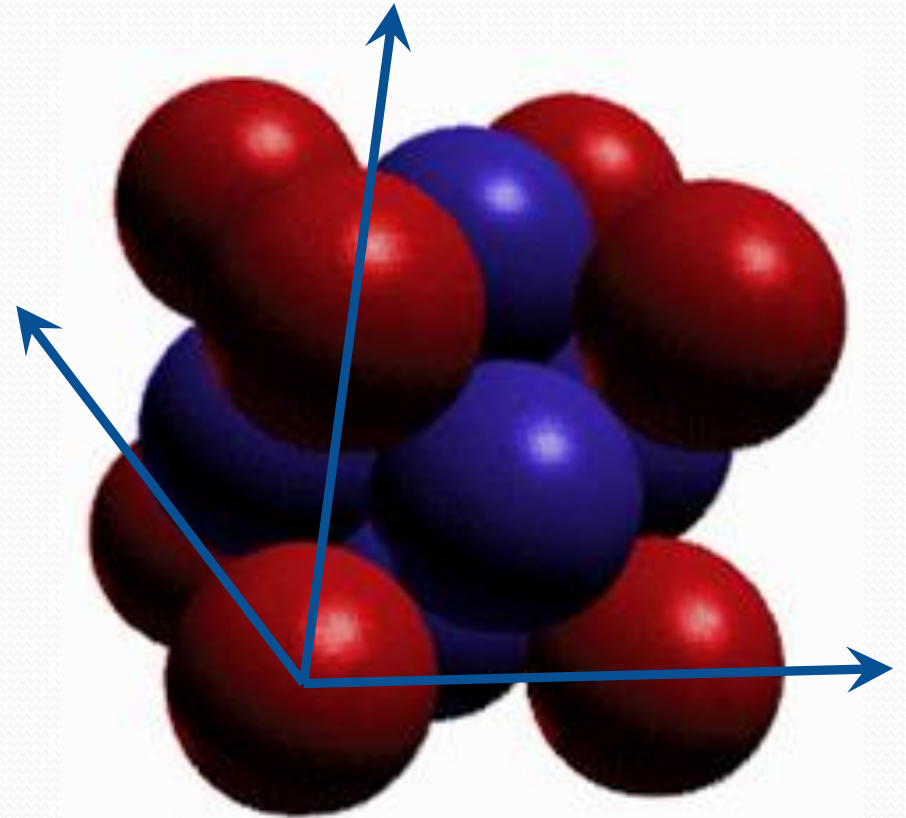
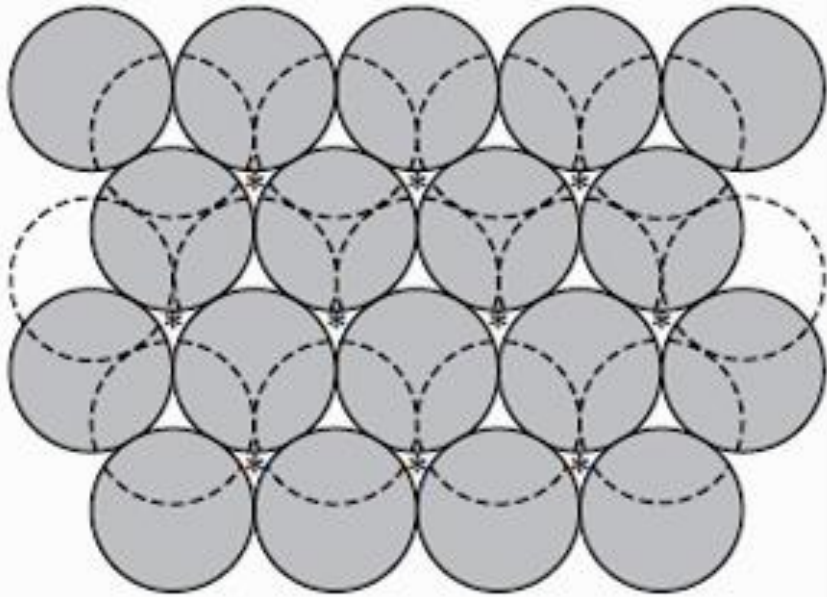
Metalik malzemelerin yapısı

Hekzagonal dizilişte bir alternatif daha vardır. A ve B tabakalarından sonra 3. tabaka A tabakasının üstüne gelecek şekilde değil de, bir önceki yerleştirmede açıkta kalan diğer çukurlara denk gelecek şekilde yerleştirilirse ortaya ABC dizilişi çıkar. Buna yüzey merkezli kübik dizilişi denir.

Kübik sıkı paket dizilişte 3. tabaka 1. ve 2. tabakaların çukurlarına yerleştirilir.



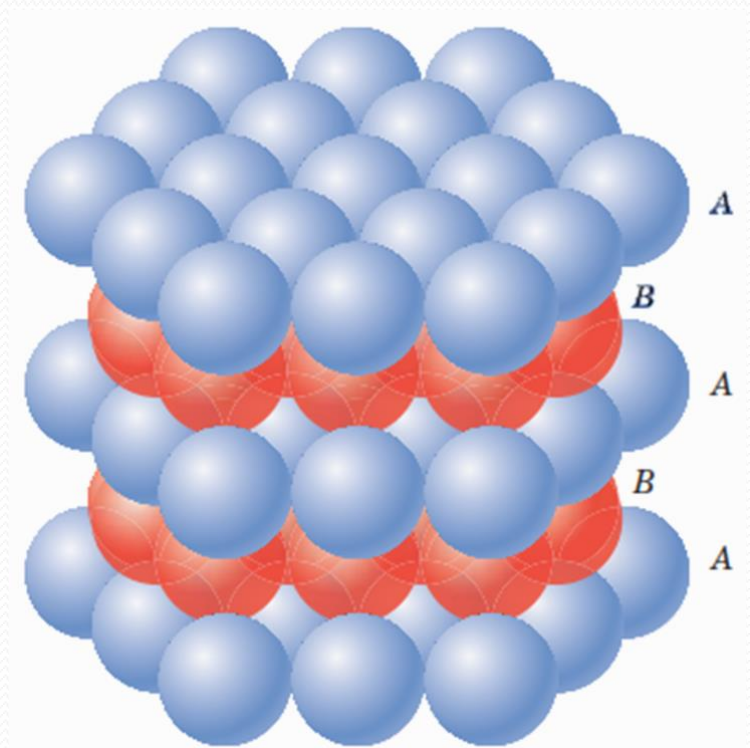
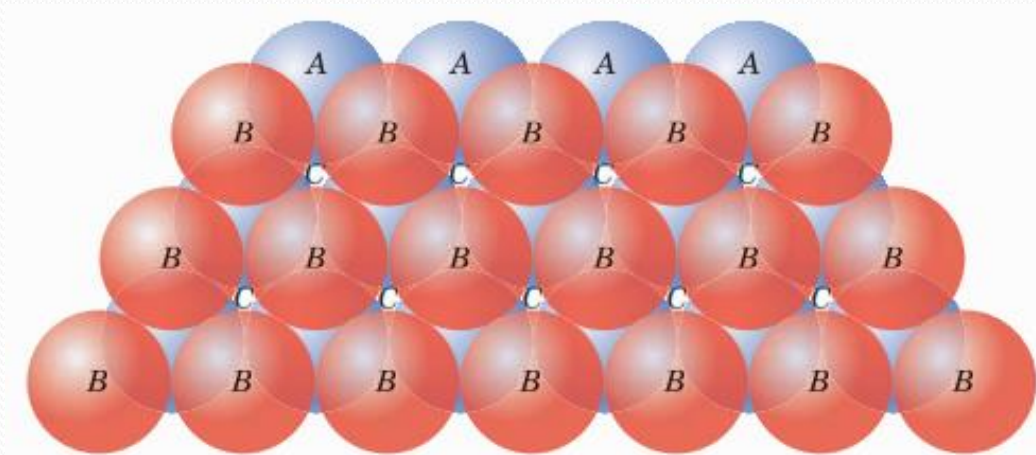
Yüzey merkezli kübik



Koordinasyon sayısı: 12

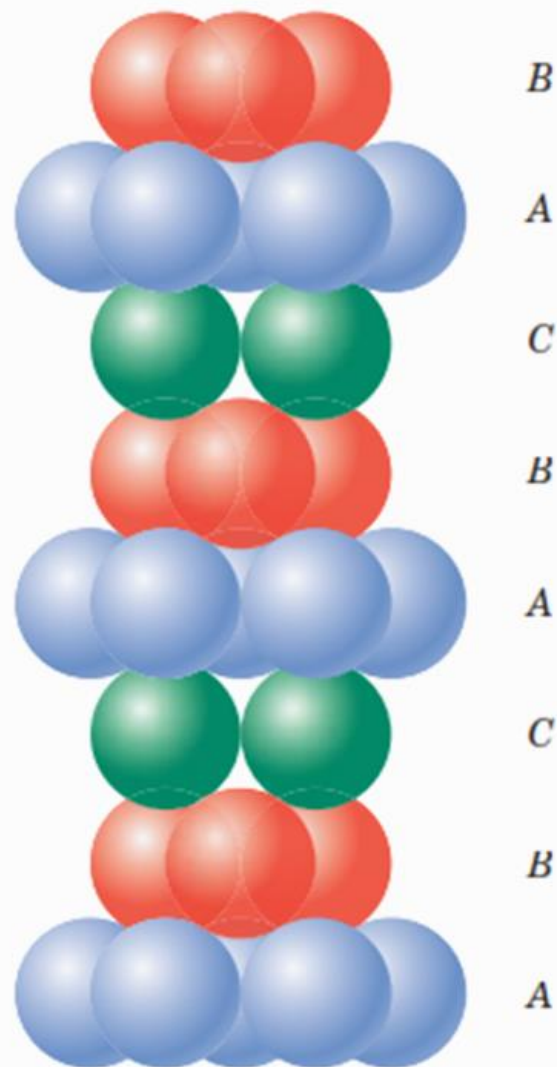
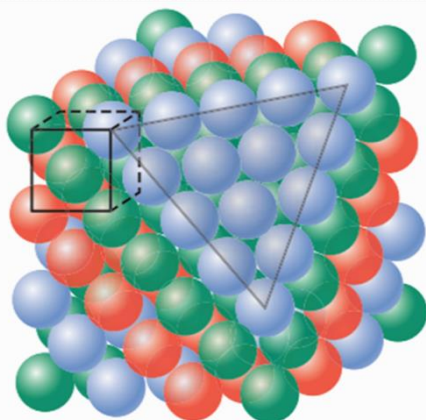
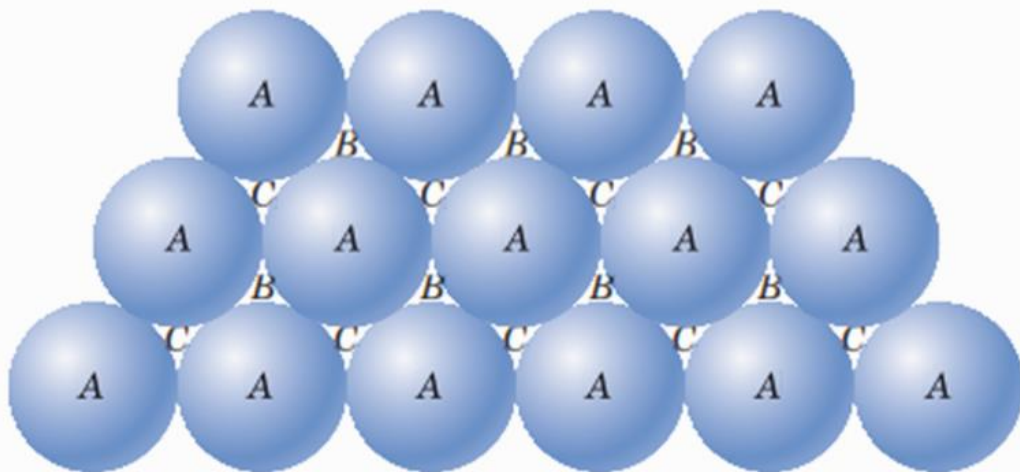
heksagonal

ABABAB...



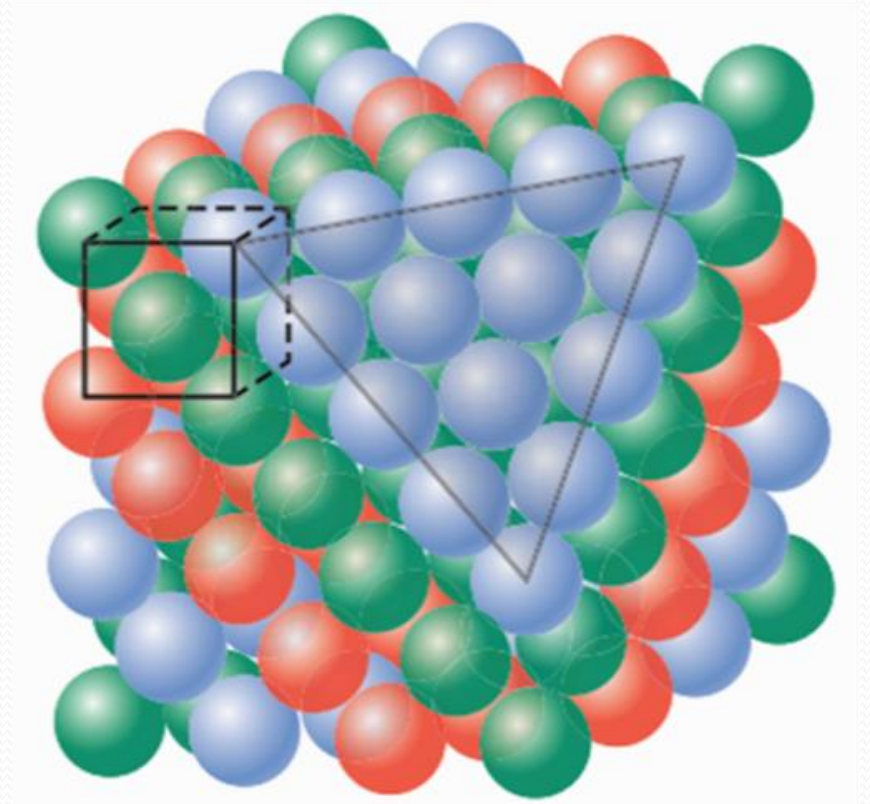
Yüzey merkezli kübik

ABCABCABC...



Yüzey merkezli kübik

kayma neden sıkı paket düzlemlerde daha kolaydır?

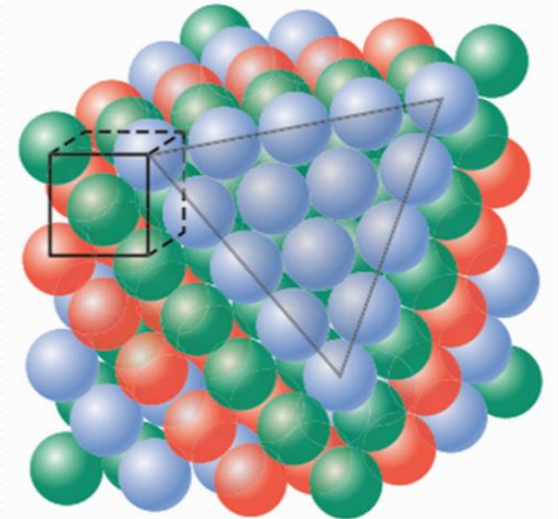


Yüzey merkezli kübik

kayma neden sıkı paket düzlemlerde daha kolaydır?

Sıkı paket düzlemlerde atom yoğunluğu daha yüksek, burgers vektörü daha küçüktür! Dolayısı ile dislokasyon hareketi daha kolaydır!

*Sıkı paket düzlemler arasındaki mesafe daha faz, düzlemlerarası kuvvetler daha zayıftır.
Kayma daha kolay gerçekleşir.*



Metallerin yapıları - dizilişleri

Diziliş şekli	koordinasyon #	dolmuşluk %
Basit kübik (SC)	6	52
Hacim-merkezi kübik (BCC)	8	68
Hekzagonal sıkı paket (HCP)	12	74
Yüzey merkezli kübik (FCC)	12	74

% 60'luk bir dolmuşluk oranı birim kafes hacminin % 60'luk kısmının metal atomları tarafından doldurulduğuna, kalan %40'luk kısmın ise boş kaldığına işaret eder.

