

Çelikler ve Dökme Demirler

Fe-Fe₃C Faz Diyagramı 1.Hafta

Prof. Dr. İbrahim ÖZBEK

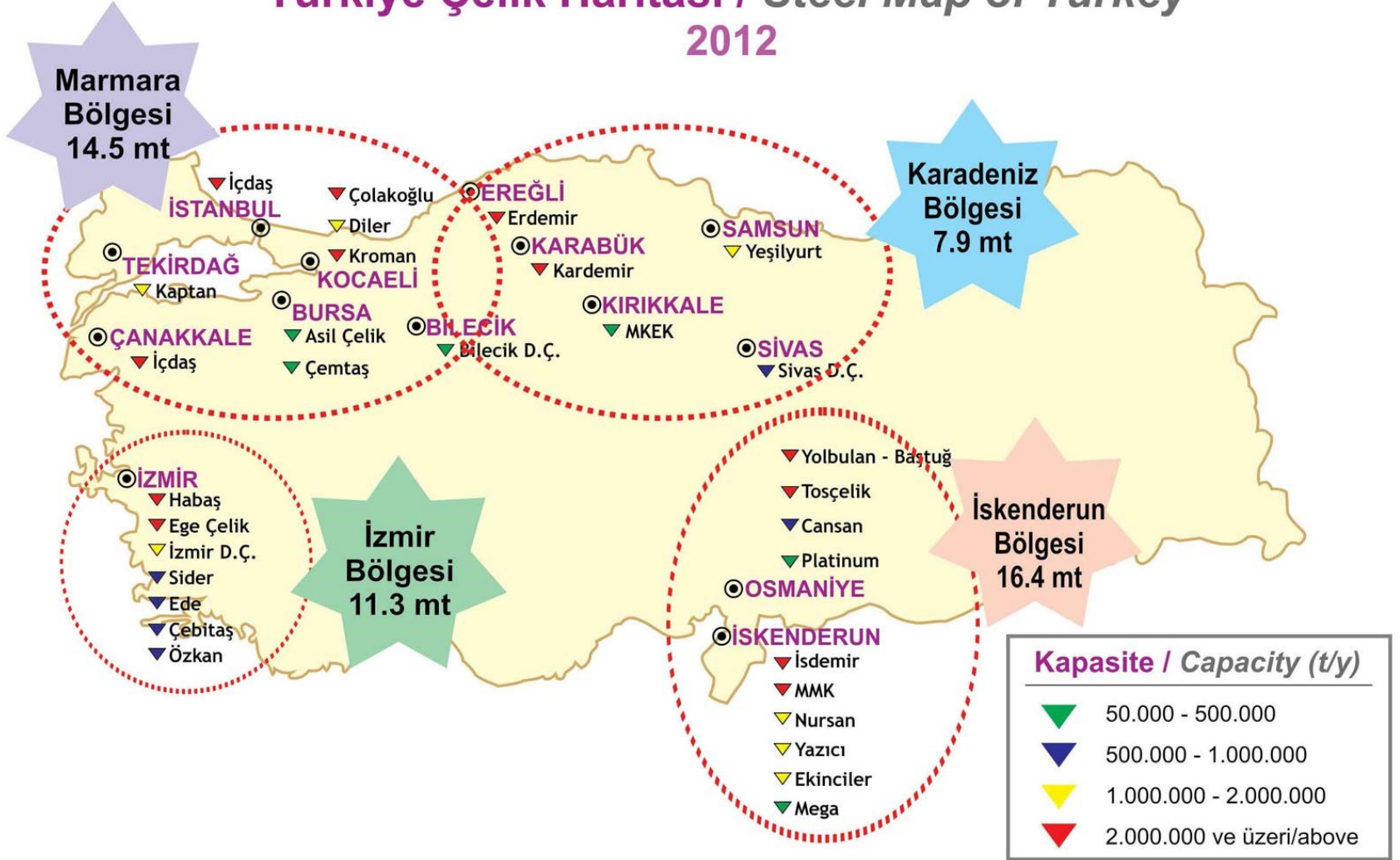
Sakarya Üniversitesi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

iozbek@sakarya.edu.tr

Türkiye Çelik Haritası / Steel Map of Turkey

2012



Çelik Nedir?

- Bir Fe-C alaşımı
- Dünyada her yıl kullanılan metalik malzemelerin %80-90'ı demir-çelik
- Binlerce tür
- Binlerce standart
- Çok sayıda üretici
- Çok uzun yıllar daha egemen olacak

Çelik Nedir?

- Çok geniş bir kullanım spektrumu
- Çok farklı özellikler
- Çok farklı talepler
- Kalite
- 1.55 milyon ton (Dünya-2012)
- 36 milyon ton (Türkiye-2012 – (8.))
- 716 milyon ton (Çin-2012 –(1.))
- 107 milyon ton (Japonya-2012 –(2.))