Metallerin fiziksel özellikleri

iletkenlik

- Metaller ısı ve elektriği hem katı hem de sıvı halde iletirler.
- Alkali metal eriyikleri nükleer santrallerde ısı transfer gereçleri olarak kullanılırlar/sıvı halde de metalik bağın devam ettiğinin kanıtı!
- Metallerde metallerin yüksek elektrik ve ısı iletkenliği elektronların matriste serbestçe hareket etmesi sayesinde. Metalik bir tele bir uçtan elektronlar yüklenecek olursa bu elektronlar tel boyunca hareket edecek ve diğer uçtan çıkacaktır.

Metallerin fiziksel özellikleri

iletkenlik

- Metallerde atomlar birbirlerine yakın dizilmişlerdir (sıkı paket). Bu özellikleri ısı transferini destekler.
- Isı iletimi ısı enerjisinin atom partiküllerinin enerjiyi transfer edecek şekilde titreşmesi ile gerçekleşir. Metallerin elektron bulutu şeklindeki bağ yapısı iletkenlik özelliğini destekler.
- Elektronlar metal iyonlarına göre çok daha küçük olduğundan aradaki boşluklardan rahatça geçer ve ısıyı yüksek verimle iletirler.

Metallerin ergime sıcaklıkları

- Metallerin ergime ve buharlaşma sıcaklıkları metalik bağların genel olarak kuvvetli olması sayesinde yüksektir.
- Metalik bağların kuvveti elektron kümesindeki serbest elektronların sayısına bağlıdır. Serbest elektronların sayısı arttıkça metalik bağ daha kuvvetli, ergime noktası daha yüksektir.

Metallerin ergime sıcaklıkları

- Ergime noktasını belirleyen faktörlerden biri de atomların dizilişidir. Atomlar daha sık ve yakın dizildiklerinde metalik bağ daha kuvvetli ve ergime noktası daha yüksektir.
- 1. Grup alkali metallerde atomlar gevşek dizilimlidir. Atom çapları büyüktür; serbest elektronlar çekirdekten uzaktır. Bu nedenle 1. grup metallerde metalik bağ daha zayıf olup ergime noktaları diğer metallere göre daha düşüktür.

Metallerin ergime sıcaklıkları

- Metaller 39 °C (civa) ile 3410 °C (tungsten) aralığında ergime noktalarına sahiptir.
- Metalik bağın kuvvetini gösteren esas faktör buharlaşma noktasıdır.
- Mesela civanın buharlaşma noktası 357 °C iken, tungstenin buharlaşma noktası 5660 °C'dir. Dolayısı ile civada metalik bağ atomlar-arası bağlardaki kadar zayıf, tungstende ise metalik bağ çoklu kovalent bağlardaki kadar güçlüdür.

Metallerin ergime sıcaklıkları

Ergime noktaları

Alkali Metals	Alkali Earth metals	Transition Metals										Group III	
180.7	1,278												
98	650												660
63.35	839	1,539	1,660	1,902	1,857	1,246	1,535	1,495	1,453	1,085	419.73	30	
39.64	769	1,526	1,852	2,468	2,617	2,200	2,250	1,966	1,552	961	321	157	

Li	Be											
Na	Mg											Al
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In

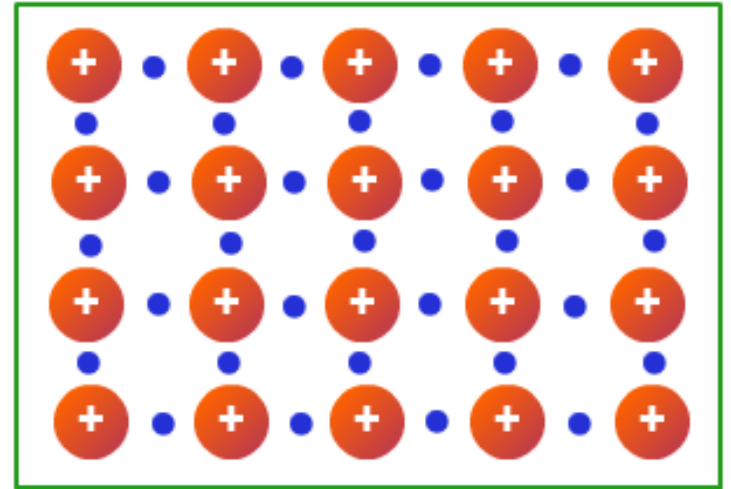
Şekil verilebilirlik ve süneklik

- Atom çekirdekleri etrafındaki elektron bulutu yastık gibi davranır. Bu sayede metalik malzeme darbe aldığında ortalama bileşimi ve yapısal karakteri zarar görmez, değişmez.
- Katyonlar yüklenme altında birbirleri üzerinden hareket ederken serbest elektronlar bu yeni duruma uyum sağlar ve metali bir arada tutar!
- Yönlenmiş bağların bulunmayışı metallerin sünek ve şekil alabilir olmalarını da açıklar. Atomlar birbirleri üzerinden yuvarlanarak yeni bağlar oluştururlar.

Metallerin fiziksel özellikleri

Optik özellikler

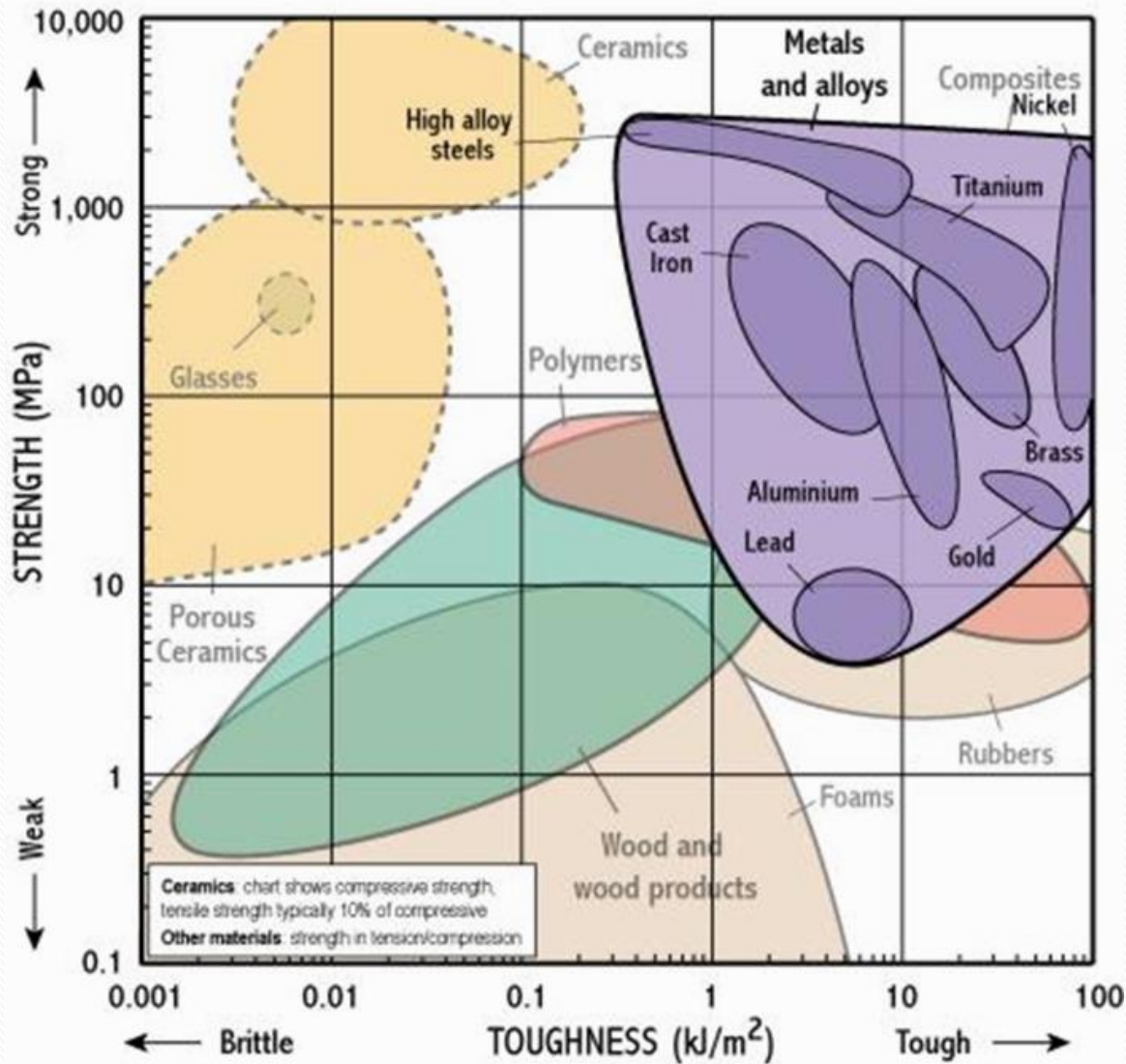
- Metalik malzemeler tipik olarak parlak yüzeylere sahiptirler. Işık fotonları metal yüzeylerinden derinlere giremez ve büyük ölçüde geri yansıtılırlar. Metallerin parlak görünmesinin nedeni budur.
- Işık fotonlarının yüzeyden giren küçük bir kısmı da serbest elektronlar tarafından yutulurlar. Opak olmaları bu yüzden.



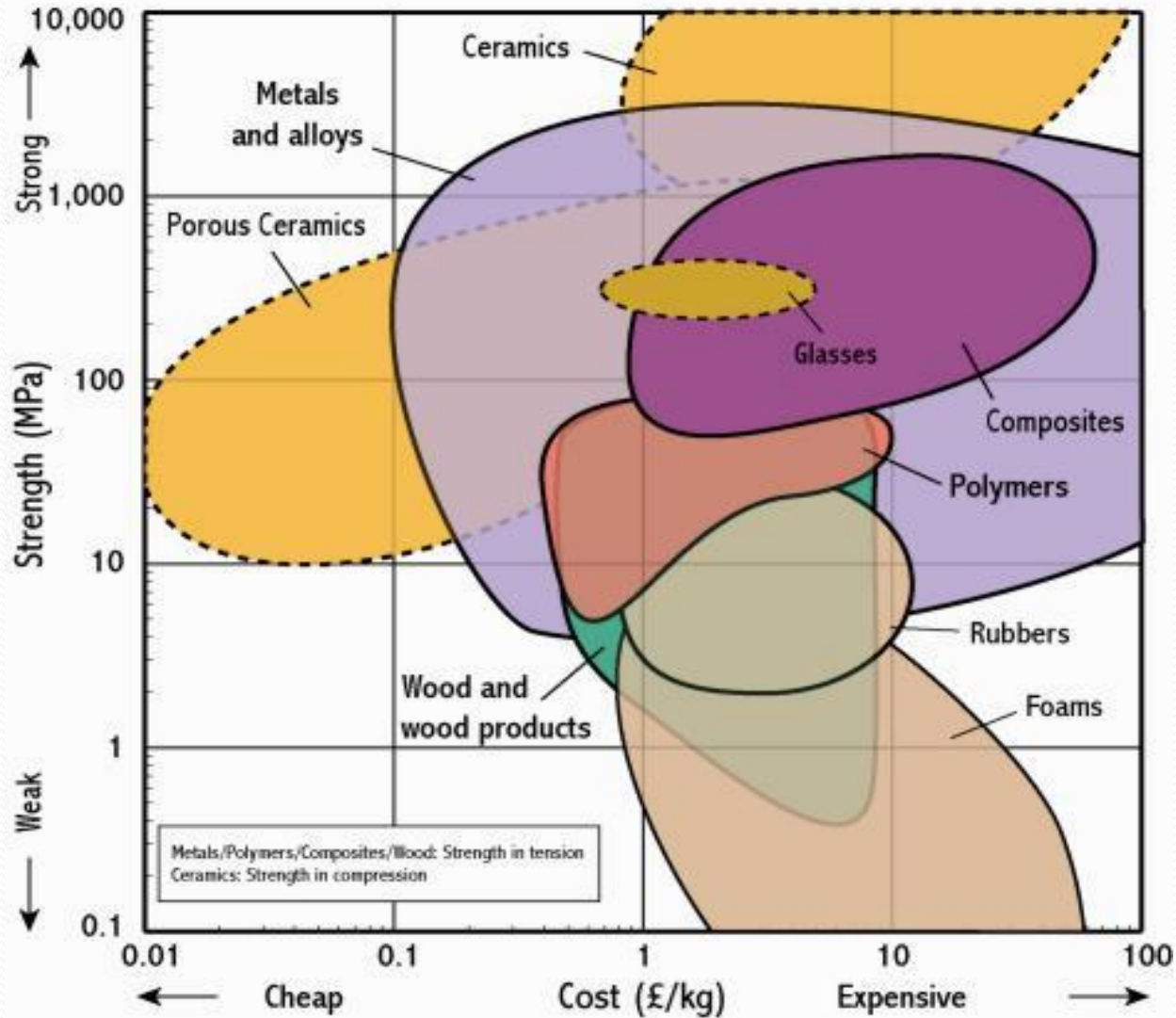
Metallerin kimyasal özellikleri

- Atomlarının en dış elektron halkasında 1 ile 3 elektron bulunur.
- Kolayca korozyona/oksidasyona uğrarlar
- Kolayca elektron kaybederler
- Elektronegatifite değerleri düşüktür
- Redükleyicidirler