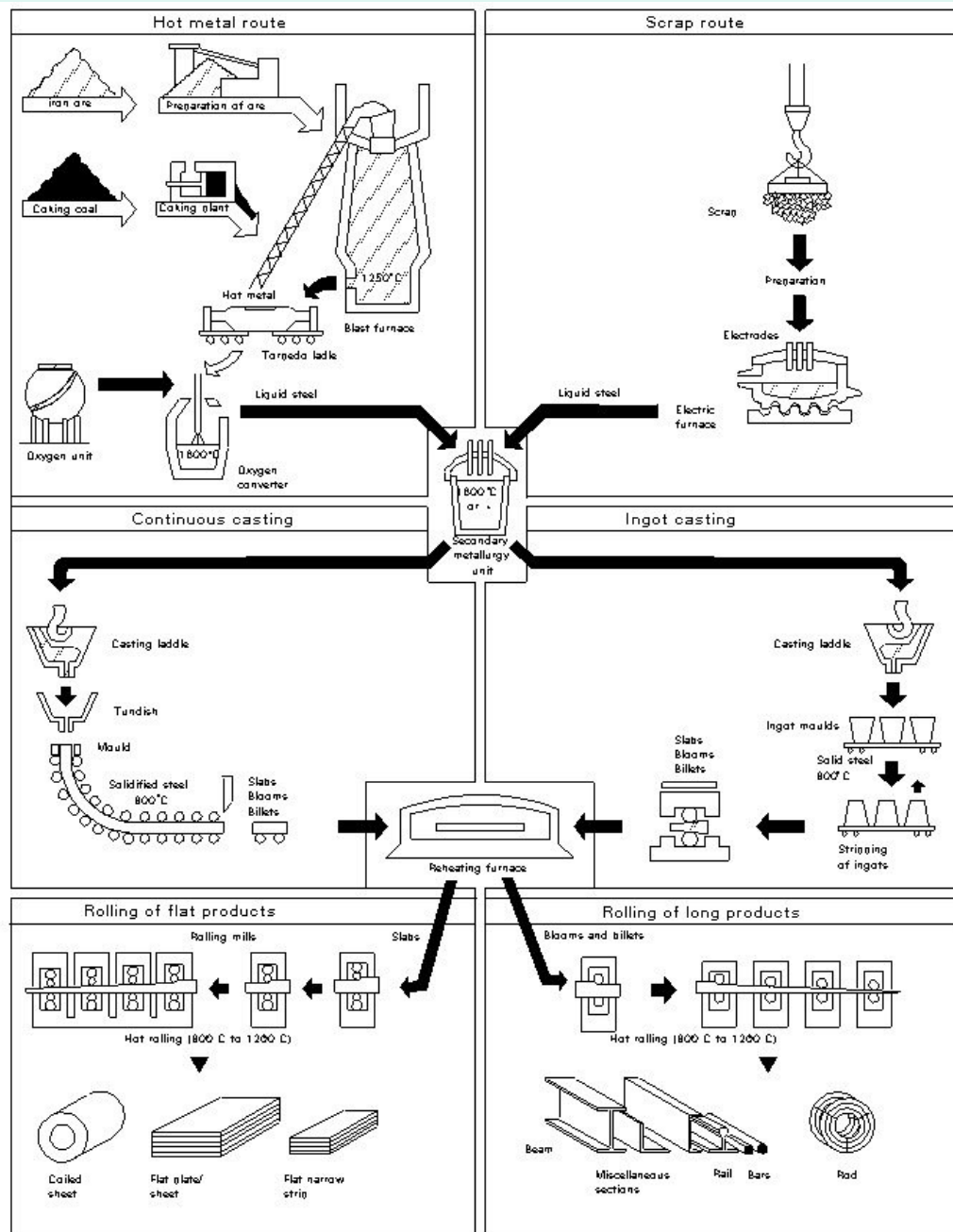
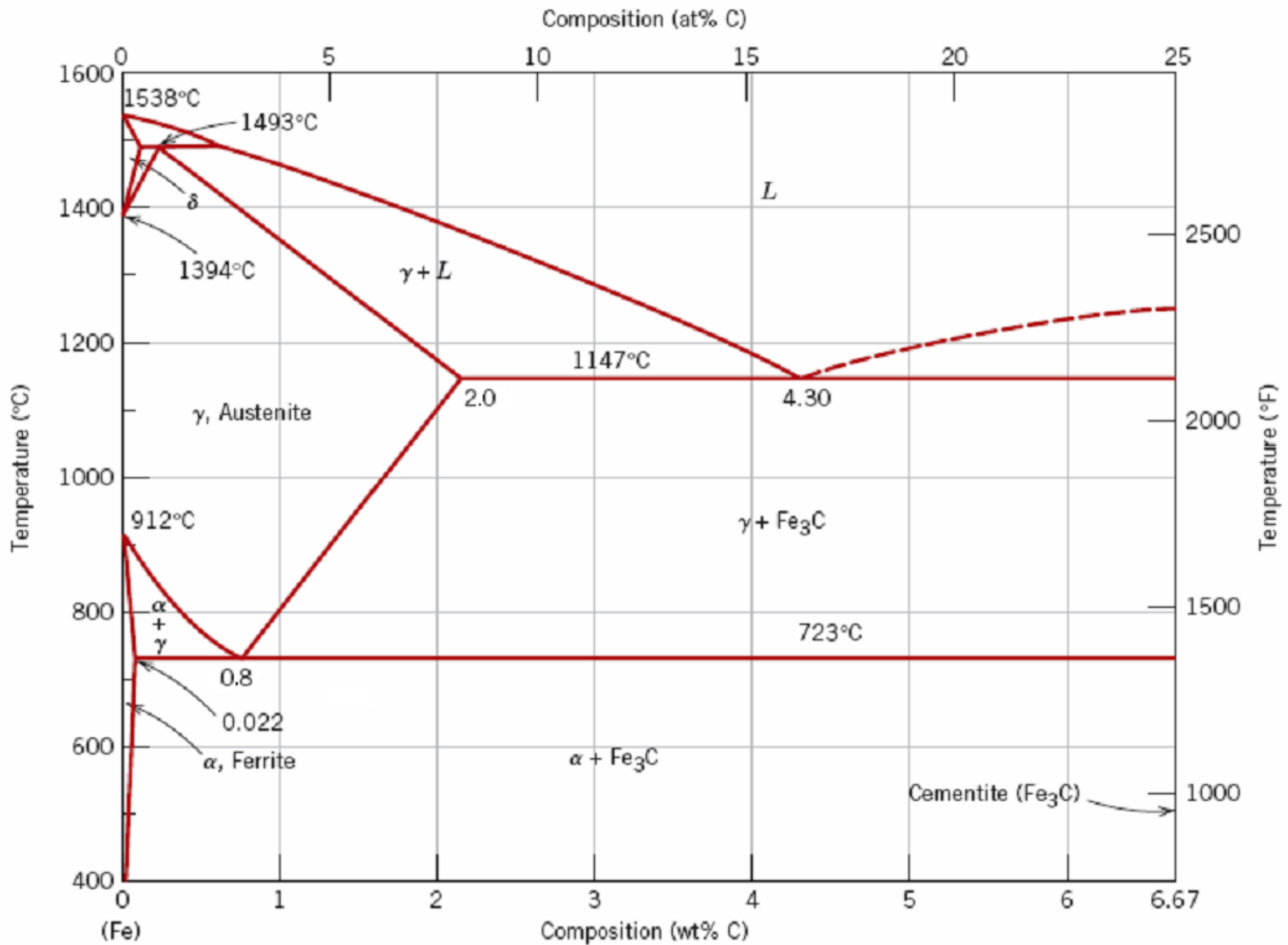
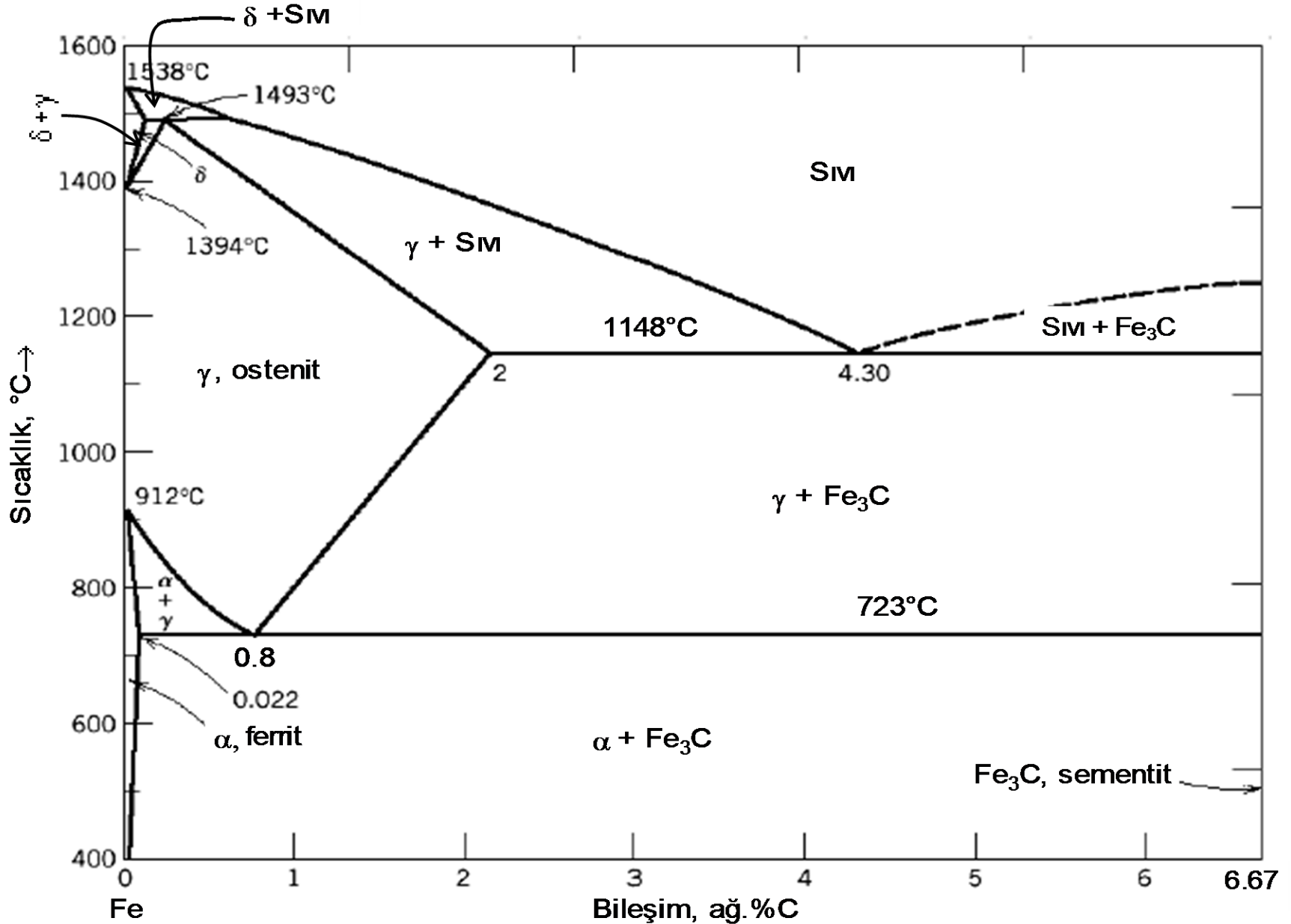
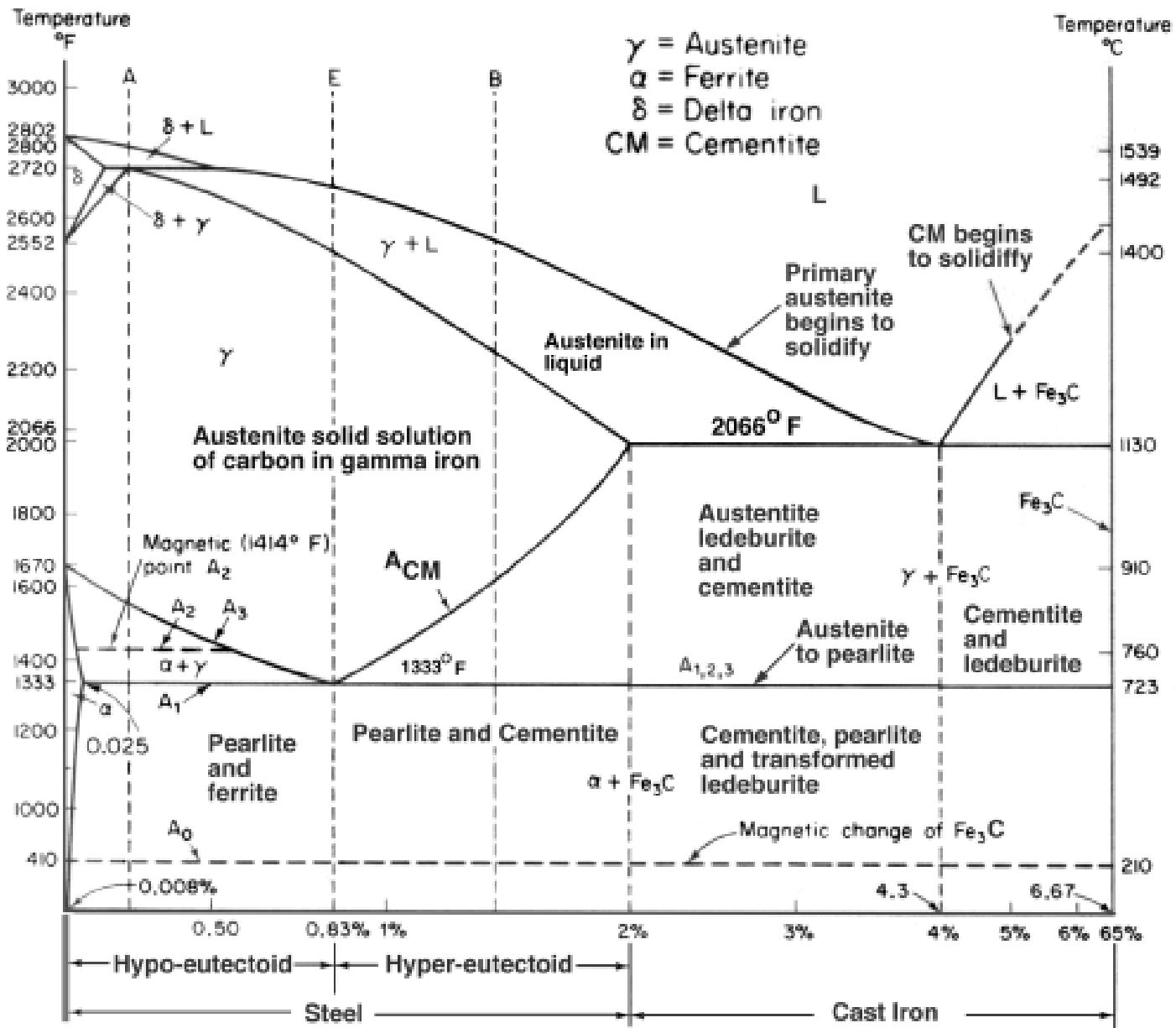


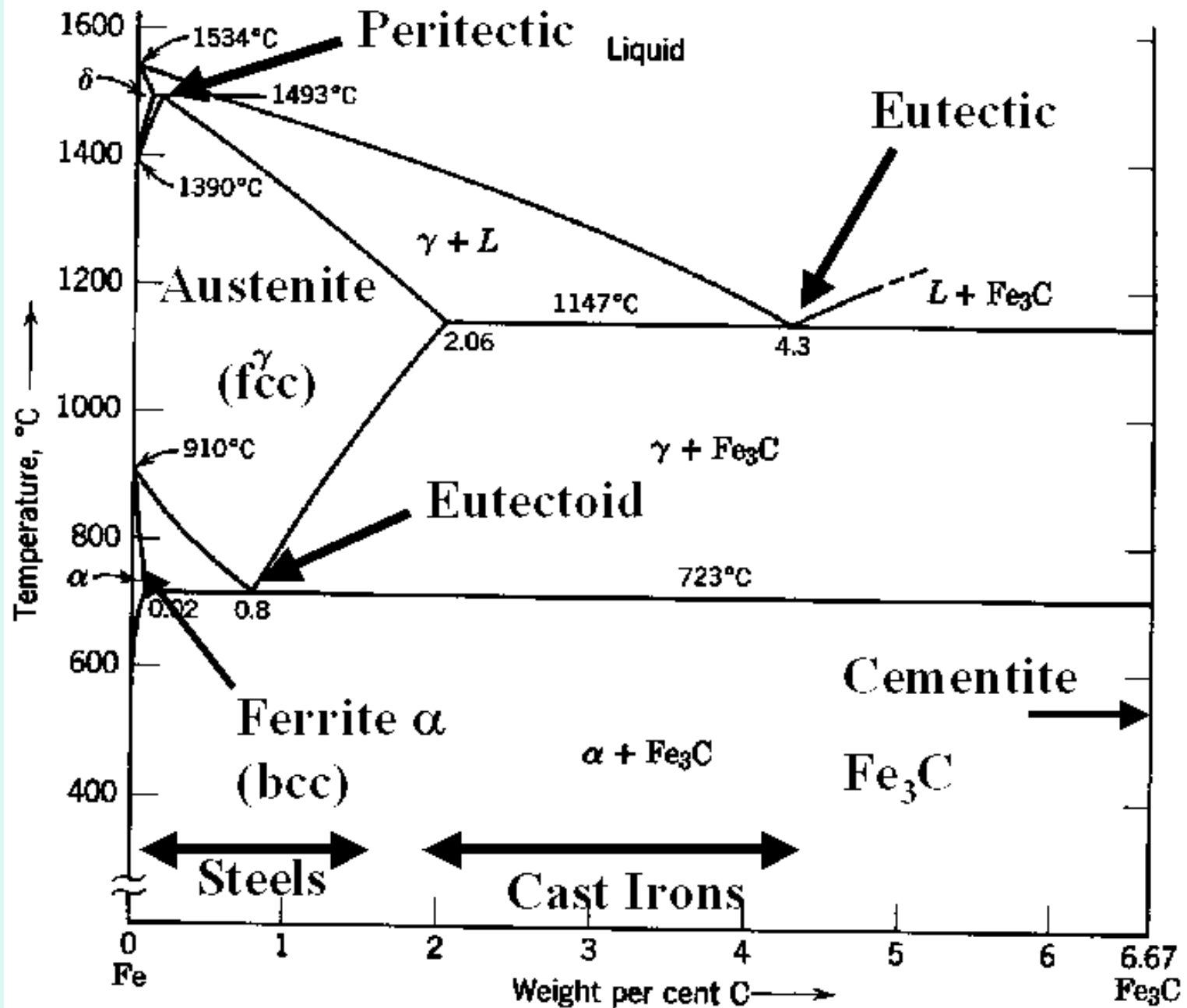
Figure 1 Steel production processes



Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı







A_{c_{cm}}. In hypereutectoid steel, the temperature at which the solution of cementite in austenite is completed during heating.

A_{c₁}. The temperature at which austenite begins to form during heating, with the c being derived from the French *chauffant*.

A_{c₃}. The temperature at which transformation of ferrite to austenite is completed during heating.

A_{e_{cm}}, A_{e₁}, A_{e₃}. The temperatures of phase changes at equilibrium.

A_{r_{cm}}. In hypereutectoid steel, the temperature at which precipitation of cementite starts during cooling, with the r being derived from the French *refroidissant*.

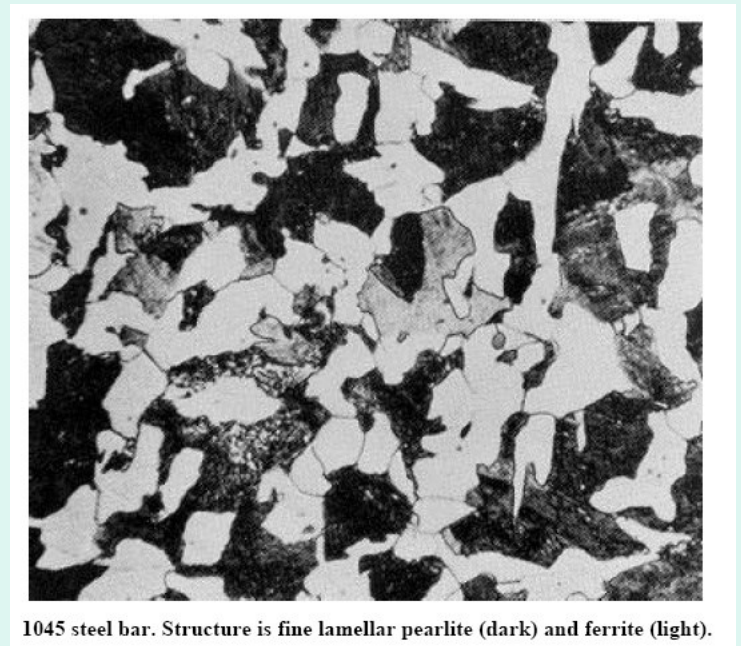
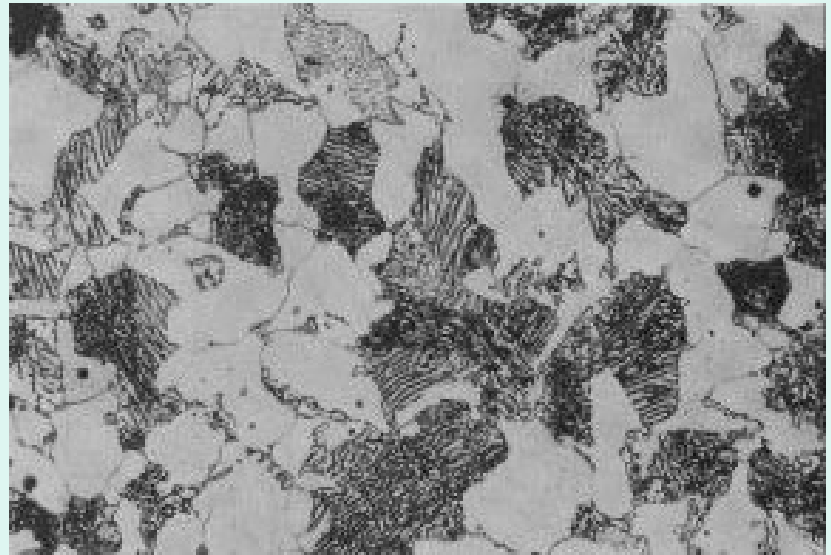
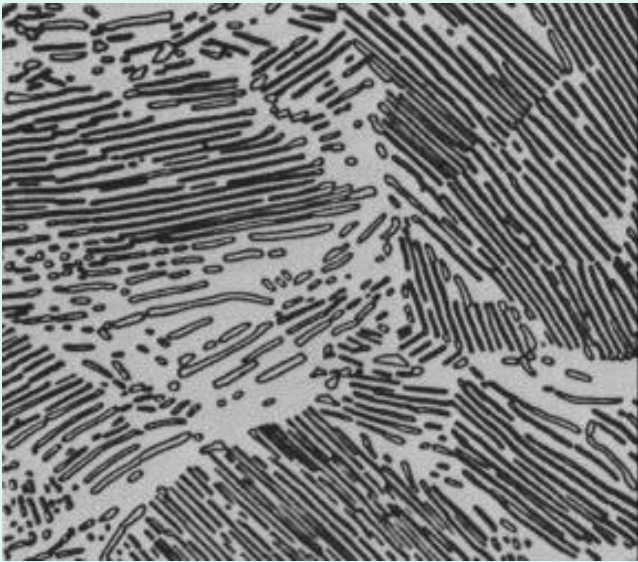
A_{r₁}. The temperature at which transformation of austenite to ferrite or to ferrite plus cementite is completed during cooling.

A_{r₃}. The temperature at which austenite begins to transform to ferrite during cooling.

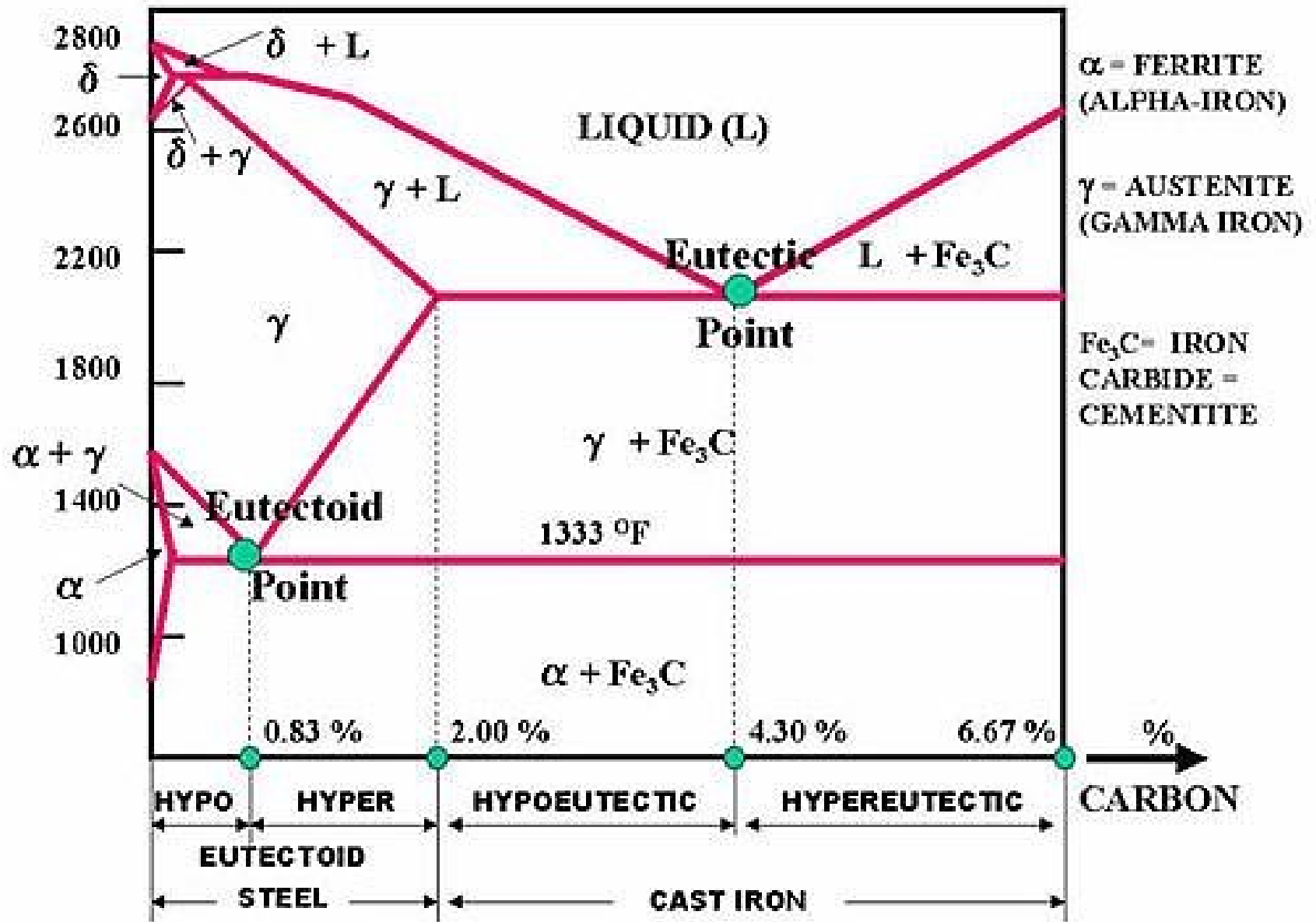
A_{r₄}. The temperature at which delta ferrite transforms to austenite during cooling.

M_s (or A_r''). The temperature at which transformation of austenite to martensite starts during cooling.

M_f. The temperature at which martensite formation finishes during cooling.



1045 steel bar. Structure is fine lamellar pearlite (dark) and ferrite (light).

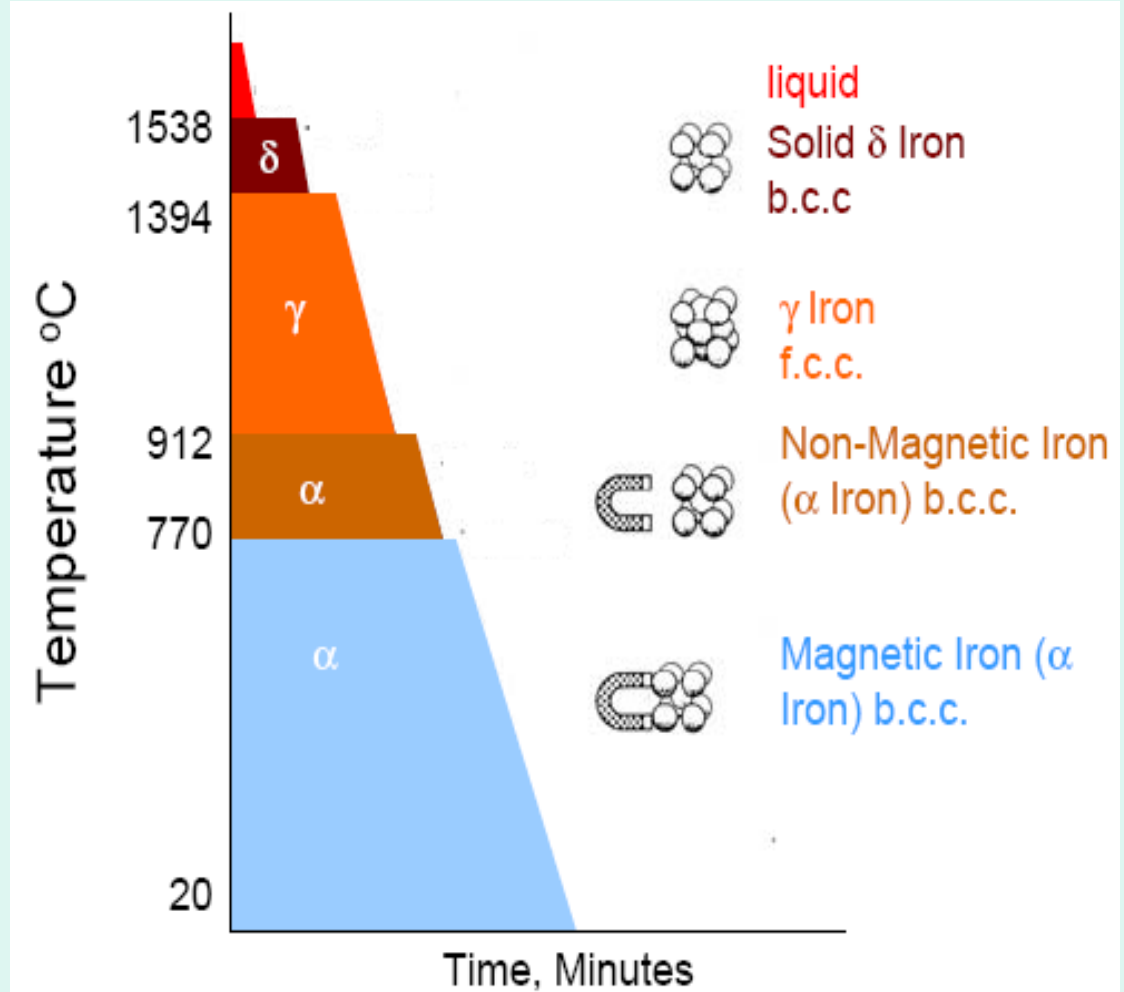


	Fe	C
Ergime Sıcaklığı, °C	1538	3500
Atom numarası	26	6
Atom ağırlığı	55,85	12,01
Kristal yapısı, kafes parametresi	HMK ; a: 2,8606 Å	Hegzagonal; a:2,46 , c:6,70 Å
Yoğunluk	7,87 g/cm ³	2,5 g/cm ³
Atom yarıçapı, (20°C de)	1,241 Å	0,77 Å
768°C ye kadar manyetik		

Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı

Üç katı çözelti

- **Ferrit (α)**
HMK yapılı,
ferromanyetik
723°C'de %0,022 C
- **Ostenit**
YMK yapılı,
manyetik değil
1135oC'de %2C
- **Delta ferrit**
HMK yapılı,
ferromanyetik
1498oC'de %0,1C



Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı

- Üç reaksiyon

1493°C'de %0,17 C

1147°C'de %4,3 C

723°C'de %0,8 C

- Peritectic reaction:



- Eutectic reaction:



- Eutectoid reaction:



- Bir bileşik

%6,67 C bileşiminde Fe₃C (sementit)

Ortorombik yapılı, en sert faz

Soru: HMK yapıdan YMK yapıya dönüşümdeki hacim ve özgül ağırlık değişimlerini hesaplayınız.

910°C'de	Atom yarıçapı	KN	ADF
HMK	1,258	8	0,68
YMK	1,292	12	0,74

- 4 demir atomu yada iki HMK ve bir YMK birim kafesleri düşünülürse
 - HMK için Hacim: $2a^3 = 2\{4(1,258)/\sqrt{3}\}^3 = 49,1 \text{ \AA}^3$
 - YMK için Hacim: $a^3 = \{4(1,258)/\sqrt{3}\}^3 = 48,7 \text{ \AA}^3$
- Hacim değişimi: $(48,7 - 49,1)/49,1 = -0,8 \text{ (\%)}$
- Demek ki dönüşüm anında hacim küçülüyor.

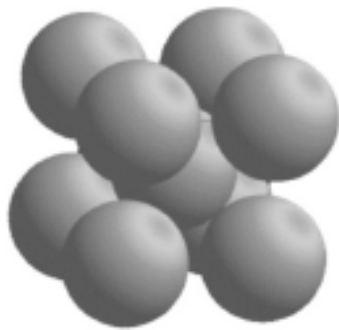
- HMK için $d_1 = 2M/V_1$
- YMK için $d_2 = 4M/V_2$
- Yoğunluk değişim oranı = $d_2 - d_1 / d_1$
- Sonuç: 0.088 (Yoğunluk % 8.8 artıyor)

Doğrusal Boyut Değişimi

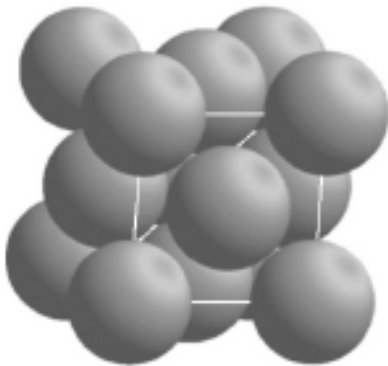
$$(1 + \Delta L/L)^3 = 1 + \Delta V/V$$

$$\Delta L/L = 1 - \sqrt[3]{1 - 0,008} = -\%0,26 \quad \text{uzunluk değişimi}$$

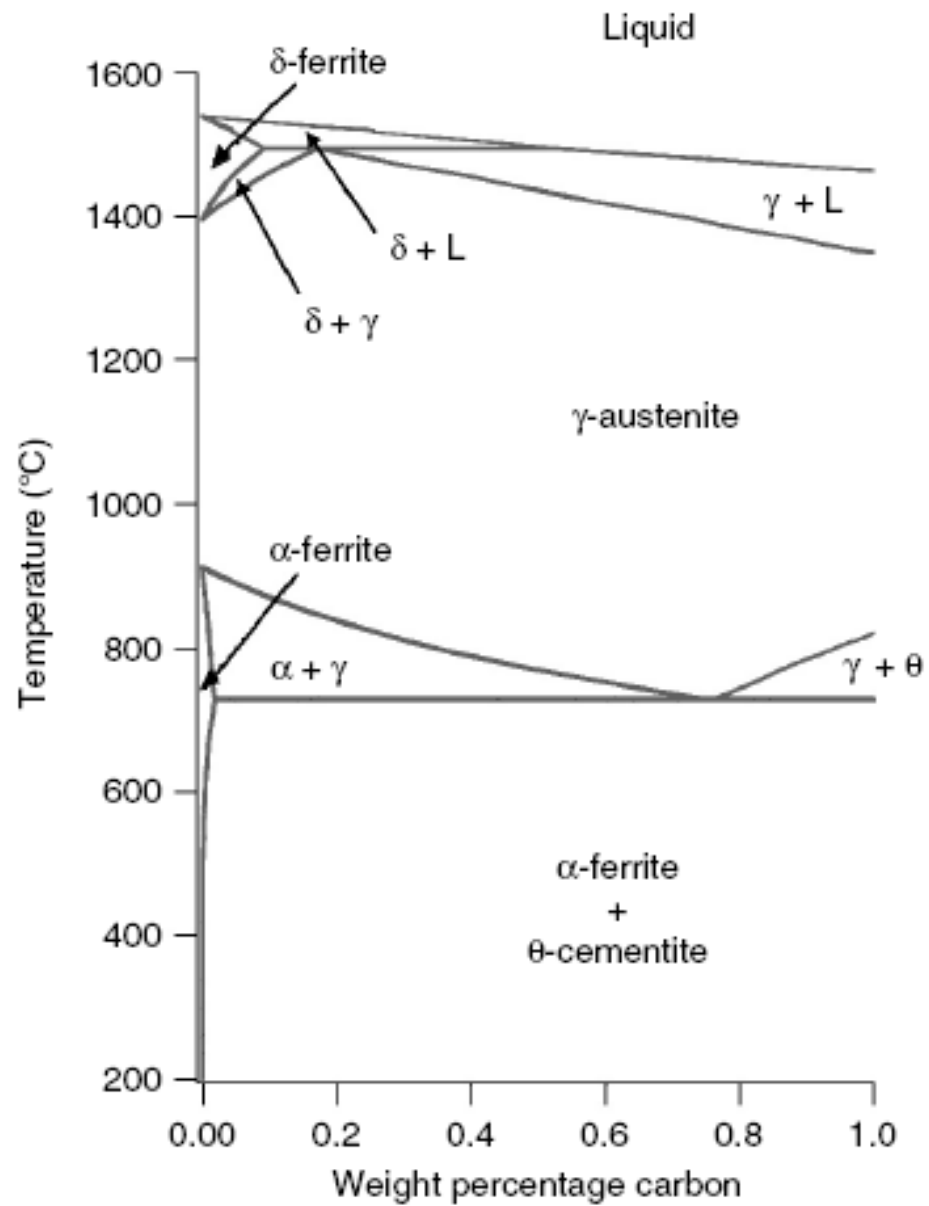
bcc



fcc



bcc



Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı

- **Fazlar**

Ferrit

Ostenit

Delta ferrit

Sementit

Sıvı

- **Karışım Yapılar**

Perlit (ferrit + sementit) --> Ötektoid reaksiyon ürünü

Ledeburit (ostenit + sementit) --> Ötektik reaksiyon ürünü

Tanım	Özellikler
Ferrit	α ile gösterilir. HMK kristal yapıdadır. Karbon çözünürlüğü maks. % 0.025'tir. Oda sıcaklığında % 0.008 karbon çözündürür. Yumuşak ve sünektir. Sertliği 0 HRC'den veya 90 HRB'den düşüktür.
Ostenit	γ ile gösterilir. YMK kristal yapıdadır. Maks. % 2.11 karbon çözünürlüğüne sahiptir. Çoğu çelikte oda sıcaklığında kararlı değildir. Yüksek tokluğa ve yaklaşık 40 HRC sertliğine sahiptir.
Sementit	Fe_3C olarak gösterilir. Demir ve karbonun oluşturduğu ortorombik kristal yapıya sahip demir karbürüdür. Sert ve kırılımandır. Kararsız bir faz olup, uygun koşullarda demir ve grafitte dönüşme eğilimindedir. Ancak bu dönüşüm nisbeten uzun bir zaman aldığı için çoğu çelikte bulunan yaygın bir fazdır.
Perlit	Demir ve sementit fazlarının bir araya gelerek oluşturduğu lameler morfolojiye sahip iki fazlı bir yapıdır. Ötektoid reaksiyon sonucu ostenitten oluşur. % 0.8 karbon içeren çeliğin oda sıcaklığındaki mikroyapısında % 100 oranında bulunur. 20 HRC veya 250-300HRB düzeyinde sertliğe sahiptir.
Beynit	Demir ve sementit fazlarının oluşturduğu bir diğer iki fazlı yapıdır. Üst ve alt beynit olmak üzere iki farklı morfolojidedir. Üst beynitte, iğnesel ferrit ve sementit plakaları yan yana dizilmiştir, alt beynitte ise partikül halindeki sementit, iğnesel ferrit fazı içinde bulunmaktadır. Morfolojisi ısıtma işlem koşullarına bağlıdır. İzotermal bir ısıtma işlemle ostenitin dönüşümü sonucu oluşur.
Martensit	Isıtma işlem sırasında ostenit bölgesinden yapılan çok hızlı soğutmayla oluşur. Kristal yapısı hacim merkezli tetragonaldır (HMT) ve karbonca aşırı doymuştur. Morfolojisi, düşük karbon oranına sahip çeliklerde iğnesel, yüksek karbon içeren çeliklerde ise levhasaldır. Orta karbon oranına sahip çeliklerde her iki morfoloji bir arada bulunabilir. Çok serttir.