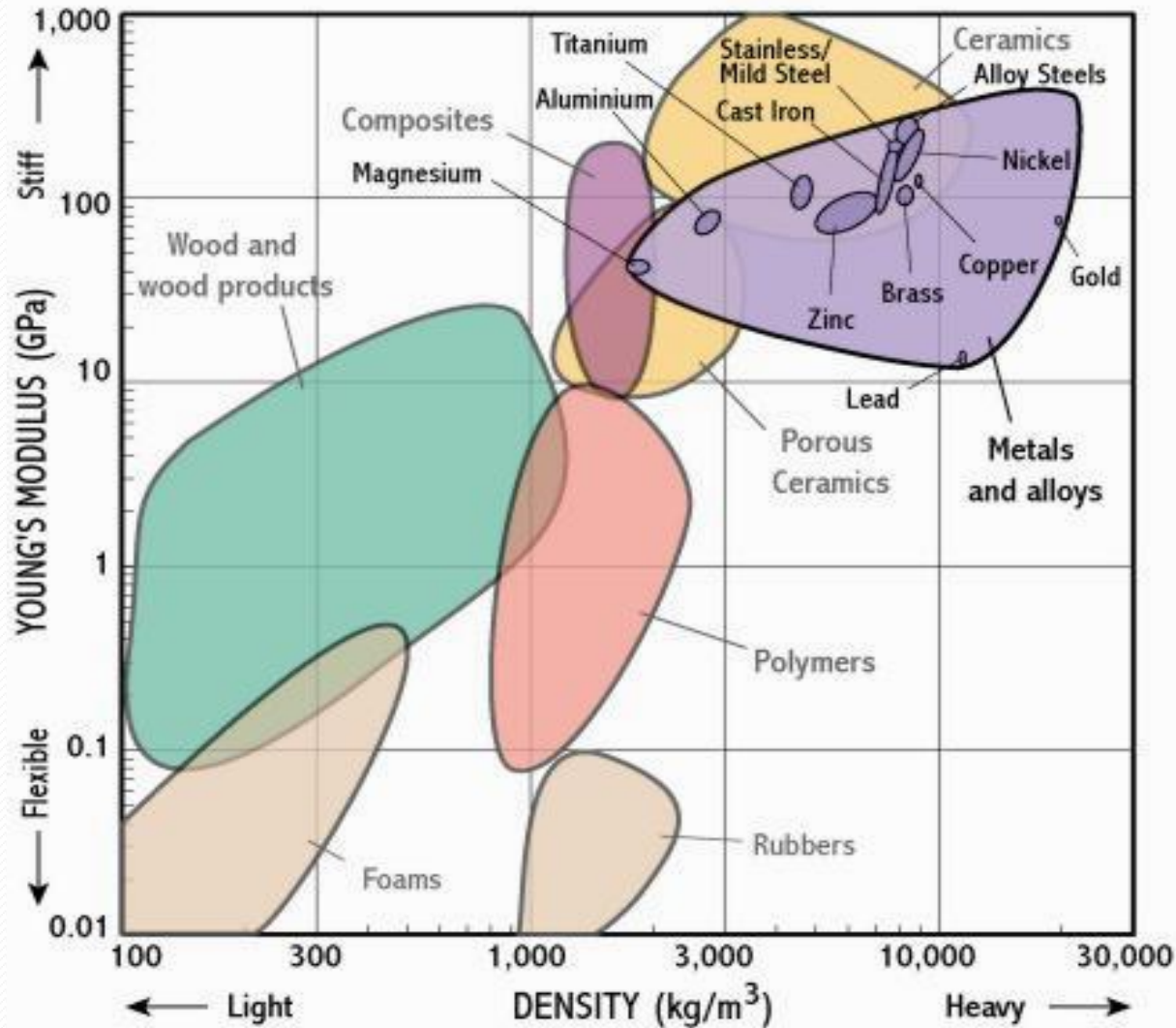
Metallik malzemeler

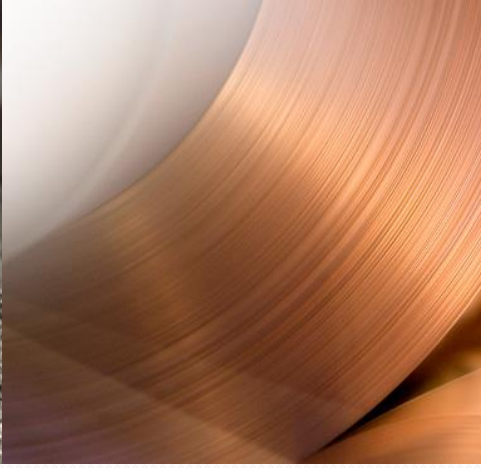


Metallik malzemeler



Metallik malzemeler

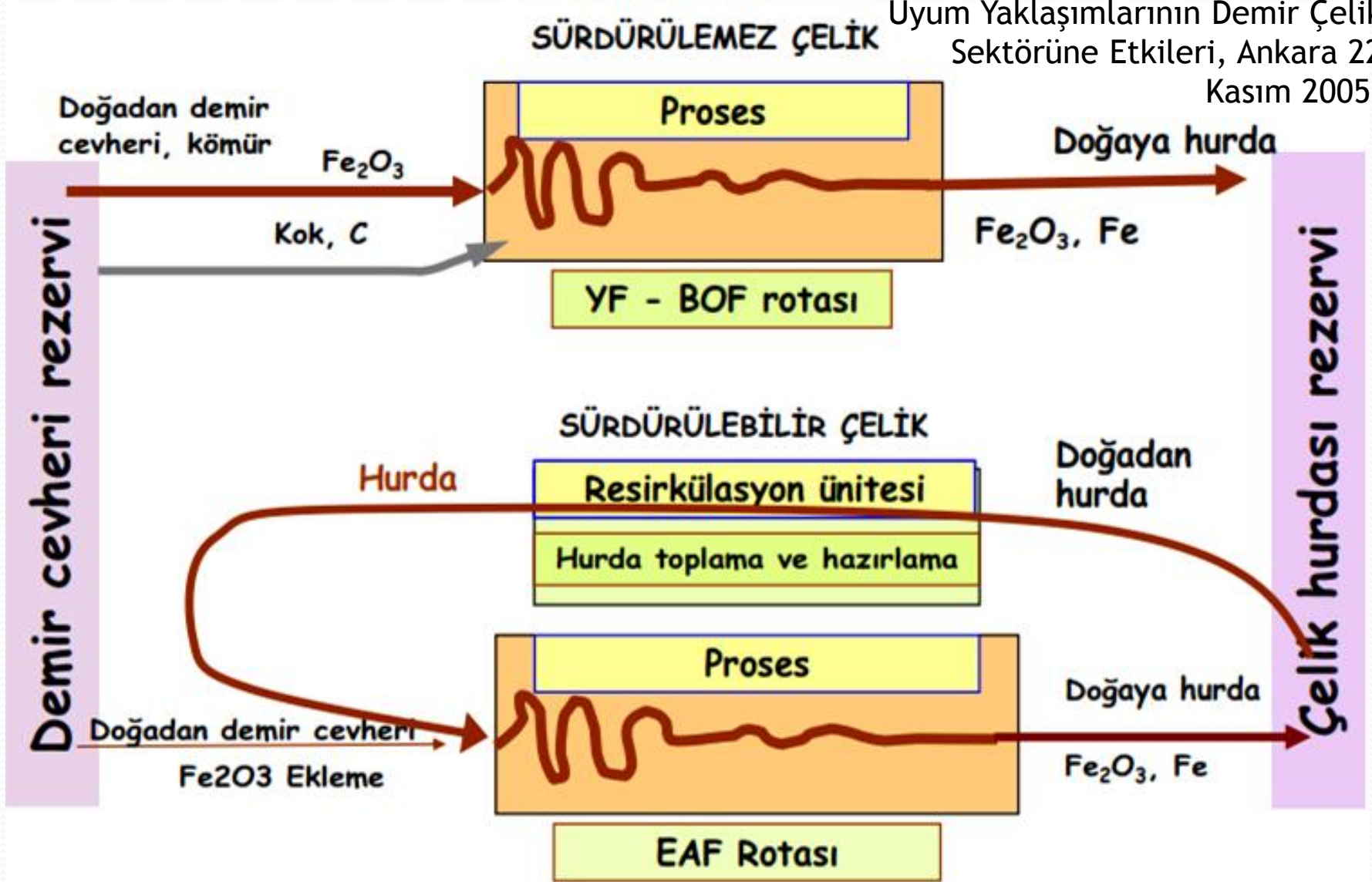




demir esaslı malzemeler

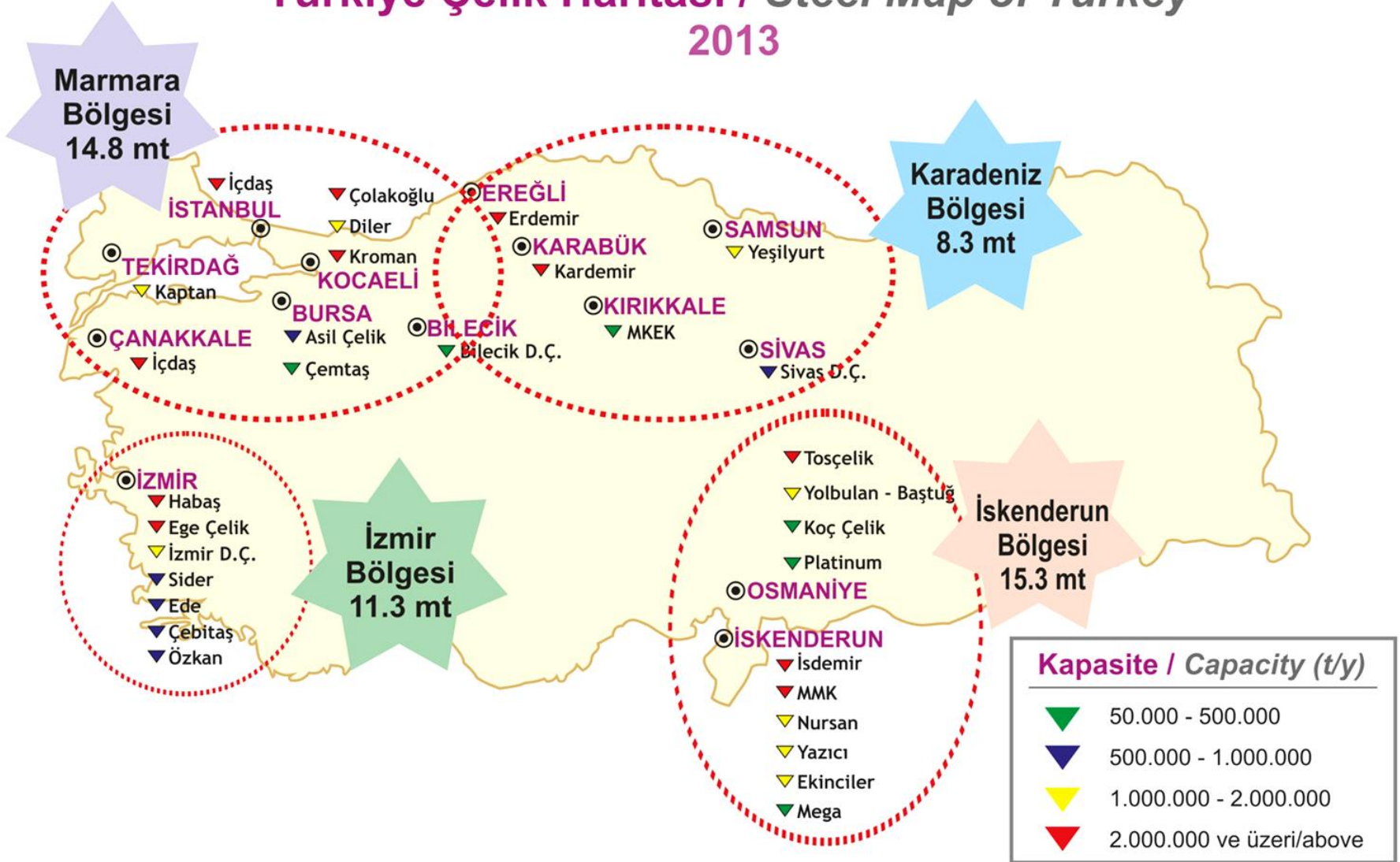
Demir-Çelik sanayi

Yılmaz, M., İklim Değişikliğine AB Uyum Yaklaşımlarının Demir Çelik Sektörüne Etkileri, Ankara 22 Kasım 2005,



TR demir-çelik haritası

Türkiye Çelik Haritası / Steel Map of Turkey 2013



Demir-Çelik sanayi

uzun ürün üreten ilk entegre demir çelik tesisi olan **Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR)** 1937 yılında, yassı ürün talebini karşılamak için kurulan, ikinci entegre tesisi olan **Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (ERDEMİR)**, 1965 yılında üretime başlamıştır.

1975 yılında ise, yine uzun ürün ve yarı ürün talebini karşılayabilmek amacıyla, Türkiye'nin üçüncü entegre tesisi, **İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR)** işletmeye açılmıştır.

1960'lı yıllardan itibaren, özel sektöre ait **elektrik ark ocaklı (EAO)** tesisler de faaliyete geçmiştir.

1980 yılında demir çelik sektörü, yıllık 4.2 milyon ton sıvı çelik üretim kapasitesine ulaşmıştır.

Demir-Çelik sektörünü kuruluşlarının faaliyete geçiş tarihleri

FİRMA	YIL
MKEK	1928
KARDEMİR	1939
ERDEMİR	1965
ÇOLAKOĞLU	1969
KROMAN	1969
İÇDAŞ	1970
ÇEMTAŞ	1972
İSDEMİR	1975
ASILÇELİK	1979
EGE ÇELİK	1982
DİLER	1984
HABAŞ	1987
İDÇ	1987
ÇEBİTAŞ	1989
EKİNCİLER	1989

FİRMA	YIL
EKİNCİLER	1992
SİDEMİR	1994
YAZICI	1997
YEŞİLYURT	2002
KAPTAN	2005
NURSAN	2006
SİDER	2008
PLATİNUM	2008
BİLECİK A.Ş.	2009
TOSÇELİK	2009
MEGA	2010
ÖZKAN	2010
YOLBULAN	2010
MMJ-ATAKAŞ	2011

Demir-Çelik sanayi

tesis	2000			2010		
	Kapasite, ton	Üretim, ton	KKO %	Kapasite, ton	Üretim, ton	KKO %
ASİL ÇELİK	260000	200148	77	485000	287463	59
ÇEBİTAŞ	700000	417160	60	750000	168800	23
ÇEMTAŞ	172000	133587	78	172000	141220	82
ÇOLAKOĞLU	1522000	1570053	103	3000000	2303745	77
ÇUKUROVA	1775000	439167	25	-	-	-
DİLER	906000	262794	29	1500000	1301266	87
EDE	-	-	-	780000	85084	11
EGE ÇELİK	-	-	-	2000000	613686	68
EGE METAL	840000	559387	67	-	-	-
EKİNCİLER	1000000	404227	40	1000000	684431	68
HABAŞ	1530000	1324024	87	4800000	2726629	57
İÇDAŞ	1800000	1384678	77	5267600	3612700	69
İLHAN	-	-	-	200000	56696	28
İZMİR DÇ	850000	742548	87	1500000	1095584	73
KAPTAN	-	-	-	1350000	1073799	80
KROMAN	1100000	626023	57	1350000	1084000	80

Demir-Çelik sanayi

tesis	2000			2010		
	Kapasite, ton	Üretim, ton	KKO %	Kapasite, ton	Üretim, ton	KKO %
MKEK	60000	5763	10	60000	3531	6
NURSAN	-	-	-	1200000	931559	78
ÖZKAN				700000	140770	20
SİDER				720000	686939	95
SİVAS				550000	432431	79
TOSÇELİK				2000000	1320000	66
YAZICI	817000	824271	101	1000000	984712	98
YEŞİLYURT	300000	202367	67	1000000	426242	43
YOLBULAN				1500000	638620	43
DİĞER				500000	105000	21
EAO	13632000	9096197	67	33384600	20904907	66
ERDEMİR	3000000	2388009	80	3850000	3538898	92
İSDEMİR	2200000	1965100	89	4000000	3564495	89
KARDEMİR	1000000	875429	88	1500000	1134566	76
BOF	6200000	5228538	84	9350000	8237959	88
TOPLAM	19832000	14324735	72	42734600	29142866	71

Demir-Çelik sanayi

Türkiye genelinde
3 tanesi entegre tesis (BOF),
23 tanesi EAO'lu
ve 3 tanesi indüksiyon (İO) olmak üzere,
kurulu 29 tesis bulunmaktadır.

Demir-Çelik sanayi

- Türkiye dünyada 10. sırada çelik üreten ülkedir.
- 43 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir.
- Türkiye’de 2011 yılında kabaca 31 milyon ton çelik üretilmiştir.
- Ancak üretiminde ürün dengesizliği vardır, uzun ürünün payı yüksektir.
- Son yıllarda yassı çelik üretiminde artışlar vardır.
- Yassı çelik üretimindeki artışlar daha çok elektrik ark fırını ile yapılan üretimlerle sağlanmaktadır.

Dünya demir-çelik üretimi

Ham Çelik Üretimi (Milyon Ton)

SIRA	ÜLKE	2000	PAY (%)	2008	PAY (%)	2009	PAY (%)	00-09 (%)
1	Çin	127,2	15,0	500,3	37,6	567,8	46,3	346,4
2	Japonya	106,4	12,6	118,7	8,9	87,5	7,1	-17,8
3	Hindistan	26,9	3,2	57,8	4,3	62,8	5,1	133,5
4	Rusya	59,1	7,0	68,5	5,2	60,0	4,9	1,5
5	ABD	101,8	12,0	91,4	6,9	58,2	4,7	-42,8
6	Güney Kore	43,1	5,1	53,6	4,0	48,6	4,0	12,8
7	Almanya	46,4	5,5	45,8	3,4	32,7	2,7	-29,5
8	Ukrayna	31,4	3,7	37,3	2,8	29,9	2,4	-4,8
9	Brezilya	27,9	3,3	33,7	2,5	26,5	2,2	-5,0
10	Türkiye	14,3	1,7	26,8	2,0	25,3	2,1	76,9
11	İtalya	26,7	3,2	30,6	2,3	19,8	1,6	-25,8
12	Tayvan	16,9	2,0	19,9	1,5	15,9	1,3	-5,9
13	İspanya	15,8	1,9	18,6	1,4	14,4	1,2	-8,9
14	Meksika	15,6	1,8	17,2	1,3	14,0	1,1	-10,3
15	Fransa	21,0	2,5	17,9	1,3	12,8	1,0	-39,0
DÜNYA		847,1	100,0	1.329,0	100,0	1.226,5	100,0	44,8