Ferrit (% 0,06C)

- Demir ve karbon / diğer içeriklerin katı eriyik hali
- Karbon HMK yapıda küp yüzeylerine, boşluklara yada dislokasyonlara yerleşir.
- Çekme Muk.: 25 kg/mm²
- Akma Muk.: 12 kg/mm²
- Vickers Sertlik: 80-90; 60HB
- Süneklik: %50 ve Kesit daralması: %80

Ostenit (% 2,14C)

- Karbon küp merkezlerine yada hatalı bölgelere yerleşir.
- Küp merkezi boşluk yarıçapı $0.41R$ (R demirin yarıçapı)

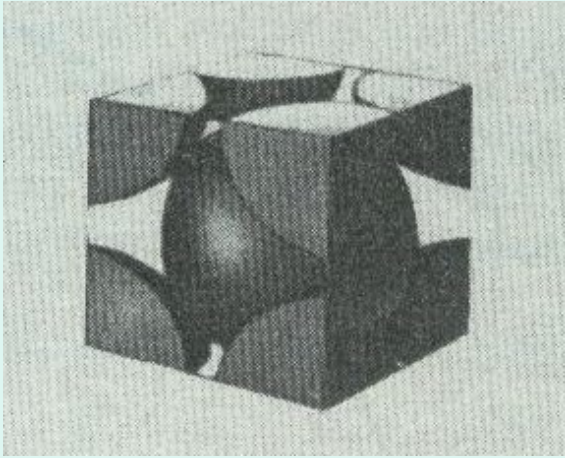
Sementit – Fe₃C (% 6,67C)

Ergime sıcaklığı $1550\text{ }^{\circ}\text{C}$

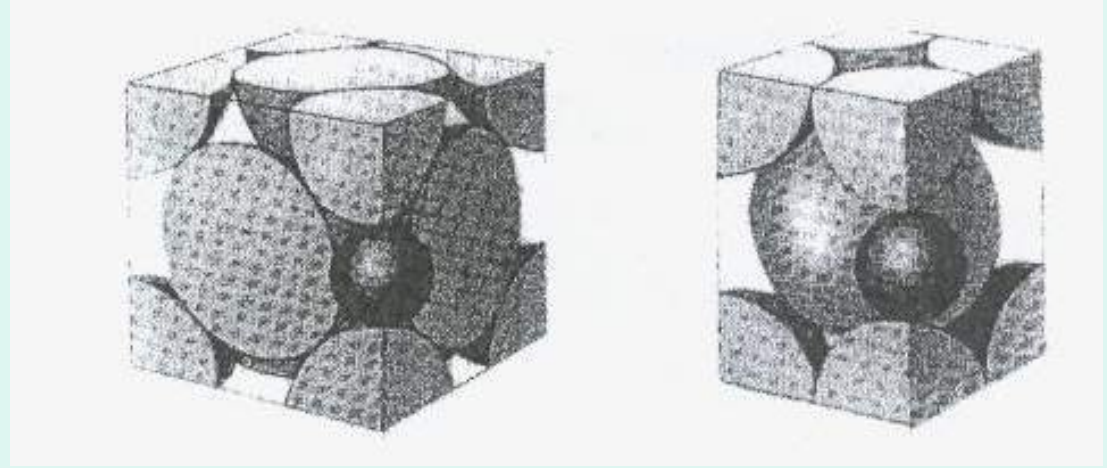
Birim kafeste; 12 Demir, 4 Karbon atomu

Martenzit (HMT)

Martenzit (HMT)- karbonca aşırı doymuş arayer katı eriyiği olup, yarı kararlı fazdır. Karbon atomları oktahedral boşluklarda yer alır. $c/a:1+0.046C$

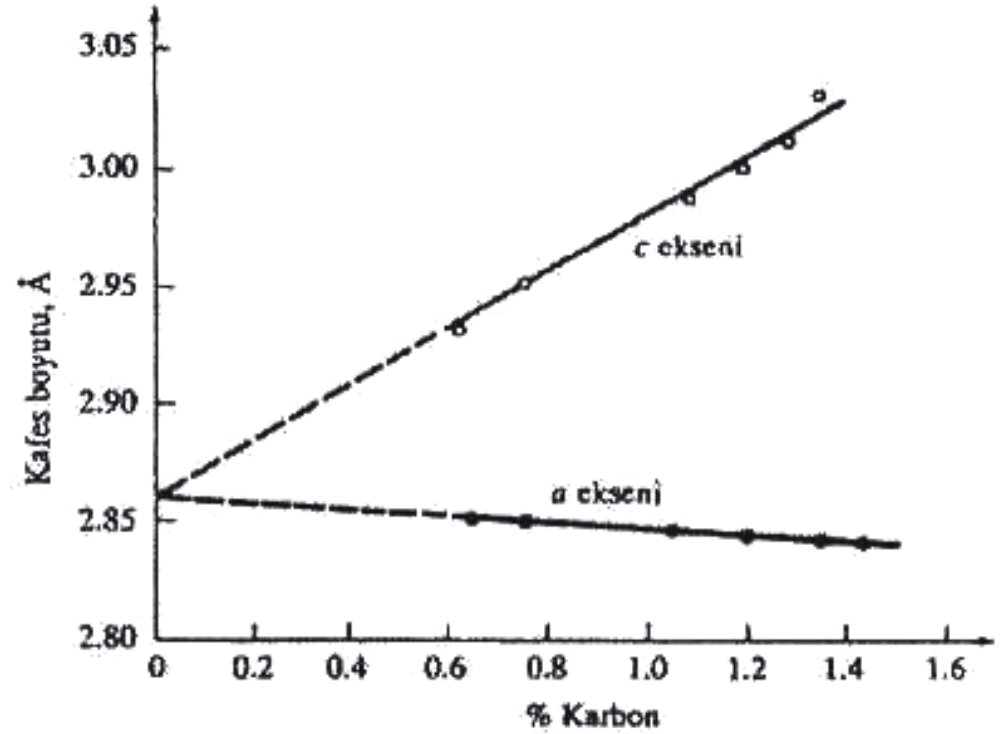
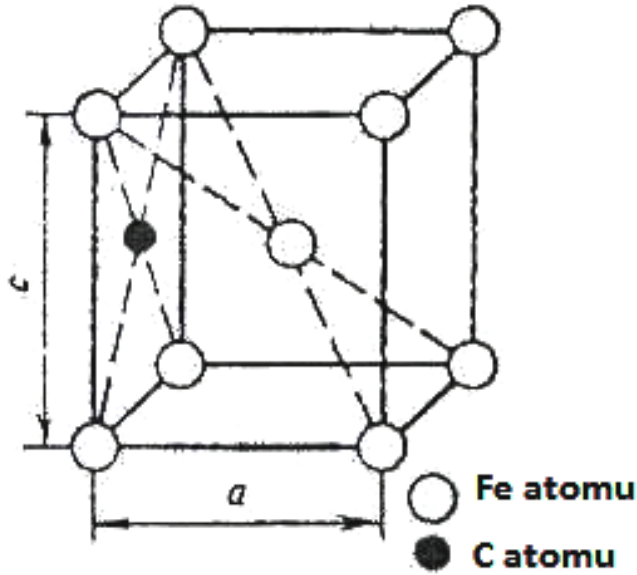


HMK yapı



YMK yapıdan HMK yapıya dönüş sonrası C atomunun konumu

HMT yapı da C atomunun konumu



Martenzit yapıda %C arttıkça, neden c eksenini artıyor yada a eksenini azalıyor?

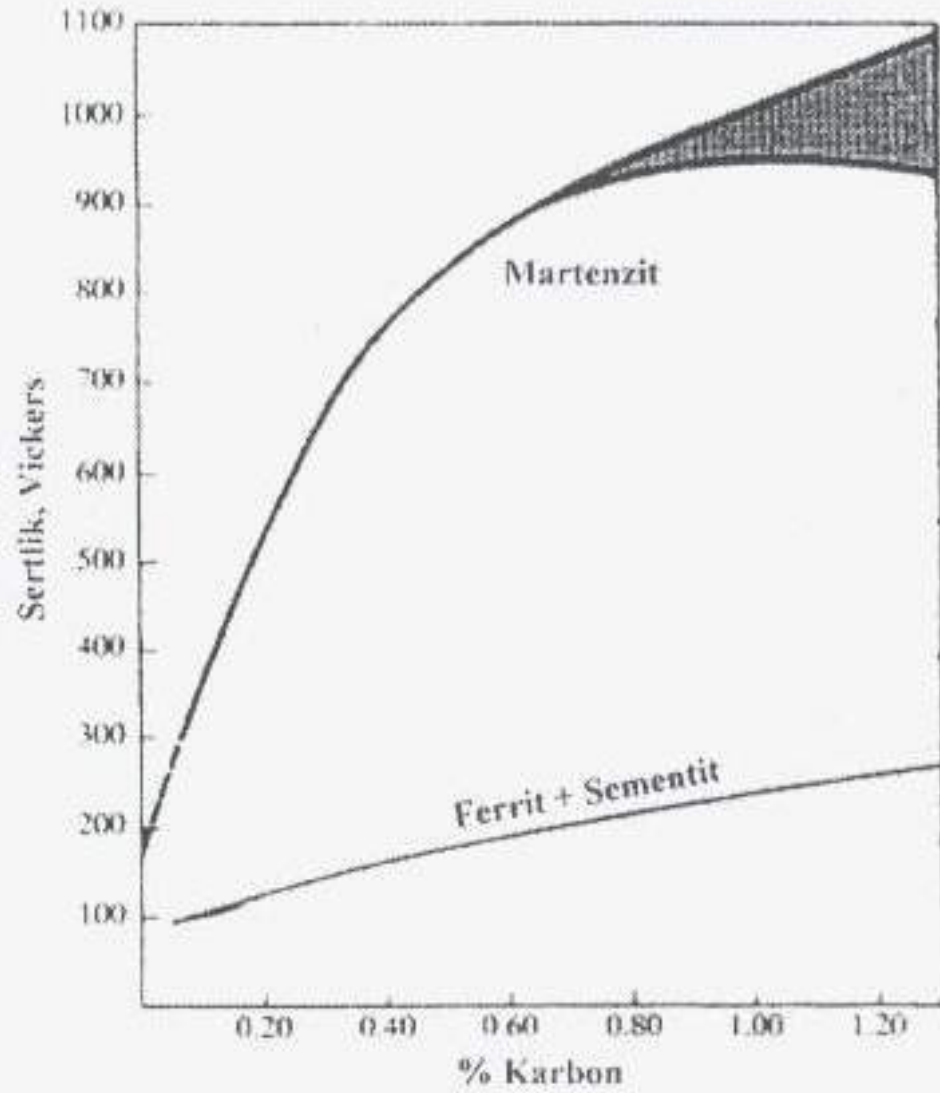
%0.8 C içeren alaşıma su verilirse hangi fazlar oluşur ve kimyasal bileşimleri?

-Kristal içerisinde Karbon yada diğer atomlar;

- Eğer atom yarıçapı küçük ise (C; 0.77 Å , N; 0.72 Å) Atomlararası boşluklara (arayer) olarak yerleşir.

-Eğer atom yarıçapı büyük ise (Mn, Cr, Ni gibi) demir atomunun bulunması gereken yerlere (yeralan) yerleşir.

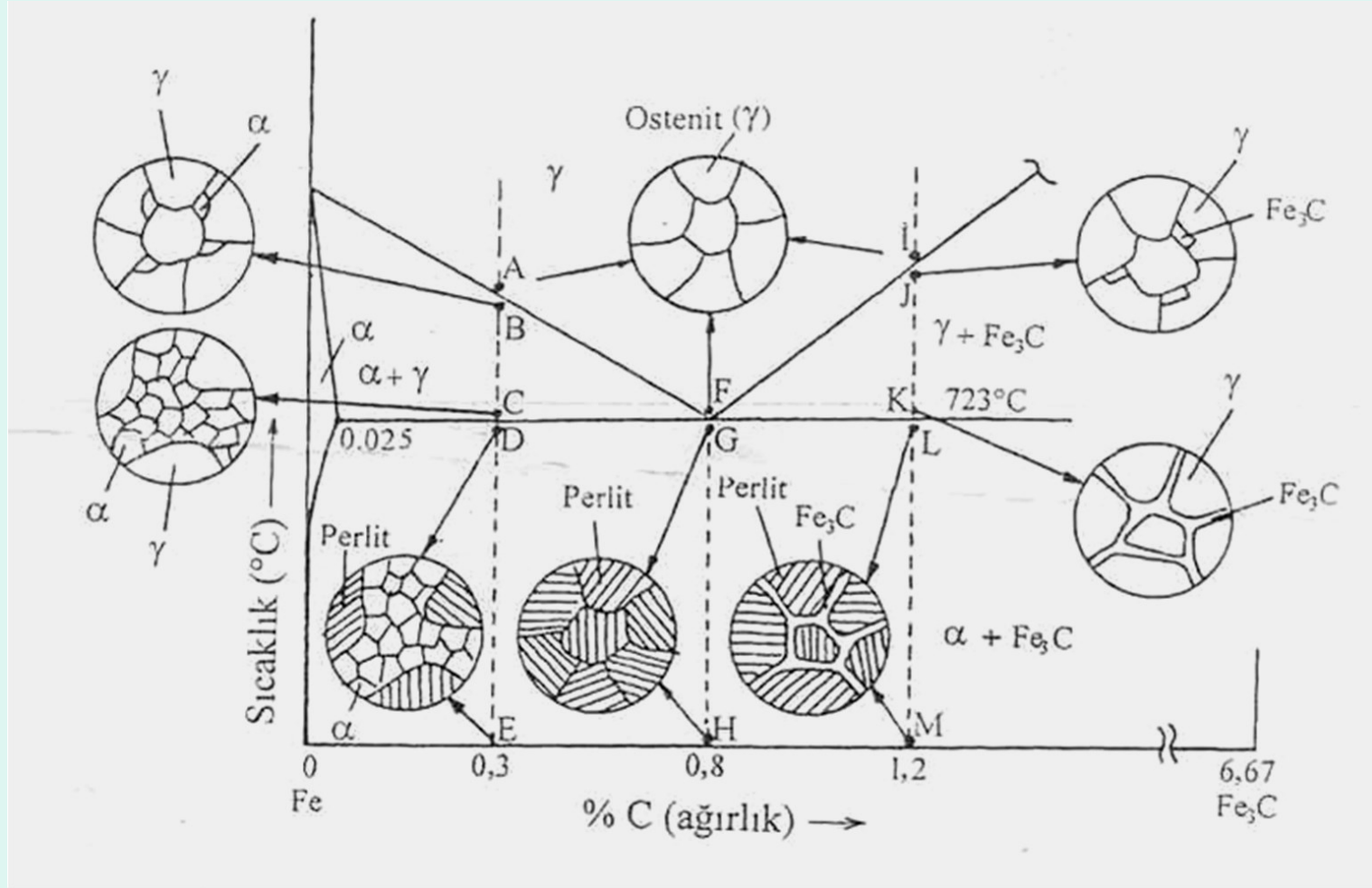
-Eğer çözünme sınırı aşılsa, karbon demirkarbürler oluşturur. Buna ilaveten Cr, W, Mo, Ti, Nb gibi alaşım elementleri de alaşım karbürler veya nitrürler yada metallerarası bileşikler oluşturur.