metal sektörü-ihracat

	ÜRÜN GRUBU	2012 MAYIS	2013 MAYIS	DEĞİŞİM	2012 MAYIS	2013 MAYIS	DEĞİŞİM
		Miktar (Ton)	Miktar (Ton)	%	Değer (bin \$)	Değer (bin \$)	%
1	DEMİR ÇELİK ÇUBUK	770.798	814.524	6	510.229	484.702	-5
2	DEMİR ÇELİK DİĞER	92.037	101.751	11	119.003	134.704	13
3	DEMİR ÇELİK PROFİL	154.702	173.018	12	115.659	124.413	8
4	DEMİR ÇELİK BORU	125.780	134.426	7	114.897	121.221	6
5	DEMİR ÇELİK İNŞAAT AKSAMI	59.823	57.156	-4	115.321	116.637	1
6	DEMİR ÇELİK KÜTÜK	195.455	132.285	-32	123.832	73.295	-41
7	DEMİR ÇELİK DİĞER (DEMİR DEMİRDİŞİ)	17.462	22.585	29	49.095	62.628	28
8	DEMİR ÇELİK YASSI SICAK	80.645	98.359	22	56.434	62.590	11
9	DİĞER EŞYA METALLERDEN DİĞER	13.156	13.564	3	53.917	60.241	12
10	ALÜMİNYUM ÇUBUK & PROFİLLER	13.230	13.391	1	55.845	56.129	1
11	DEMİR ÇELİK YASSI KAPLAMA	61.570	57.466	-7	59.874	53.685	-10
12	ALÜMİNYUM SAÇ & LEVHA	13.811	16.170	17	41.558	47.864	15
13	DEMİR ÇELİK FİLMAŞIN	97.668	63.687	-35	66.571	38.425	-42
14	BAKIR ÖRME HALATLAR	4.367	4.597	5	39.203	38.367	-2
15	ALÜMİNYUM DİĞER	6.612	6.747	2	30.185	34.773	15
16	MOBİLYALAR (METAL)	6.442	8.015	24	26.500	33.679	27
17	BAKIR DİĞER	5.350	4.351	-19	43.178	32.348	-25
18	DİĞER EŞYA DİĞER (DEMİR)	10.302	14.663	42	24.584	30.065	22
19	BAKIR TELLER	3.680	3.666	0	32.263	28.999	-10
20	DEMİR ÇELİK SOBA.OCAKLAR	7.669	6.679	-13	30.532	27.299	-11
	TOPLAM	1.820.541	1.838.827	1	1.915.442	1.885.776	-2

metal ihracatı-illere dağılım

	İL ADI	2012 MAYIS Miktar (ton)	2013 MAYIS Miktar (ton)	DEĞİŞİM %	2012 MAYIS Değer (bin \$)	2013 MAYIS Değer (bin \$)	DEĞİŞİM %
1	İSTANBUL	1.141.306	1.010.907	-11	1.091.409	969.068	-11
2	KOCAELI	45.725	48.009	5	115.895	119.866	3
3	HATAY	141.860	172.178	21	105.255	118.572	13
4	ANKARA	58.499	61.958	6	110.271	111.085	1
5	İZMİR	98.870	113.941	15	91.654	100.214	9
6	DENİZLİ	55.463	67.317	21	68.089	75.790	11
7	ŞIRNAK	77.425	104.008	34	53.116	63.591	20
8	BURSA	27.666	23.586	-15	48.969	48.845	0
9	KAYSERİ	17.196	20.080	17	35.098	40.739	16
10	GAZİANTEP	32.037	37.693	18	30.711	32.931	7
11	KARABÜK	27.347	40.897	50	19.610	29.285	49
12	ZONGULDAK	17.859	30.155	69	14.595	24.798	70
13	MARDİN	20.835	21.315	2	15.276	15.288	0
14	ADANA	5.346	8.814	65	8.825	12.601	43
15	SAKARYA	4.116	5.631	37	9.399	11.086	18
16	SAMSUN	2.608	9.526	265	5.176	10.468	102
17	HAKKARİ	6.903	8.276	20	6.269	10.192	63
18	KONYA	3.332	3.448	3	9.003	10.044	12
19	MANİSA	3.502	3.381	-3	8.531	9.352	10
20	TEKİRDAĞ	1.872	1.811	-3	9.492	7.787	-18
	Toplam	1.820.541	1.838.827	1	1.915.442	1.885.776	-2

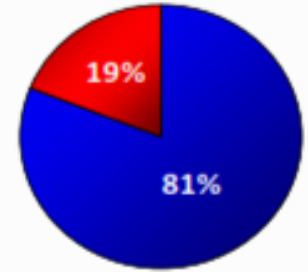
Türkiye çelik sektörü



T.C. BAŞBAKANLIK
DIŞ TİCARET MÜSTEŞARLIĞI

Türkiye Çelik Sektörü

■ Uzun ■ Yassı

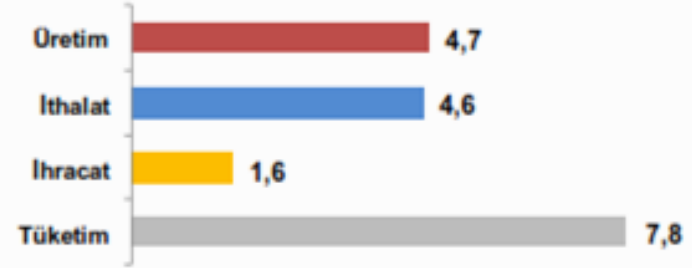
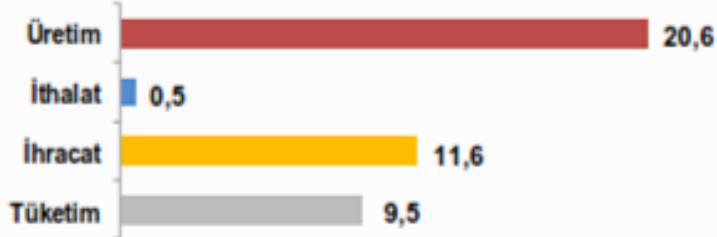


Çelik Üretimi

25,3 Mt

Uzun Ürünler
20,6 Mt

Yassı Ürünler
4,7Mt



17,3 Mt

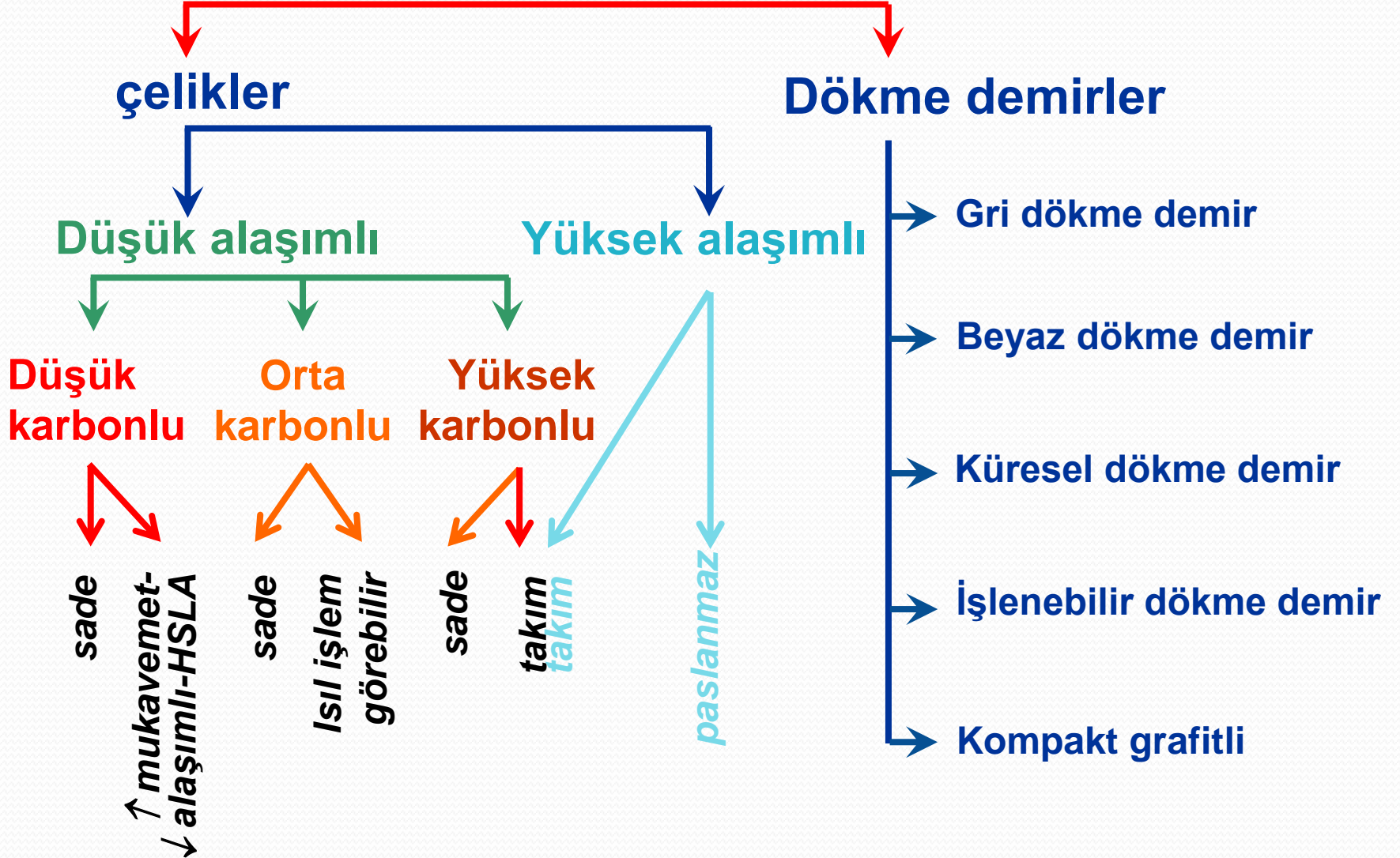
Çelik Tüketimi

sünger demir doğrudan indirgenmiş demir

- Ergitme yapılmadan indirgenmiş katı haldeki demir cevheri; Metal miktarı %80-95
- H₂ ve CO karışımı ile demir cevherinin doğrudan redüklenmesi ile elde edilir.
- Geleneksel üretime göre ekonomik bir alternatif!
- Küçük işletmeler için elektrik fırınları için mükemmel bir yarı mamüldür.



Demir esaslı malzemeler



Çelikler

- Çelikler, zellikler kazandırmak için diğeri alaşım elementlerinin de ilave edildiği Fe-C alaşımlarıdır. (C<%2).
- Karbon sayesinde değişik ısıl işlemlerle çeliklere önemli seviyelerde mukavemet kazandırmak mümkündür.
- Soğuk veya sıcak olarak şekillendirilebilir.
- Çelikler pik demirden üretilir.
- Bunun için pik demir içindeki empüriteler giderilir ve karbon miktarı düşürülür.

Çelikler

- Pik demirdeki fazla karbon CO₂ olarak dışarı alınır.
- Safsızlıkların oksitleri cüruf olarak elik banyo yüzeyinde toplanır.
- Çelikler yüksek miktarlarda diğer alaşım elementleri de içerirler.
- Diğer başlıca alaşım elementleri: %2'ye kadar Mn; %1'e kadar Si
- Cr, Ni, Mo ve değişik oranlarda diğer elementler
- mikroyapı ferrit + sementit'ten oluşur.

Dökme demirler

- Dökme demir diğer elementlerle takviye edilmiş yüksek karbonlu Fe-C alaşımıdır ($C > \%2$).
- Soğuk ve hatta sıcak olarak şekillendirilemez.
- Dökme demirler tipik olarak gevrek malzemelerdir.
- Sadece döküm yoluyla şekil verilirler.
- İstisnasız olarak döküm halinde kullanılır.

Demirin allotropik dönüşümleri

25 °C → 912 °C:

ferrit; α -Fe : BCC

912 °C'de:

ferrit; α -Fe → ostenit; γ -Fe

912 °C → 1394 °C:

ostenit; γ -Fe : FCC

1394 °C'de:

ostenit; γ -Fe → δ -Fe; BCC

1394 °C → 1538 °C:

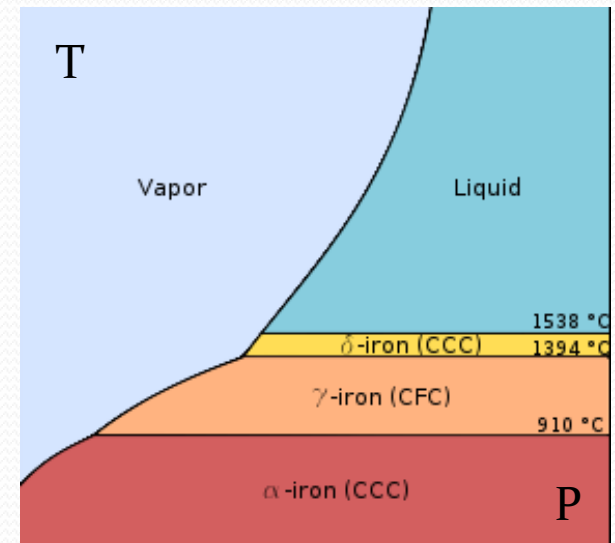
δ -Fe; BCC

1538 °C'de:

δ -Fe ergir!

δ -Fe esasen α -Fe ile aynidir.

Teknolojik yönden önemi yoktur.



Fe-C faz diyagramında reaksiyonlar

Peritektik reaksiyon

1495 °C



Ötektik reaksiyon

1147 °C



Ötektik sıcaklıkta oluşan ostenit-sementit faz karışımına **LEDEBURİT** denir.

Fe-C faz diyagramında reaksiyonlar

Ötektoid reaksiyon

727 °C

$\text{katı}_1 \leftrightarrow \text{katı}_2 + \text{katı}_3$

γ (0.77 wt% C) \leftrightarrow α (0.0218 wt% C) + Fe_3C (6.67 wt% C)

γ (100 wt%) \rightarrow α (89 wt%) + Fe_3C (11 wt%)

Fe-C faz diyagramı

- Ticari saflıktaki demir ağ %0.008'den daha az C içerir ve oda sıcaklığında tamamen ferritten oluşur.
- ostenit fazı 727 °C'nin altında kararlı değildir.
- ostenitte karbonun en yüksek çözünürlüğü ağ %2.14 kadardır ve bu 1147 °C'de gerçekleşir.
- Bu çözünürlük sınırı ferritte olduğundan 100 kat daha fazladır.
- Ostenitte yüksek karbon çözünürlüğü YMK kristal yapısında olmasından ötürüdür. YMK kafesindeki arayer pozisyonları ferritin HMK kafesindekilerden çok daha geniştir.

Demir esaslı malzemeler

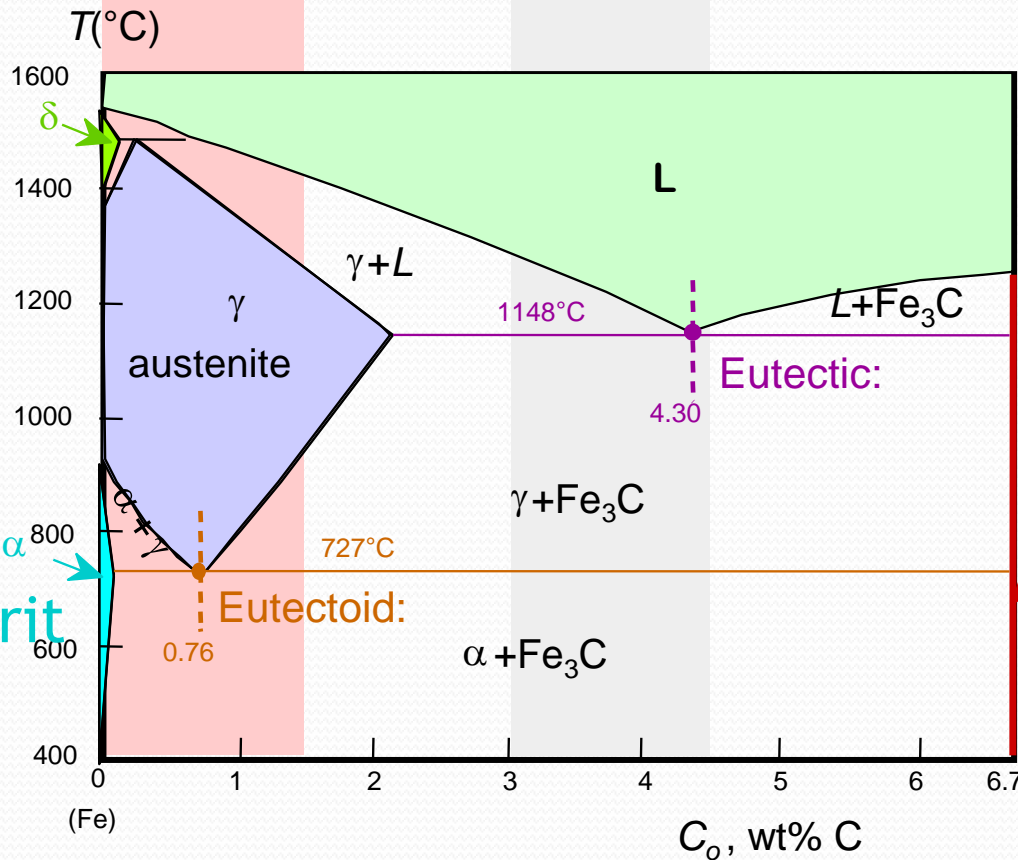
çelikler
<1.4 wt% C

Dökme demirler
3 - 4.5 wt% C

mikroyapı:

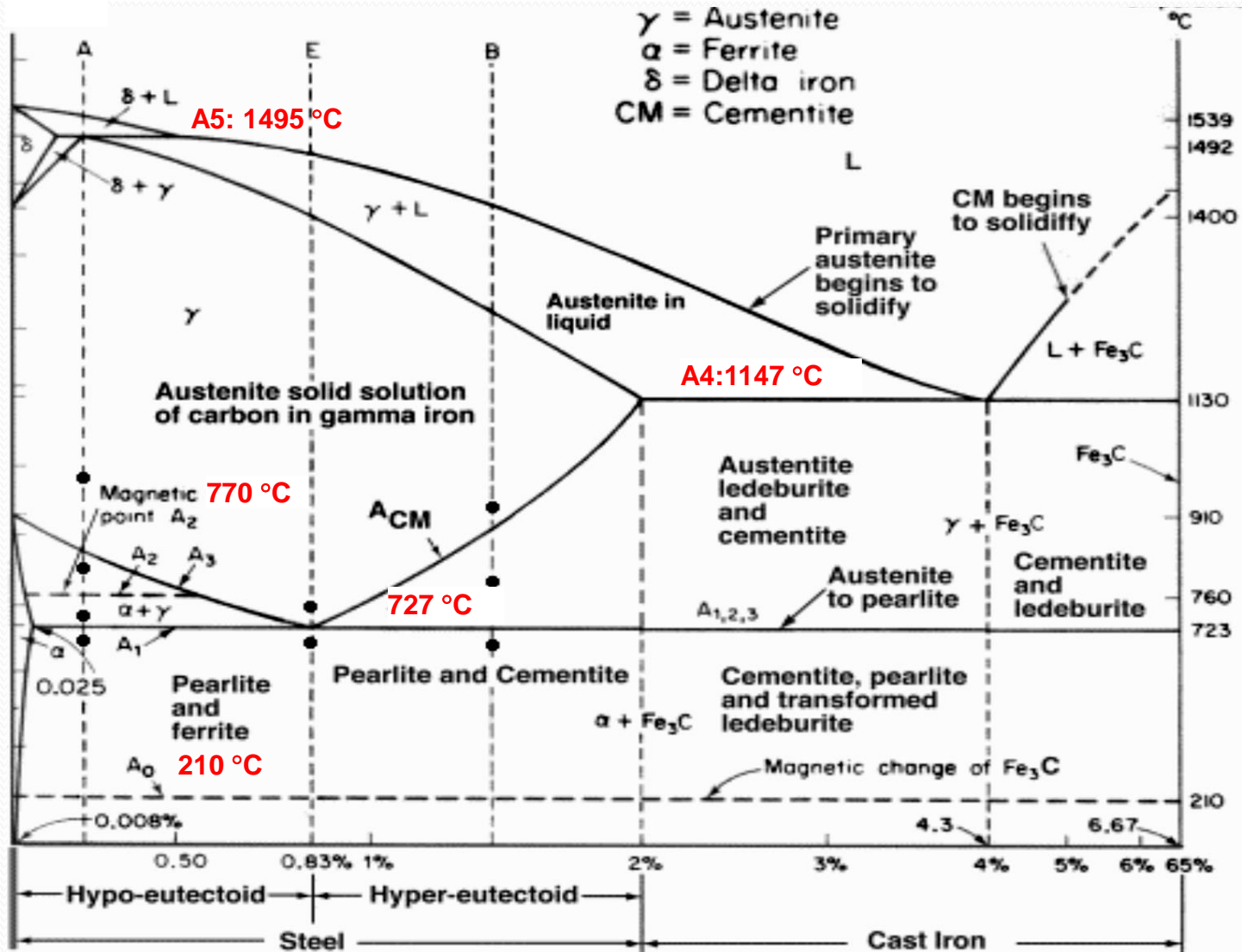
çelikler
ferrit
ostenit
perlit
martensit
sementit

Dökme demir
ferrit
grafit
sementit



Fe_3C
sementit

Fe-Fe₃C faz diyagramı



Kritik sıcaklıklar

A₀ = sementitin
Curie sıcaklığı =
210°C

A₁ = ötektoid
sıcaklık = 727°C
alt kritik sıcaklık

A₂ = ferritin Curie
sıcaklığı =
768/770°C

A₃ = üst kritik
sıcaklık = γ+α / γ faz
sınırı
bileşime bağlı = 910-
727°C

A₄ = ötektik sıcaklık
= 1147°C

A₅ = Peritektik
sıcaklık = 1495°C

Çeliklerin sınıflandırılması

- Çelik alaşımlarının sayısı >1000!
- Keskin bir sınıflandırma imkansız!
- fakat, Çelikler genel olarak aşağıdaki gibi gruplanabilir:

Karbon çelikleri

alaşımli çelikler (düşük alaşımli)

paslanmaz çelikler

Takım çelikleri

özel çelikler

(yüksek alaşımli)

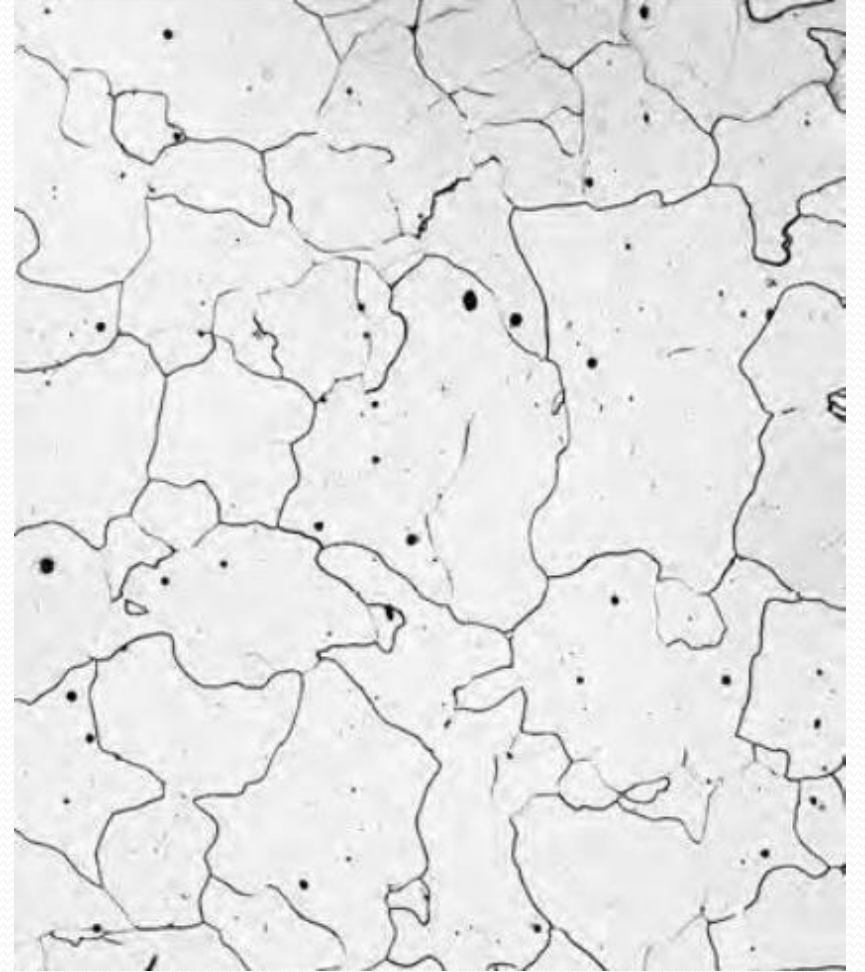
Çeliklerin mikroyapısı

Çeliklerde 5 temel faz/yapı bulunur:

- ferrit
- ostenit
- sementit
- perlit
- martensit

Ferrit / α -Fe

- Yüksek saflıkta demir
- HMK demirde karbonun arayerlerde çözünmesiyle oluşan katı eriyik fazı
- Oda sıcaklığında ferritte çok az karbon (ağ % 0.008 C) çözüdür
- C'un ferritte en yüksek çözünürlüğü ötektik sıcaklıkta (727 °C) ağ % 0.022 kadardır.

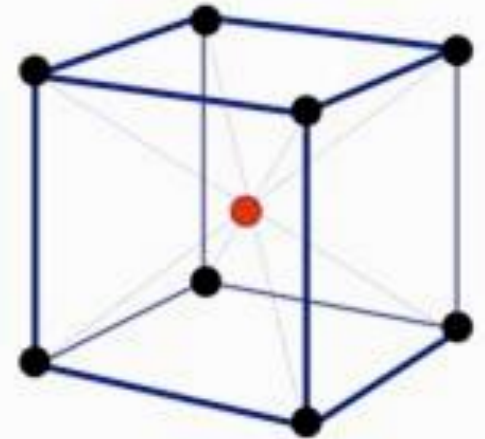


Ferrit / α -Fe

- C atomlarını HMK kafes yapısında arayerlere sığdırmak güçtür.
- C ferritin mekanik özelliklerinde çok etkilidir.
- Ferritik çelikler yumuşak ve sünektir.
- 768 °C altındaki sıcaklıklarda manyetik özellik gösterir
- Yoğunluk: 7.88 g/cm³.
- 912 °C'de YMK kafes yapılı ostenite dönüşür.

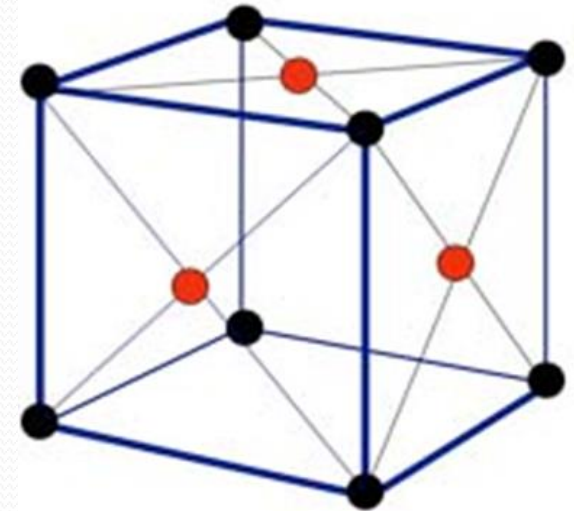
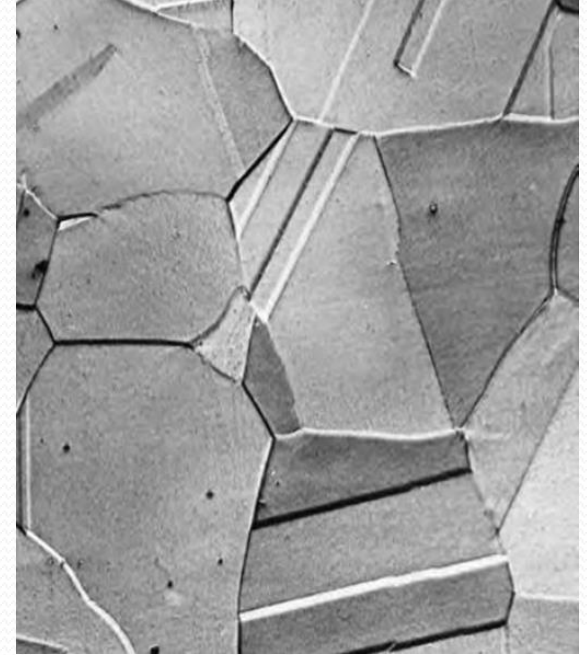
Ferrit / δ -Fe

- karbonun hacim merkezli kübik kafes yapılı demir içinde çözünmesi ile oluşan ara yer katı eriyiği
- α -Fe ile aynı kristal yapıda
- Kafes sabiti 2.89\AA
- $1495\text{ }^\circ\text{C}$ 'de çözünürlüğü ağı % 0.09
- Yüksek sıcaklıklarda kararlı; $T > 1394\text{ }^\circ\text{C}$
- $1539\text{ }^\circ\text{C}$ 'de eriyor.
- Duplex çeliklerde oda sıcaklığında rastlanabilir.

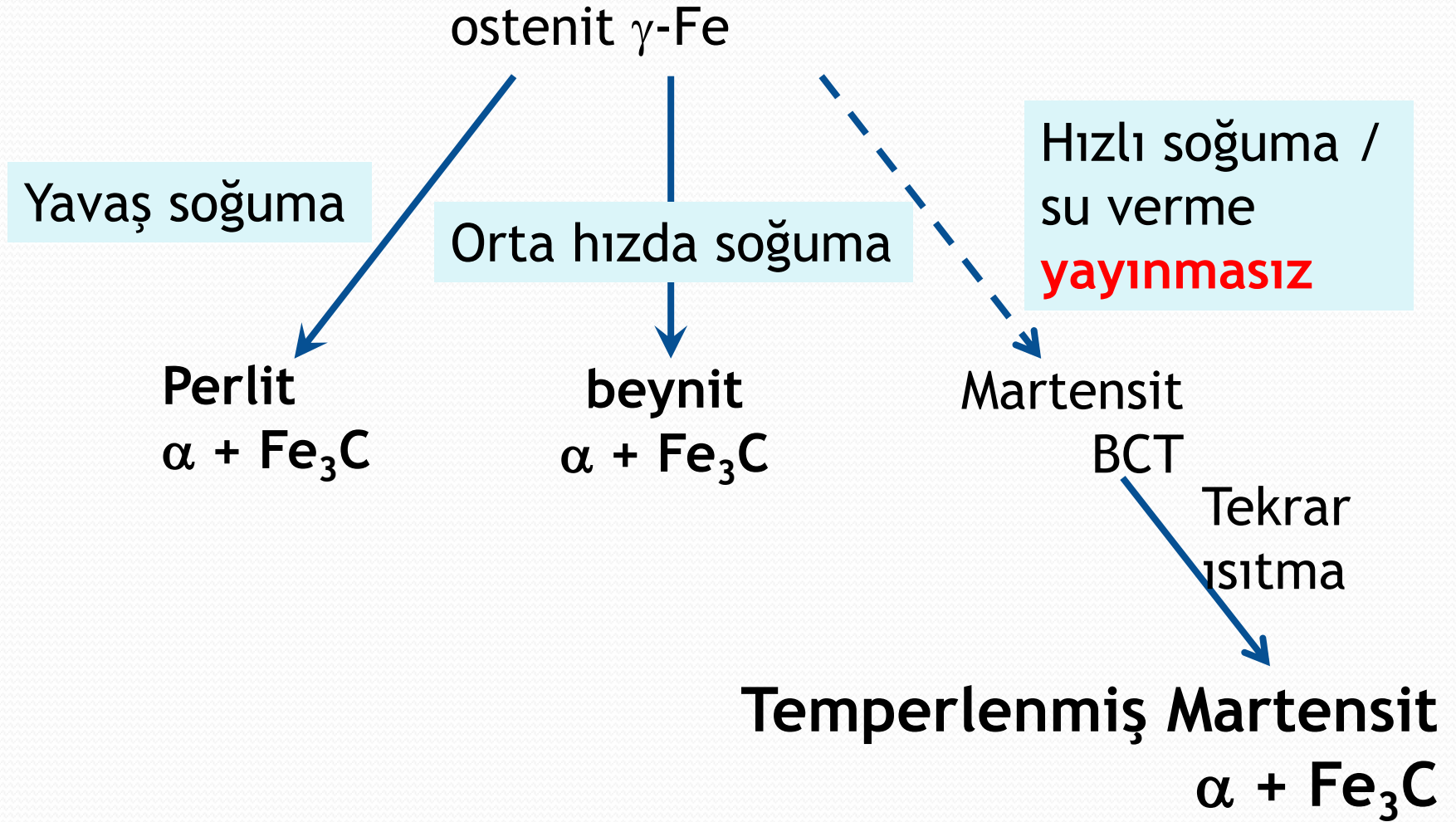


ostenit / γ -Fe

- YMK kristal yapısında
- Demir-karbonun ara yer katı eriyiği
- Karbonun max çözünürlüğü 1147 °C'de at %2.14 wt.
- 1395 °C'de HMK yapılı δ -ferrite dönüşüyor.
- Ötektik sıcaklığın (727 °C) altında kararlı değil - hızlı soğutulmadığı takdirde!
- Malzeme yüksek sıcaklıklardan soğutulduğunda dönüşüyor!



ostenitin dönüşümü



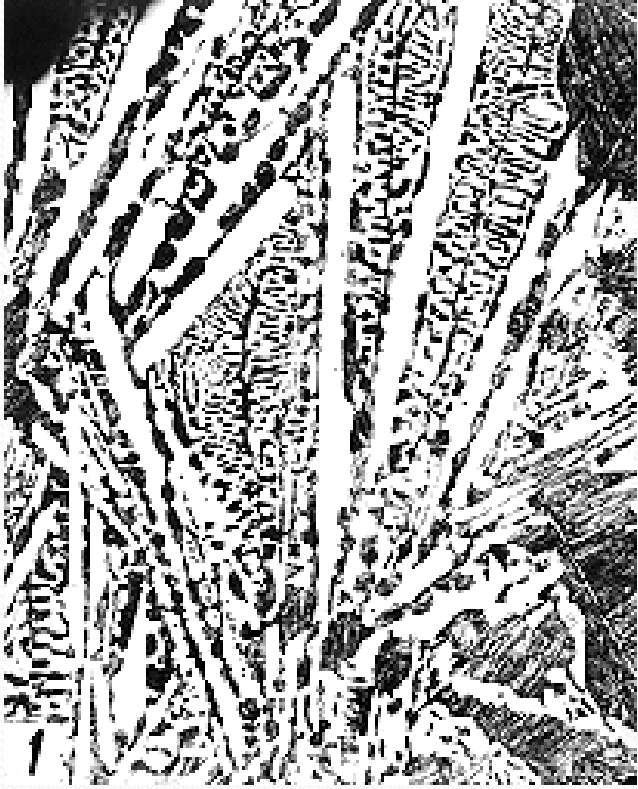
Sementit-Fe₃C

- Ağ %6.67 C ile Fe arasında var olan ara yer bileşiği
- Birim hücrede 12 Demir ve 4 Karbon atomundan oluşan ortorombik yapı
- ötektoid sıcaklığın (727 °C) altında ferrit içinde karbon çözünürlüğü aşıldığında oluşur (α +Fe₃C faz bölgesi içinde kalan bileşimler için!).
- Fe₃C, 727 °C ile 1427 °C arasında γ -ostenit fazı ile birlikte bulunur.