Çeliğin sertliğine suverme işleminin etkisi

Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı

- Mikroyapılar



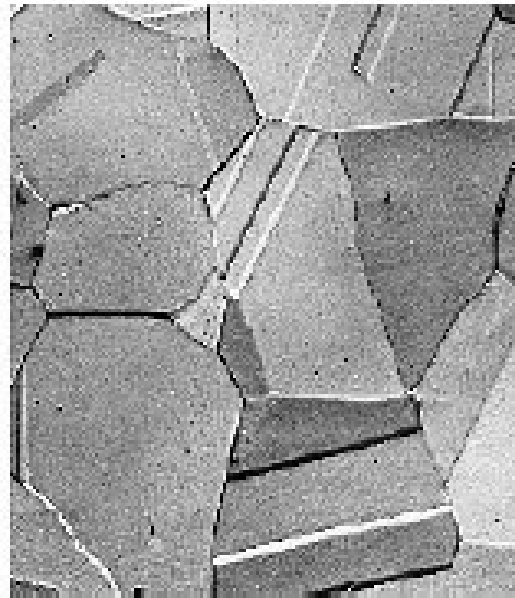
Fe-C Denge Diyagramı

- Mikroyapılar-2



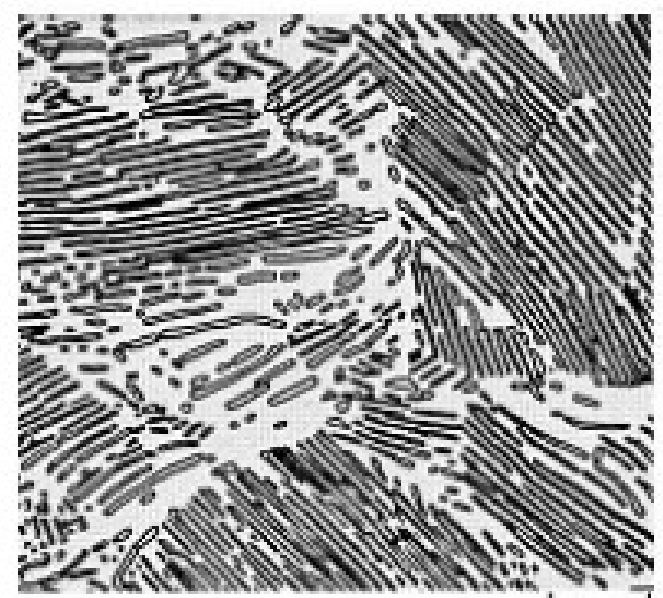
Ferrite(**a**)

100-150 HV



Austenite (**γ**)

100-150 HV



Pearlite (**P**)

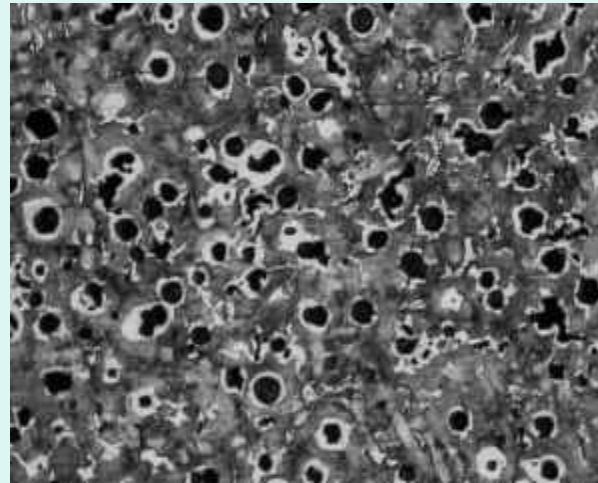
300-350 HV

Fe-C Denge Diyagramı

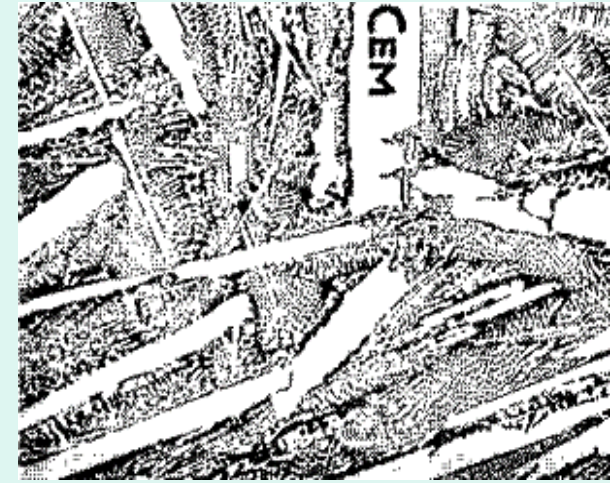
- Mikroyapılar-3



Gri DD



Sfero DD



Beyaz DD

Fe-Fe₃C Denge Diyagramı

- Denge-dışı yapılar



Beynit



Martensit

Fe-C (Fe-Fe₃C) Denge Diyagramı

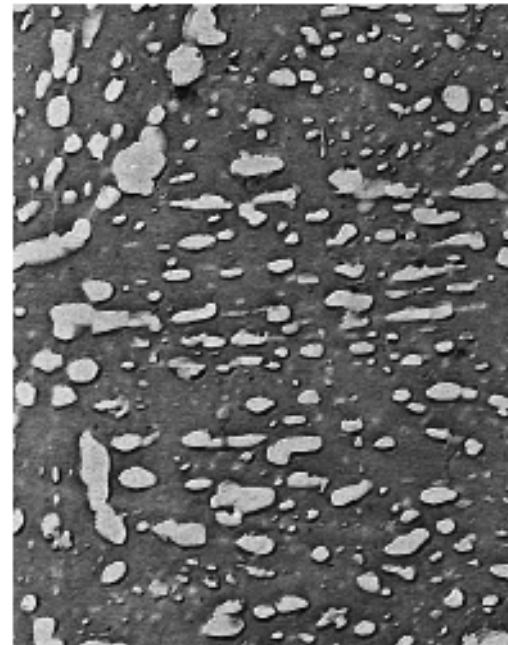
- Martensit - Temperlenmiş martensit



24.6 μm

Quench

- Needle shaped
- White areas austenite
 - quenched too fast



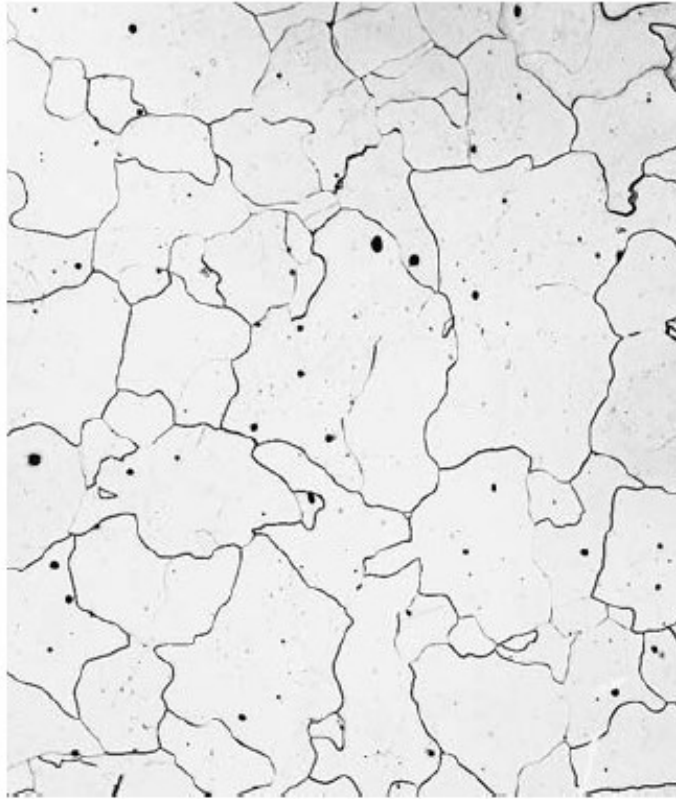
2 μm

• Tempered

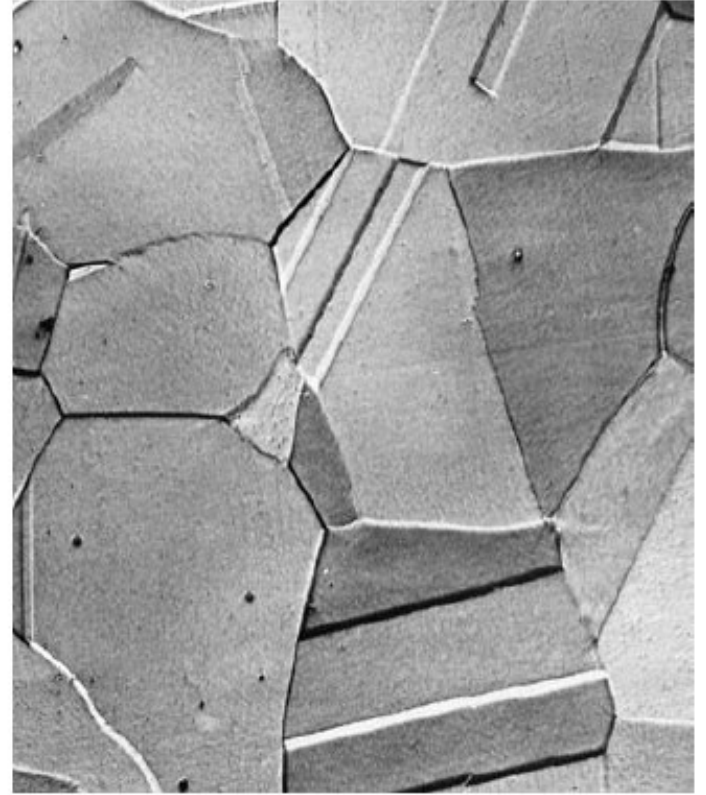
- 564°C
- small particles cementite
- matrix is α ferrite

Figure 9.25

Photomicrographs of
(a) α ferrite (90 \times)
and (b) austenite
(325 \times). (Copyright
1971 by United
States Steel
Corporation.)