Sementit-Fe₃C

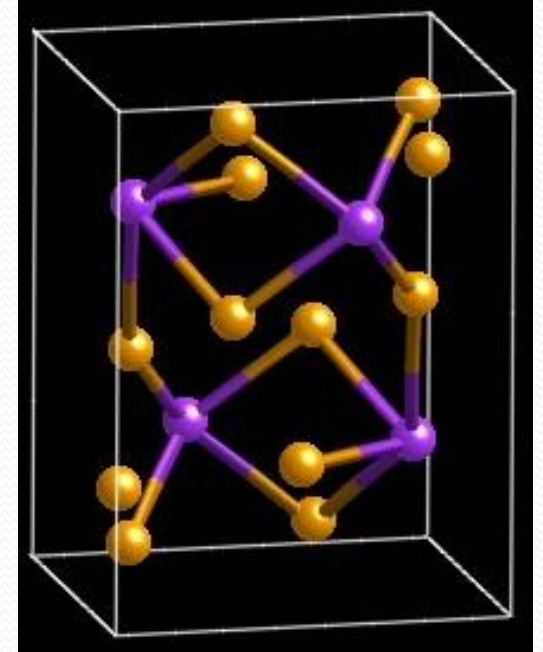
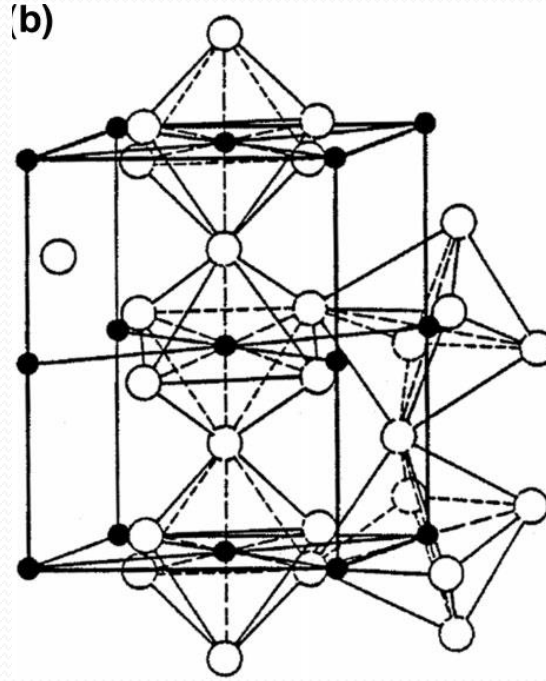
- Çok sert ve kırılgan!
- Mukavemeti arttırır fakat
- Sünekliği ve tokluğu düşürür.
- Yarı kararlı; oda sıcaklığında sonsuza kadar bileşik olarak kalır.
- Fakat 650-700 °C'de birkaç sene içinde çok yavaş şekilde α -Fe and karbona (grafit) dönüşür.

Sementit-Fe₃C



Sementitin
Ortorombik kristal yapısı

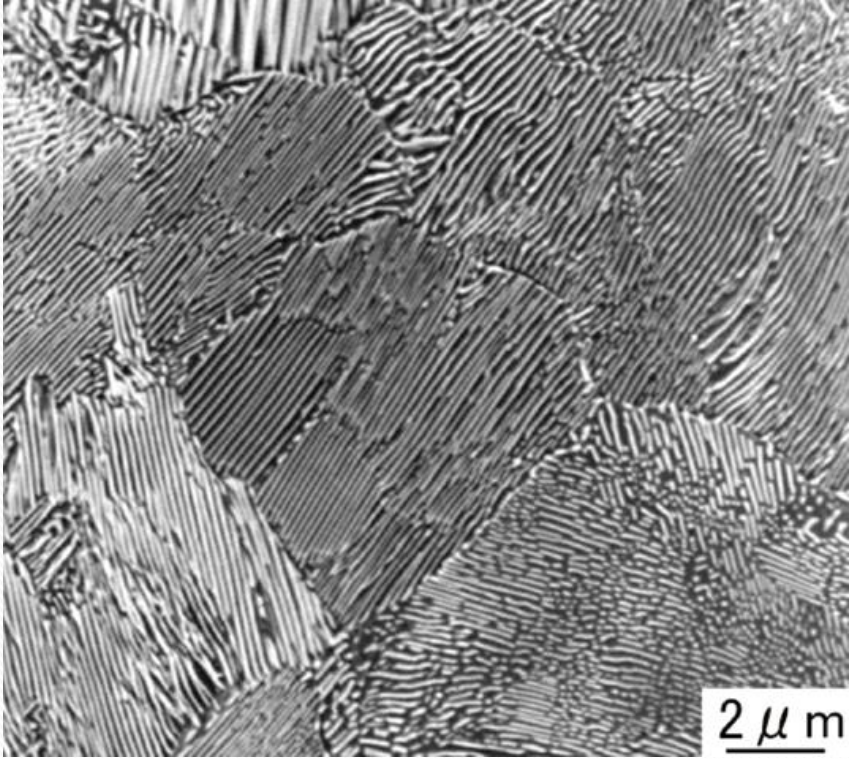
Sementit-ostenit ötektik karışımını gösteren bir beyaz dökme demir örneği



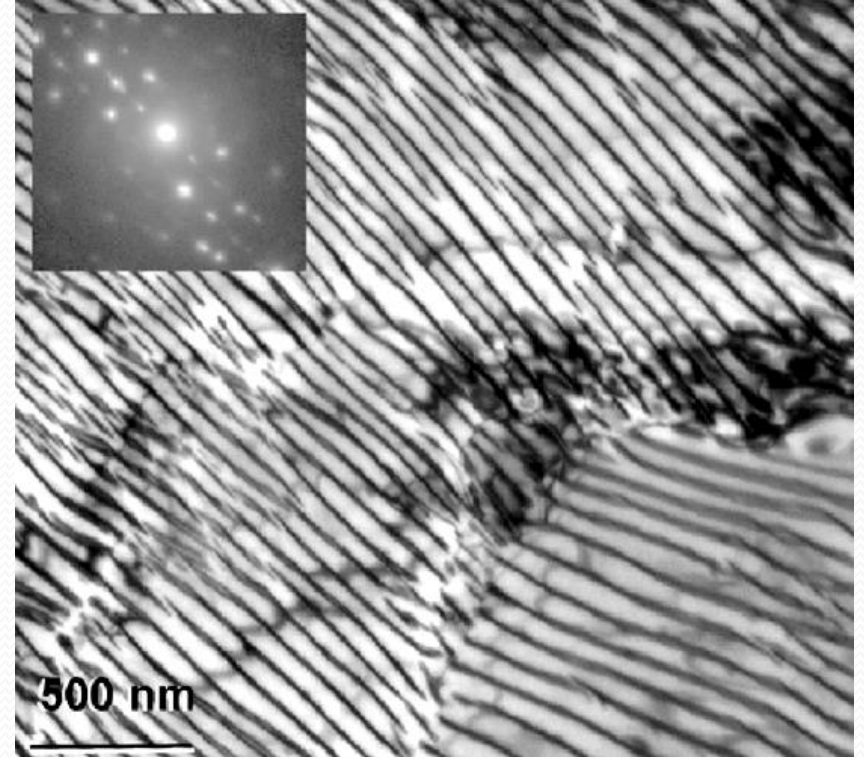
perlit

- Sıralı ferrit ve sementit tabakalarından oluşan lamine bir yapı.
- Yavaş soğuma sırasında ostenit ötektoid sıcaklığın ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$) altına soğuduğunda ötektoid reaksiyonla oluşur.
- Perlit sementitin yüksek sertliği ile ferritin sünekliğini bir araya getirir. Bu sayede çelikler çok geniş bir yelpazede mekanik özellikler sunabilmektedir.
- Laminar yapı tıpkı kompozit malzemelerde olduğu gibi çatlak ilerlemesine engel oluşturur. Bu sayede perlit çeliğe tokluk kazandırmış olur.

Perlit mikroyapısı



Perlit kolonilerinin optik mikroskop görüntüsü



sıralı ferrit ve sementit tabakalarından oluşan perlitin 2-boyutlu elektron mikroskop görüntüsü

beynit

- eliklerde alaşım miktarına bağlı olarak 250-550 °C aralığında oluşan iğnemsisi bir yapıdır.
- Beynit oluřma sıcaklık aralıėı perlit oluřum aralıėından daha dūřuk, martensit aralıėından daha yūksektir.
- Sade karbon çeliklerinde sıcaklık 727 °C altına dūřtūėunde ostenitin dōnūřtūėu yapılardan biridir.
- Sūrekli soėutmada oluřtuėunda beynitin oluřması için gerekli soėutma hızı perlit için gerekli olandan daha yūksektir, martensit için gerekli soėutma hızından daha dūřuktur.

beynit

- Mikroyapı yönünden temperlenmiş martensite benzer.
- Sıralı sementit ve dislokasyon yoğunluğu yüksek ferrit tabakalarından oluşan ince lameller yapı.
- Ferritteki dislokasyon yoğunluğu beynitteki ferriti normal ferritten daha sert yapar.
- Birçok alaşım elementi beynitin kritik oluşum sıcaklığını düşürür. Bu anlamda en etkili element karbondur.

beynit

- Işık mikroskopunda beynit, zayıf yansıtma kapasitesinden ötürü martensitten daha koyu görünür.
- Sertlik yönünden beynit, perlit ve martensit arasında bir yerdedir.

Perlit vs beynit mikroyapıları

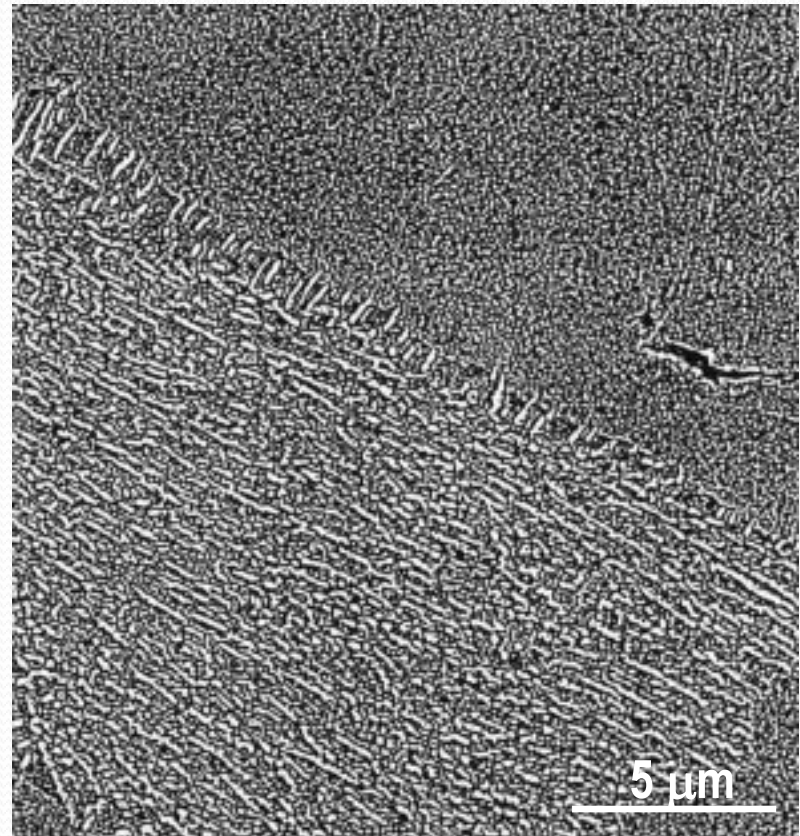
- Gerek perlit gerek beynit ferrit ve sementit tabakalarından oluşur.
- Perlit ostenit tane sınırlarında önce sementit sonra ferritin çekirdeklenmesi ile oluşur.
- Beynit de ostenit tane sınırlarında oluşur. Ancak bu kez önce ferrit sonra sementit çekirdeklenir.
- Ostenitin Beynite dönüşümü, Perlite dönüşmesine göre daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir.
- Bu nedenle beynitte lameller yapı daha incedir.

Perlit vs beynit mikroyapıları

perlit



beynit



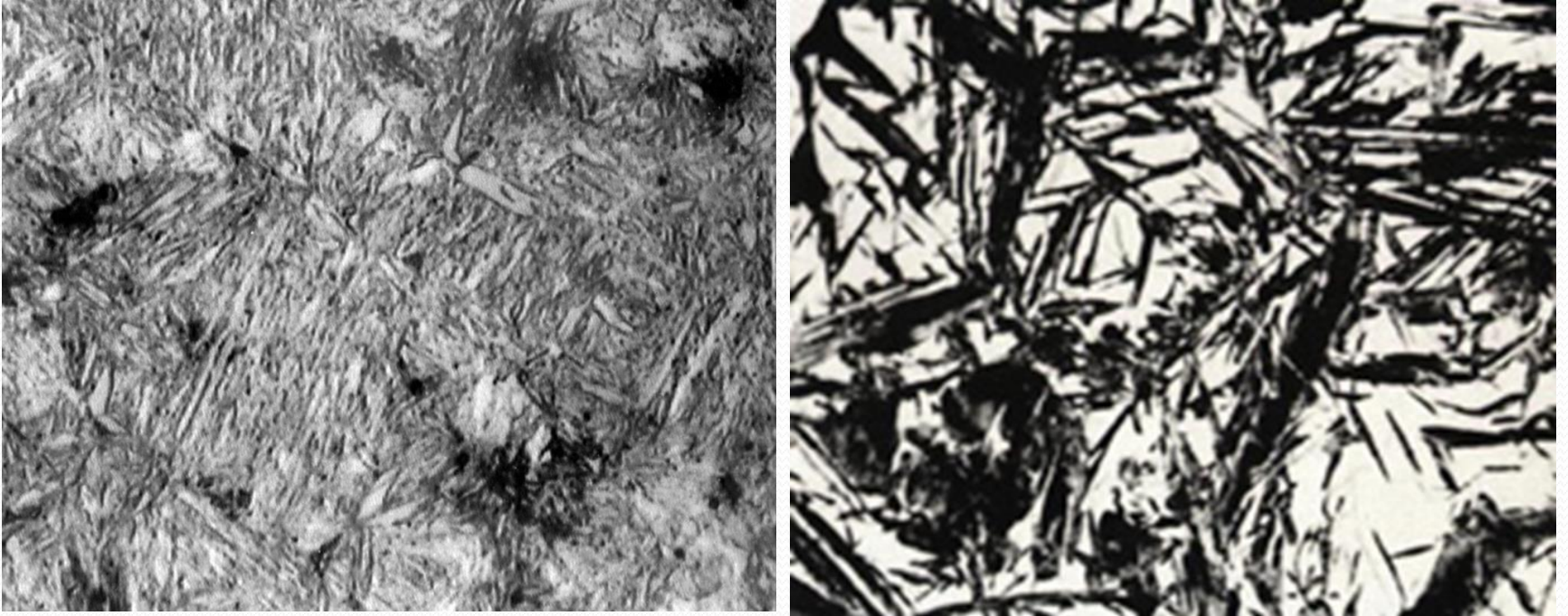
martensit

- Demir ve karbondan oluşan iğnemsî morfolojide bir yapı.
- Ostenitten sadece yüksek hızlarda soğutma ile oluşur.
- Ostenit hızla soğutulduğunda C atomları Fe_3C düzeninde yerleşmek üzere yayınma için yeterli zaman bulamazlar.
- YMK kafes yapılu ostenit bu şartlarda karbonca aşırı doymuş ve gerinime uğramış HMK kafes yapılu bir ferrite dönüşür. Oluşan kayma deformasyonu çok sayıda dislokasyonun oluşmasına yol açar. Bu çeliklerde en önemli sertleşme mekanizmasıdır.

martensit

- Makul özellikler için kullanılmadan önce temperlenmesi gerekir.
- Perlitik bir çelikte ulaşılabilen en yüksek sertlik 400 Brinell iken martensitik bir çelikte bu değer 700 Brinell'dir.
- Martensitik dönüşüm martensit başlama sıcaklığında (M_s) başlar ve martensit bitiş sıcaklığında (M_f) sona erinceye kadar sürekli artarak devam eder.
- Martensit mükemmel mukavemet değerleri (>3500 MPa) ve tokluk özelliklerini bir arada sunduğu için çelik teknolojisinin en önemli yapısal unsurudur.

Martensit mikroyapısı

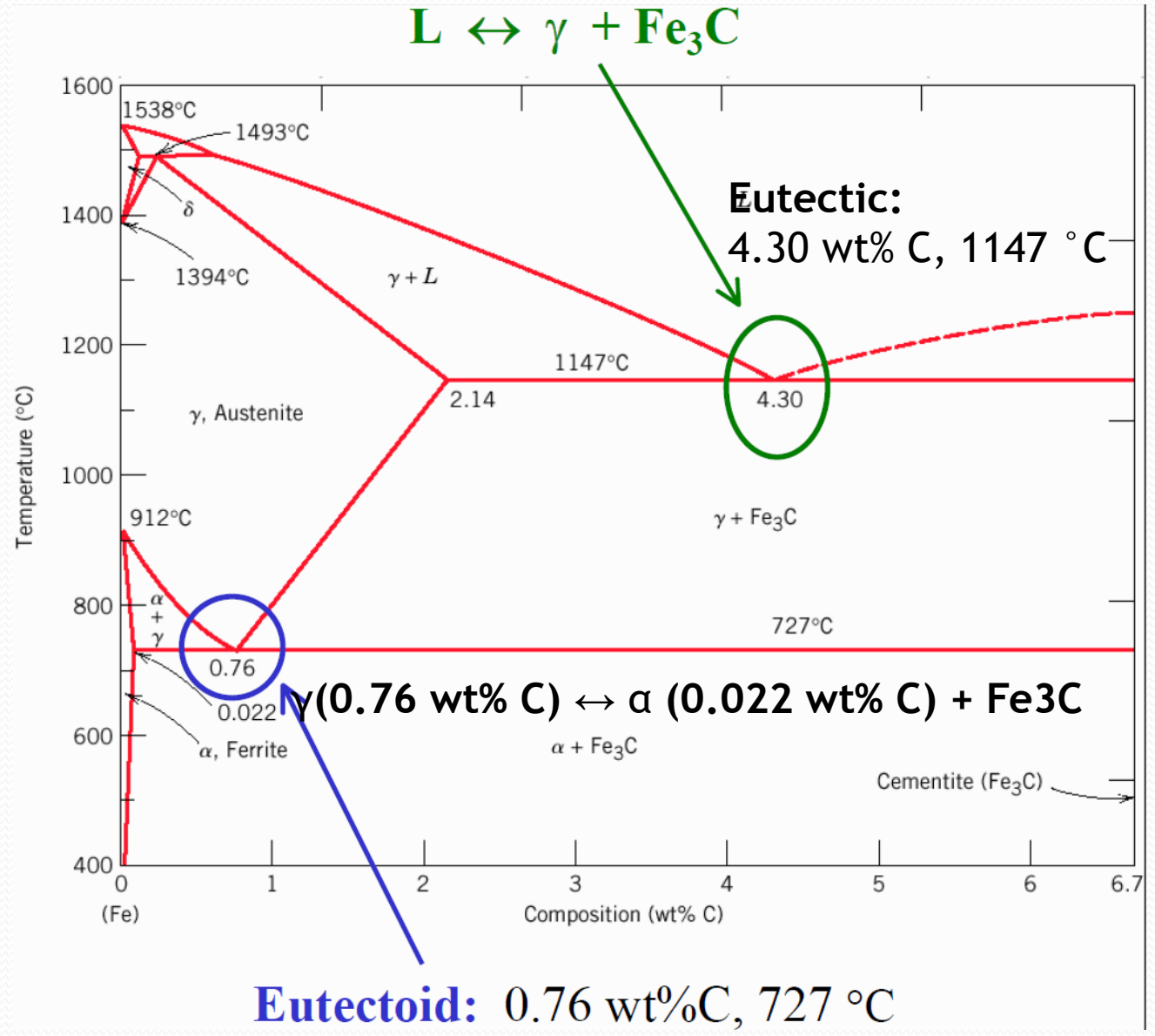


0.35%C çeliği; 870 °C'den suda soğutulmuş!

martensitin iğnemsisi yapısı; aradaki beyaz bölgeler kalıntı ostenit!

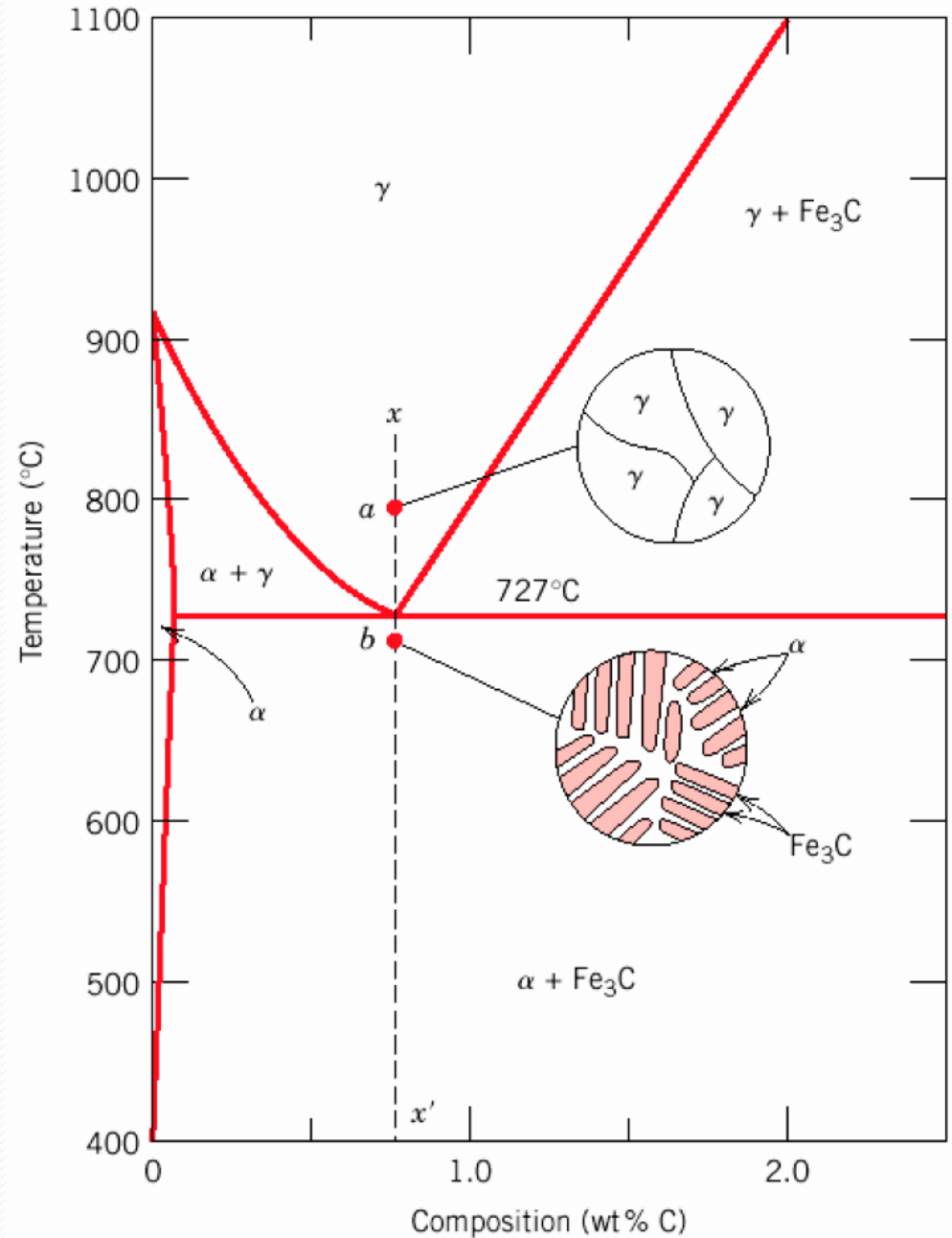
Fe-Fe₃C sisteminde ötektik ve ötektoid reaksiyonlar

Ötektik ve ötektoid dönüşümler çeliklerin ısıtıl işlemin uygulamalarında önemli rol oynar.



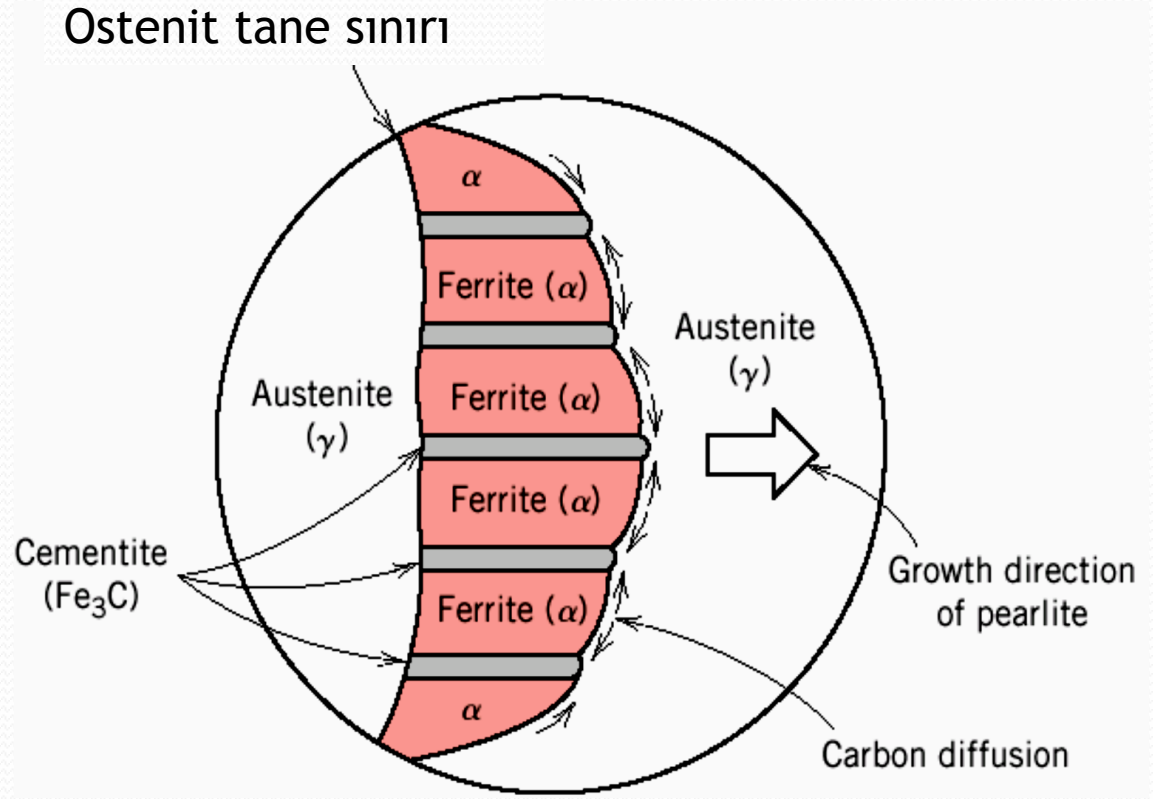
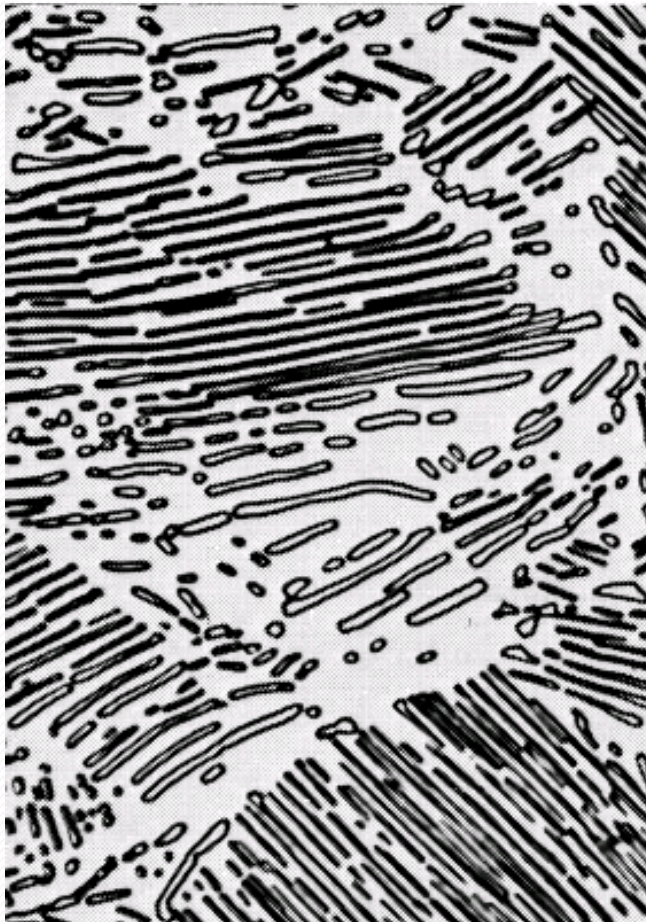
Eutectoid: 0.76 wt%C, 727 °C

Ötektoid çelik



Ötektoid çelik

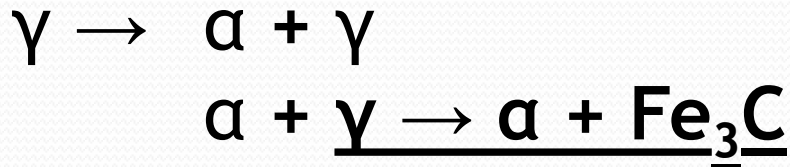
Ötektoid bileşimdeki (ağ %0.76 C) çelik yavaş soğutulduğunda:
 α -ferrit (ağ %0.022 C) + sementit (ağ %6.7 C)