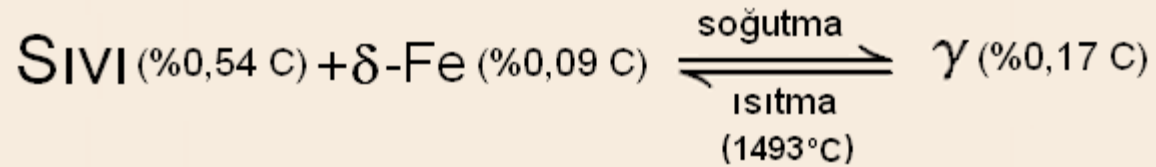


(a)

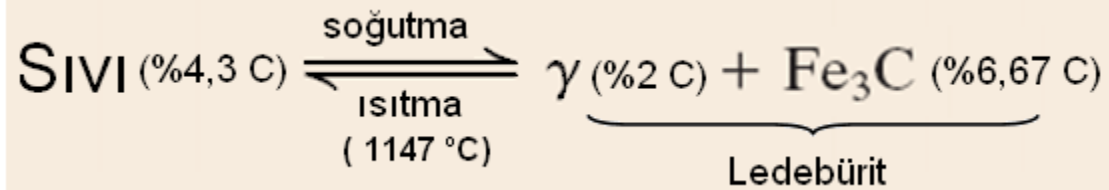


(b)

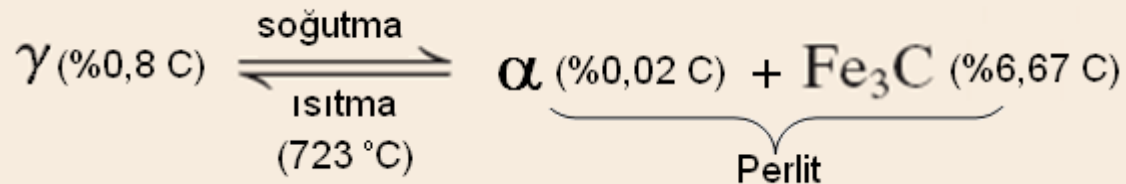
Peritektik Reaksiyon



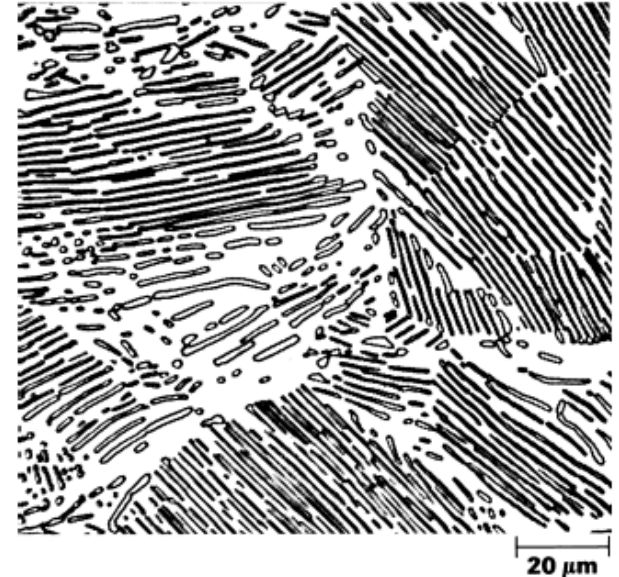
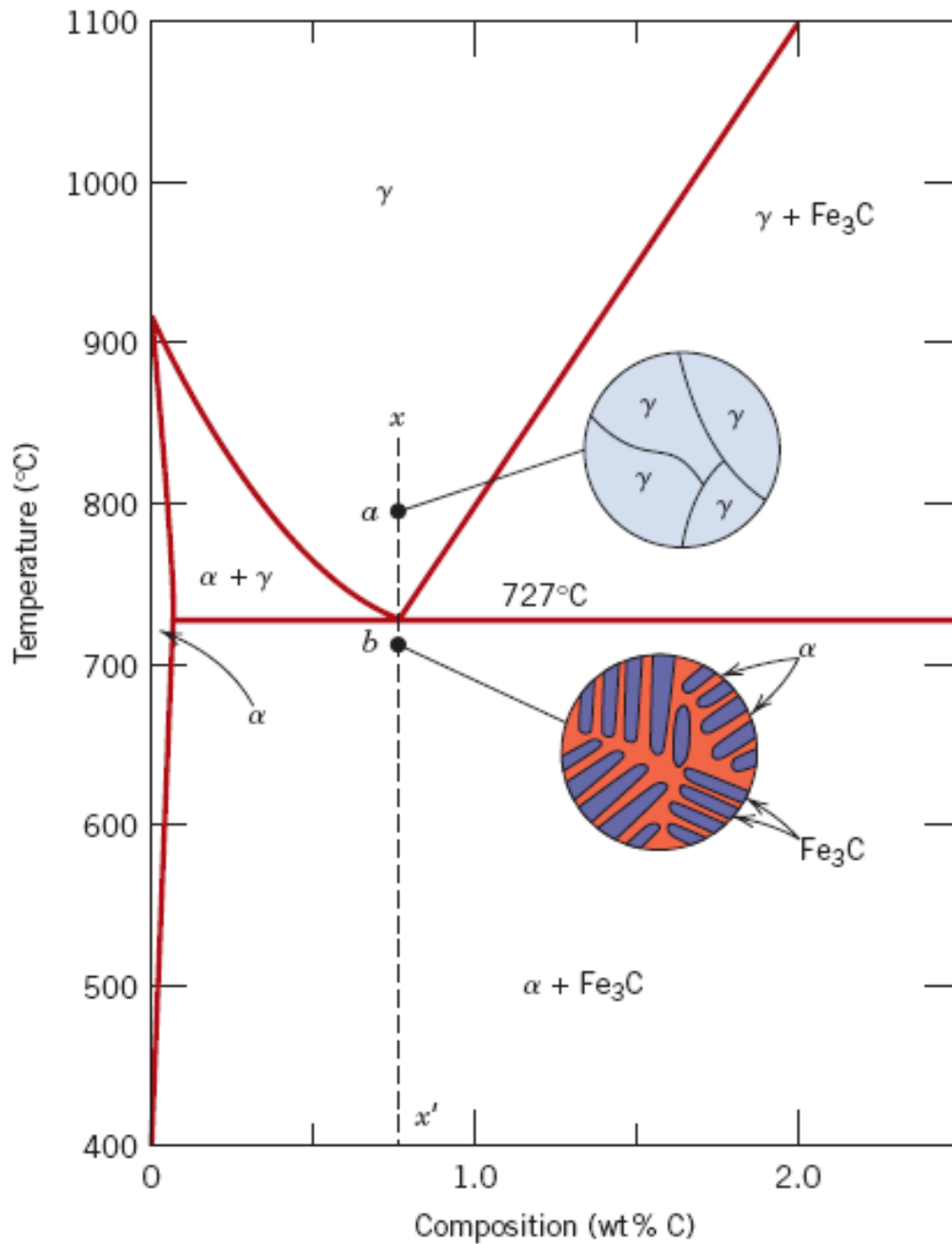
Ötektik Reaksiyon