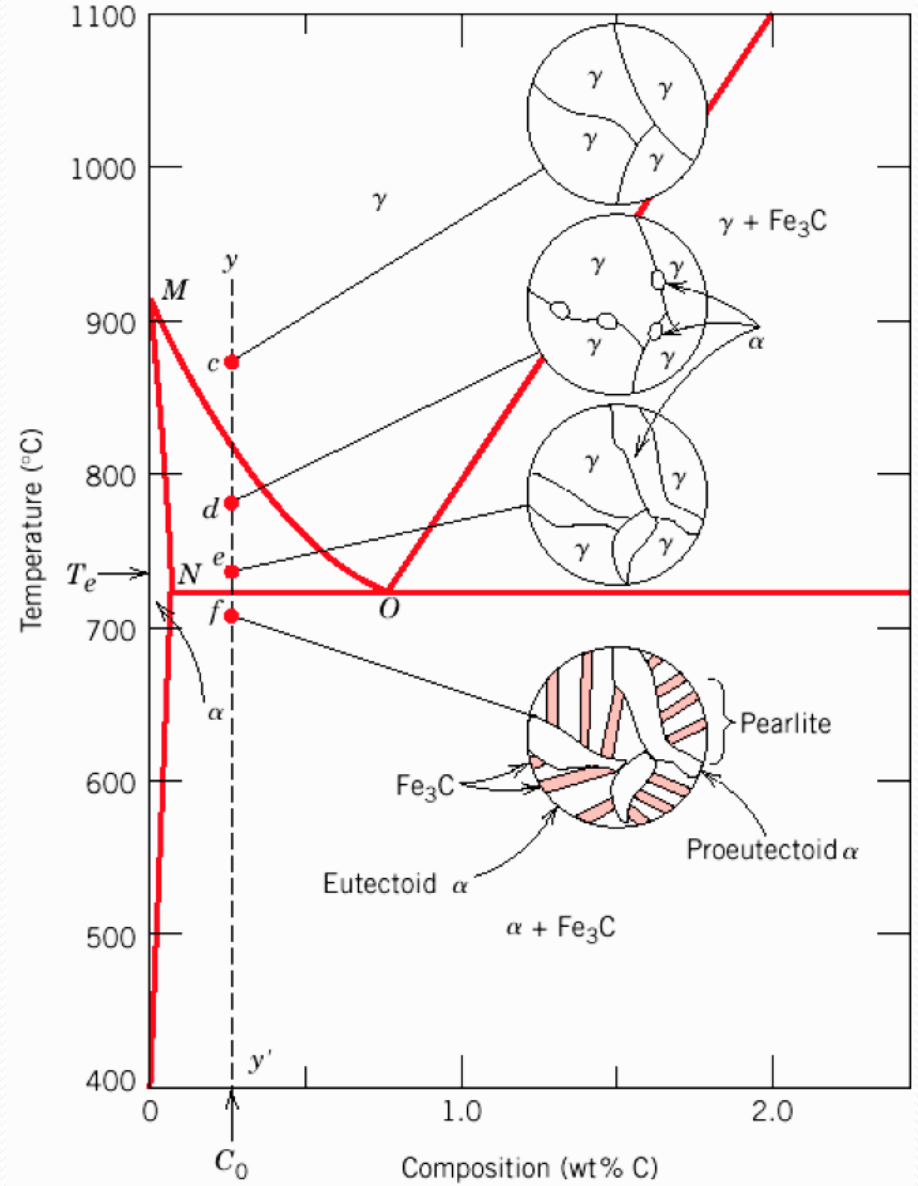
Koyu bölgeler sementit açık bölgeler ferrit tabakası

Ötektoid-altı çelikler

Ötektoid noktanın solundaki bileşimler ötektoid-altı çelikler: (ağ 0.022 - 0.76 % C)

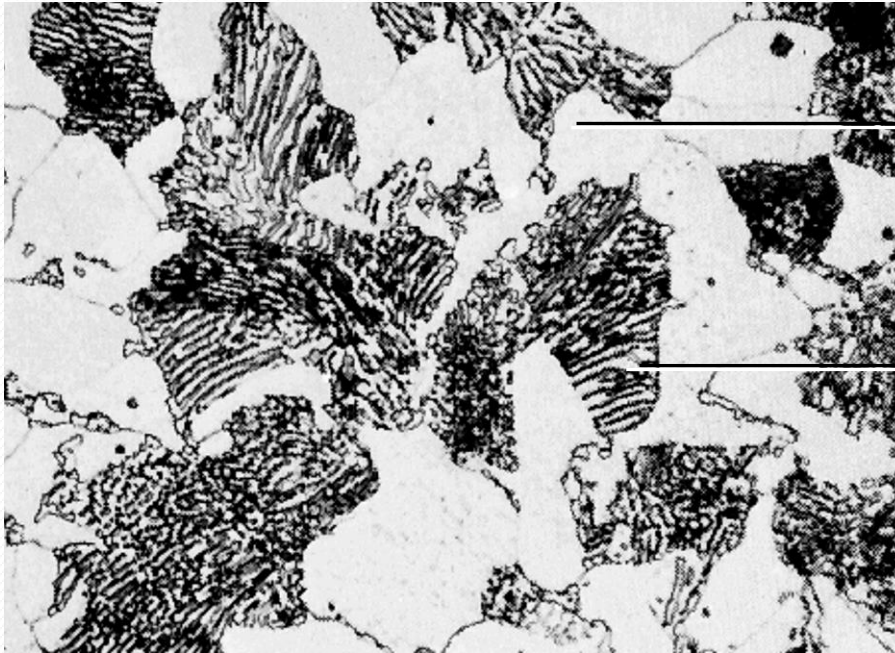


ağ 0.30 % C çelik: perlit + pro-ötektoid ferrit



Ötektoid altı çelik

Ötektoid altı çelikler ötektik noktanın üstünde oluşan ferrit ile ötektoid dönüşüm sırasında sementit ile birlikte oluşan ötektoid ferrit içerirler.

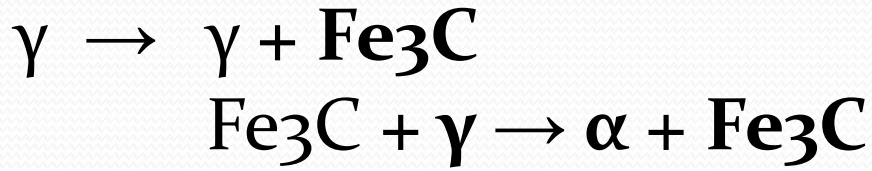


→ Ötektoid ferrit

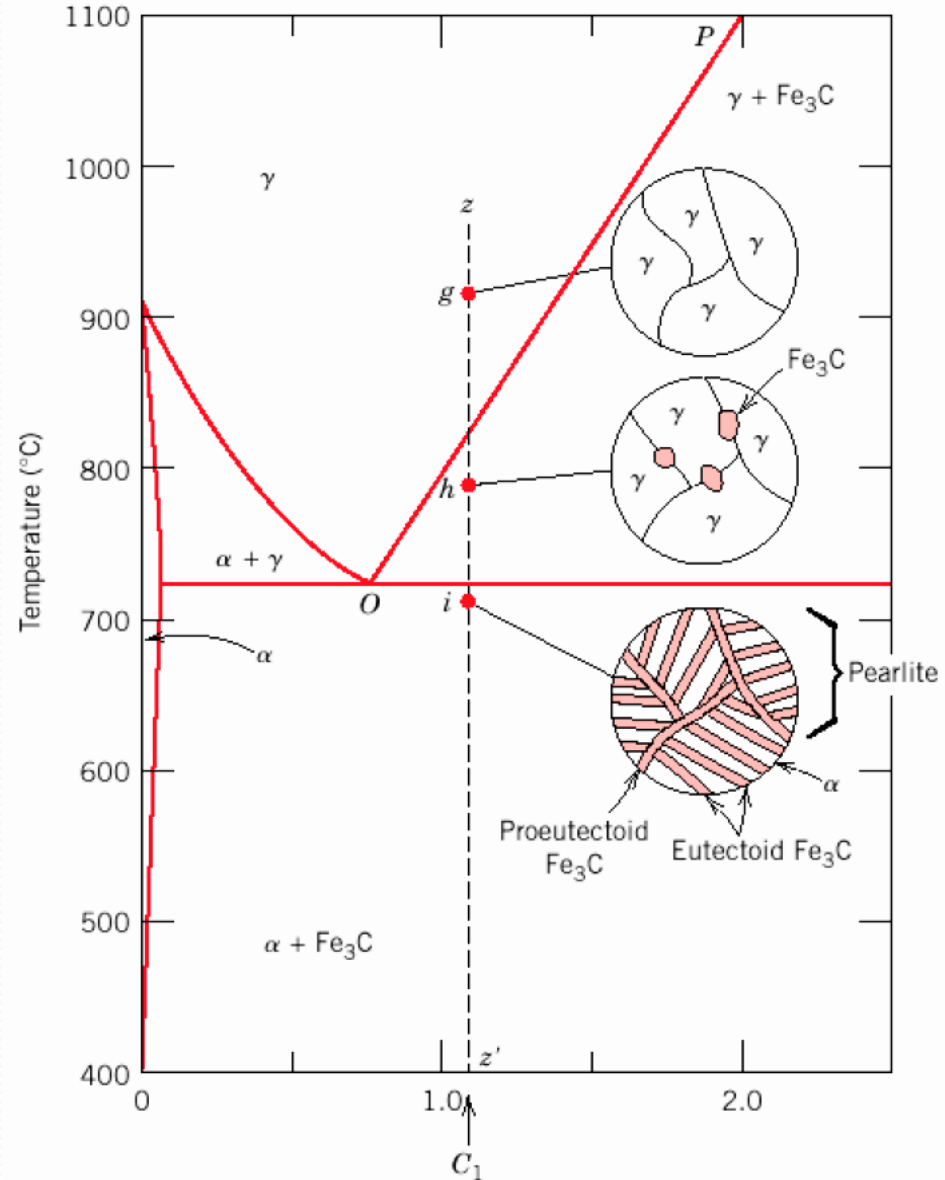
→ Ötektoid altı ferrit

Ötektoid üstü çelikler

Ötektoid noktanın sağındaki bileşimler ötektoid-üstü çelikler: (ağ 0.76-2.14 % C)

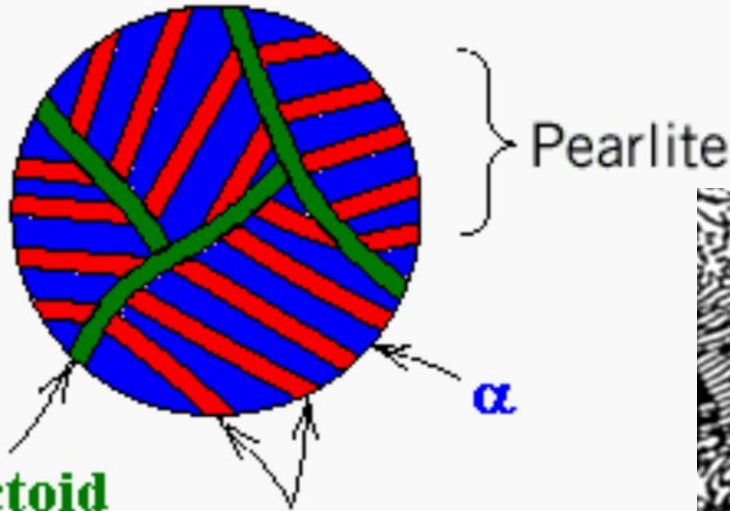


ağ %1.2 C çeliği: perlit kolonilerini çevreleyen beyaz ötektoid-öncesi sementit



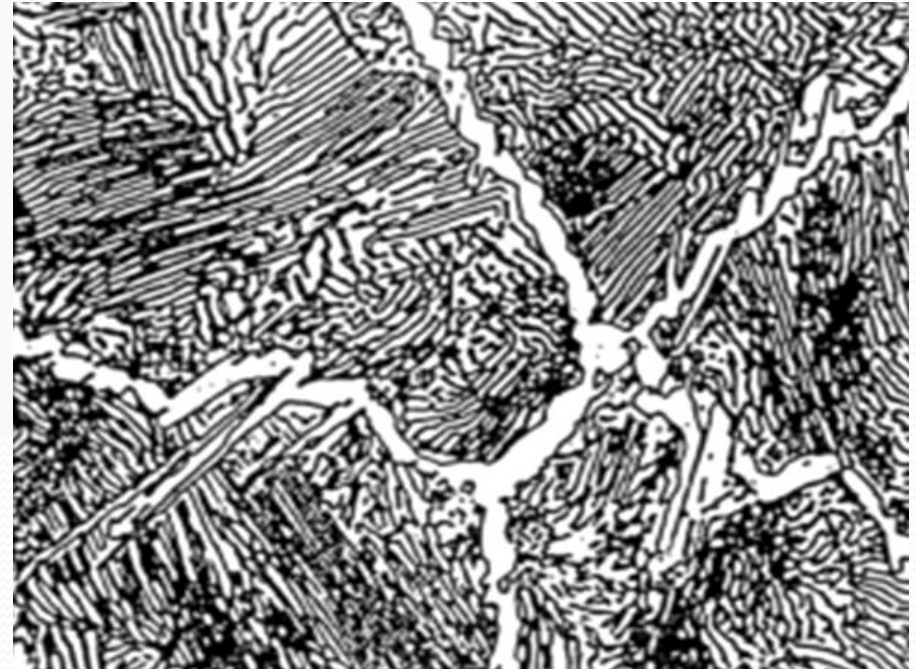
Ötektoid üstü çelikler

Ötektoid üstü çelikler ötektik noktanın üstünde oluşan sementit ile ötektoid dönüşüm sırasında ferrit ve sementit tabakalarından oluşan perlit kümeleri içerirler.

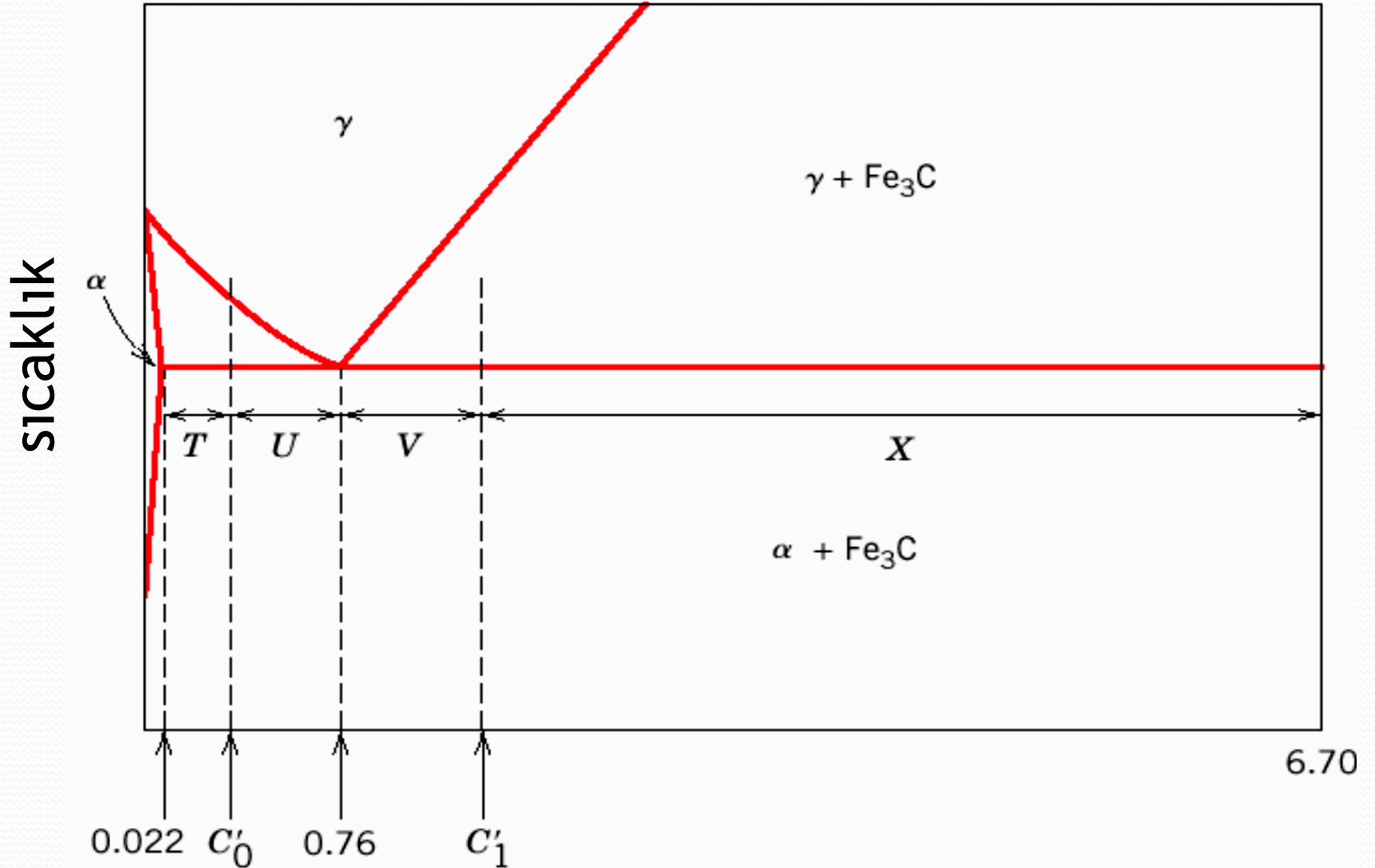


Proeutectoid
 Fe_3C

Eutectoid Fe_3C



Ötektoid öncesi faz (ferrit veya sementit) ve perlit miktarının hesaplanması





Haftaya görünmek üzere.....