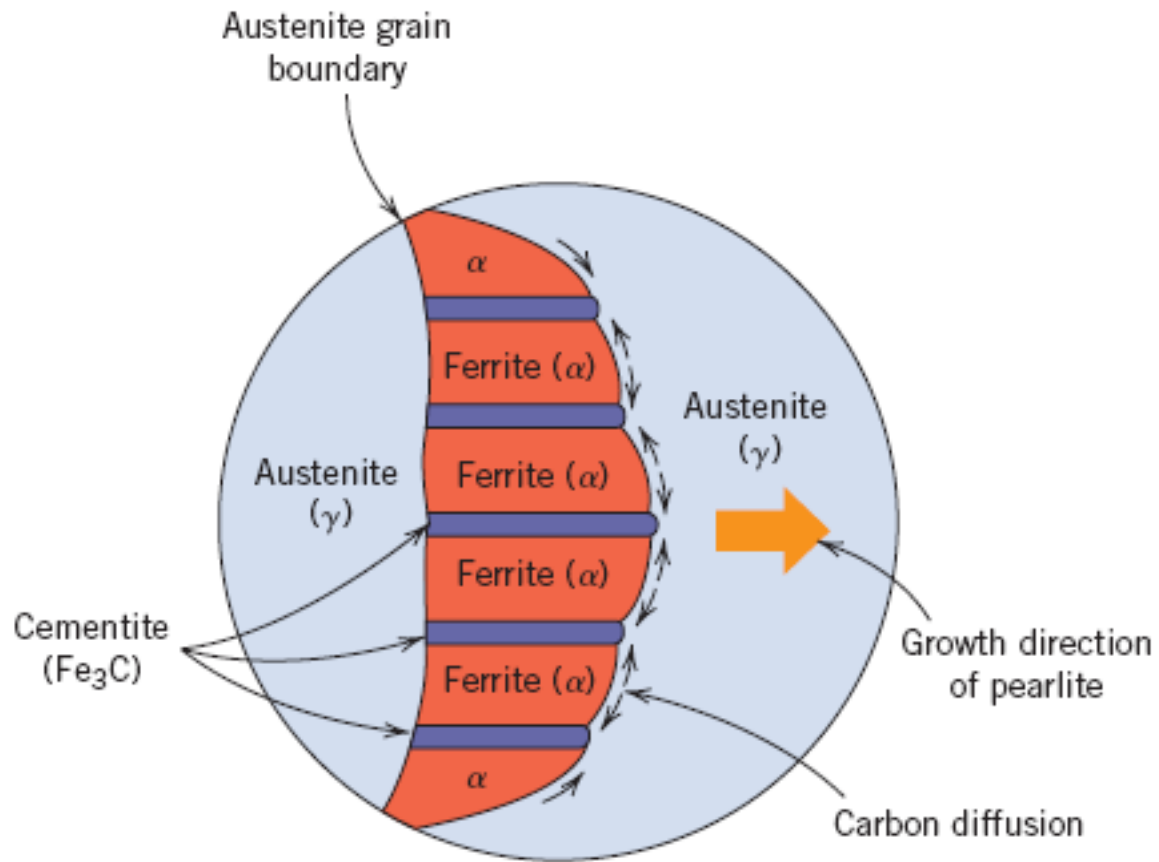
Ötektoid Reaksiyon



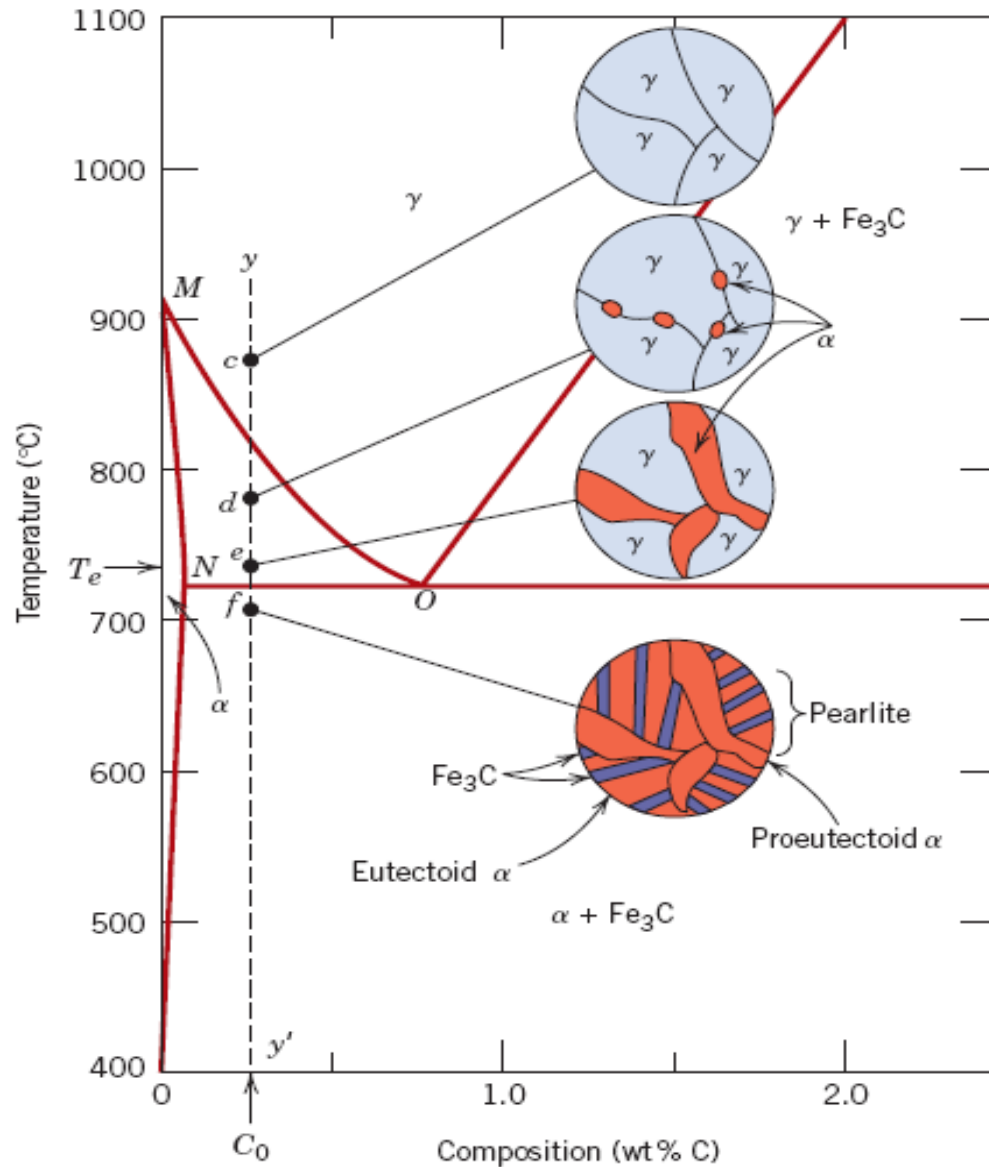
Ötektoid bileşim



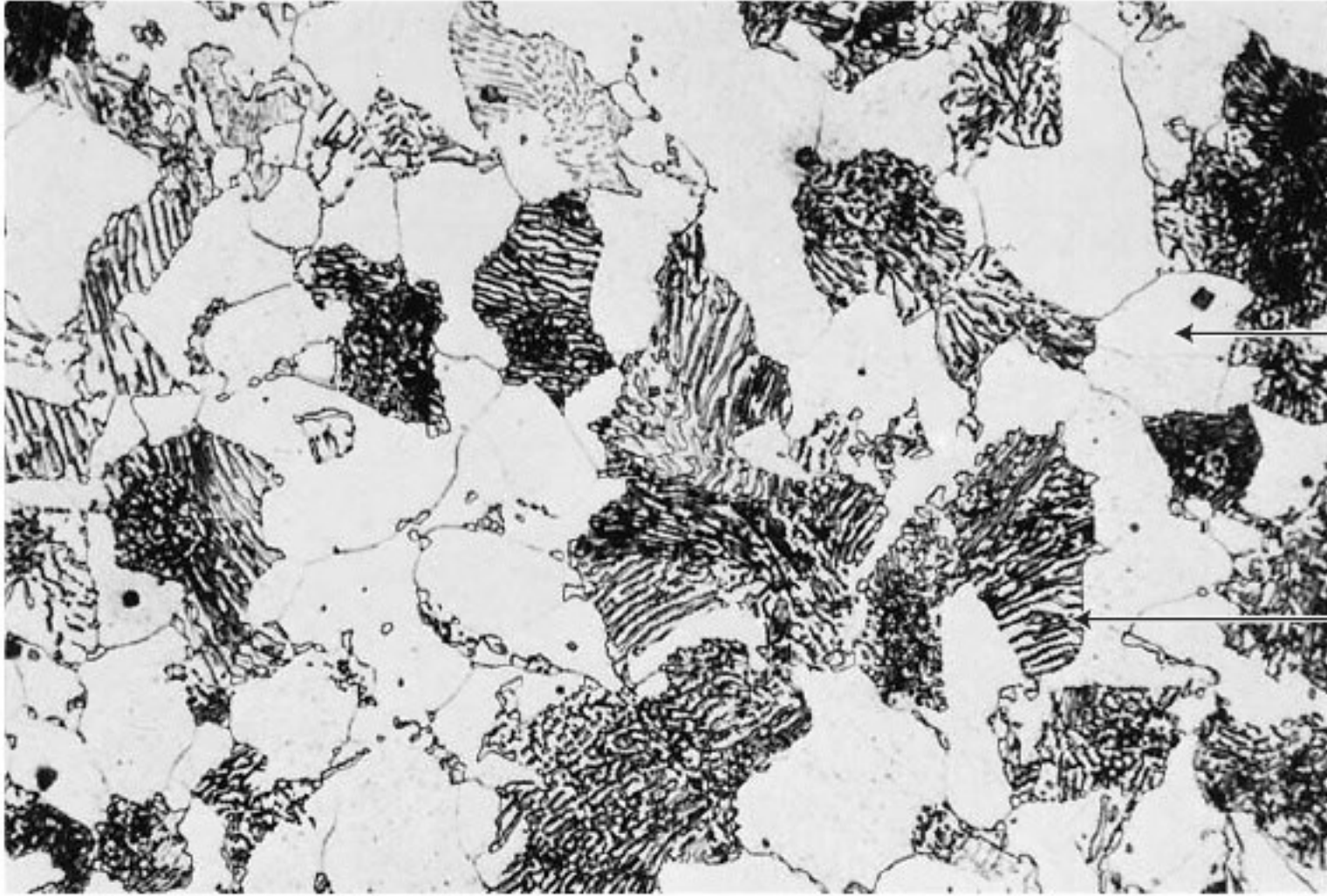
Perlit oluşumu



Ötektoidaltı bileşim

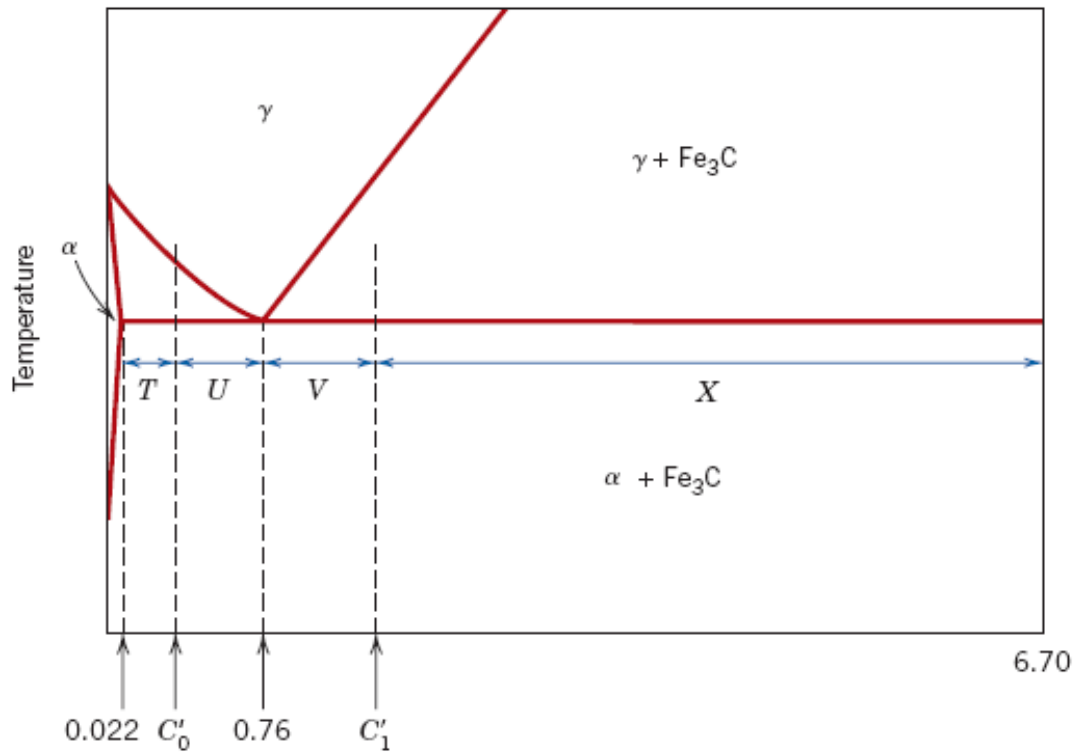


Ötektoidaltı bileşim



Proeutectoid
ferrite

Pearlite



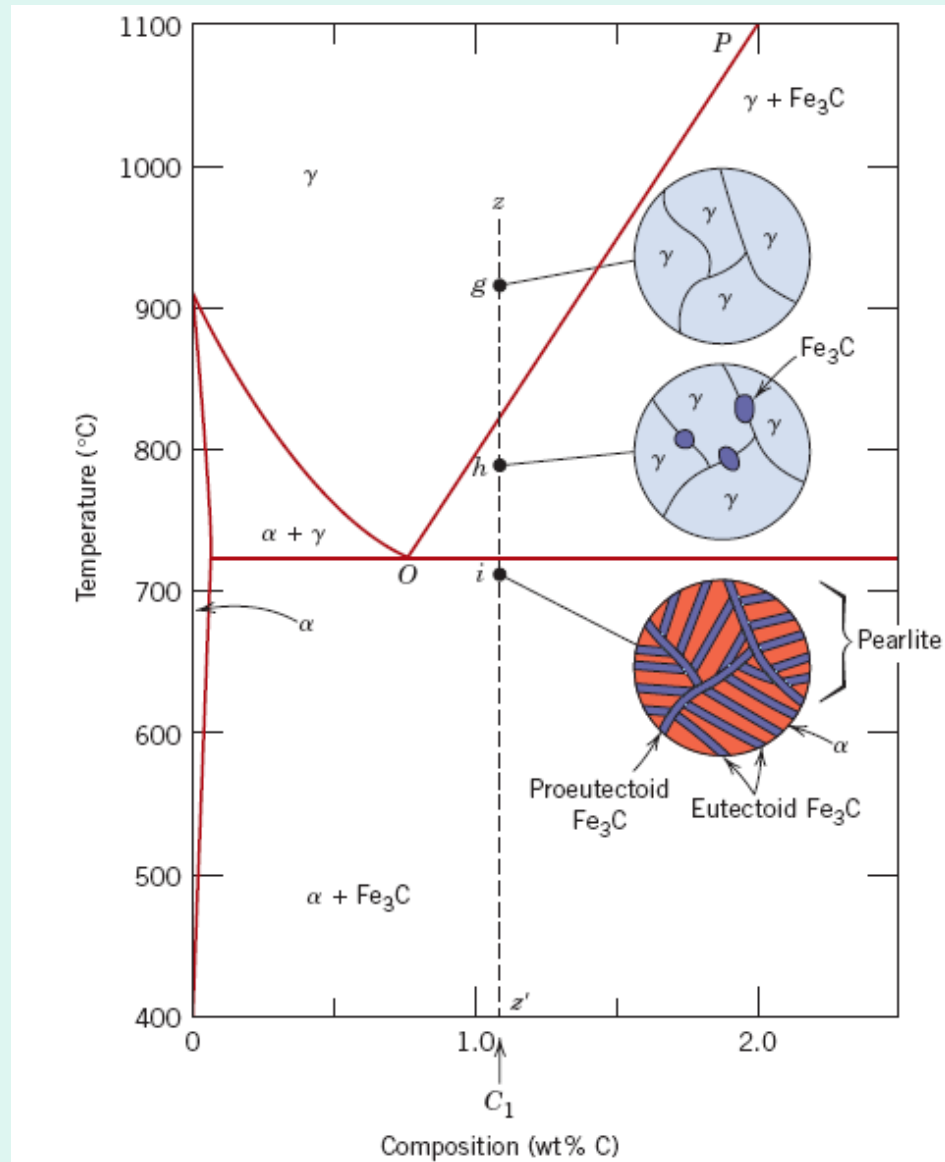
$$W_p = \frac{T}{T + U}$$

$$= \frac{C'_0 - 0.022}{0.76 - 0.022} = \frac{C'_0 - 0.022}{0.74}$$

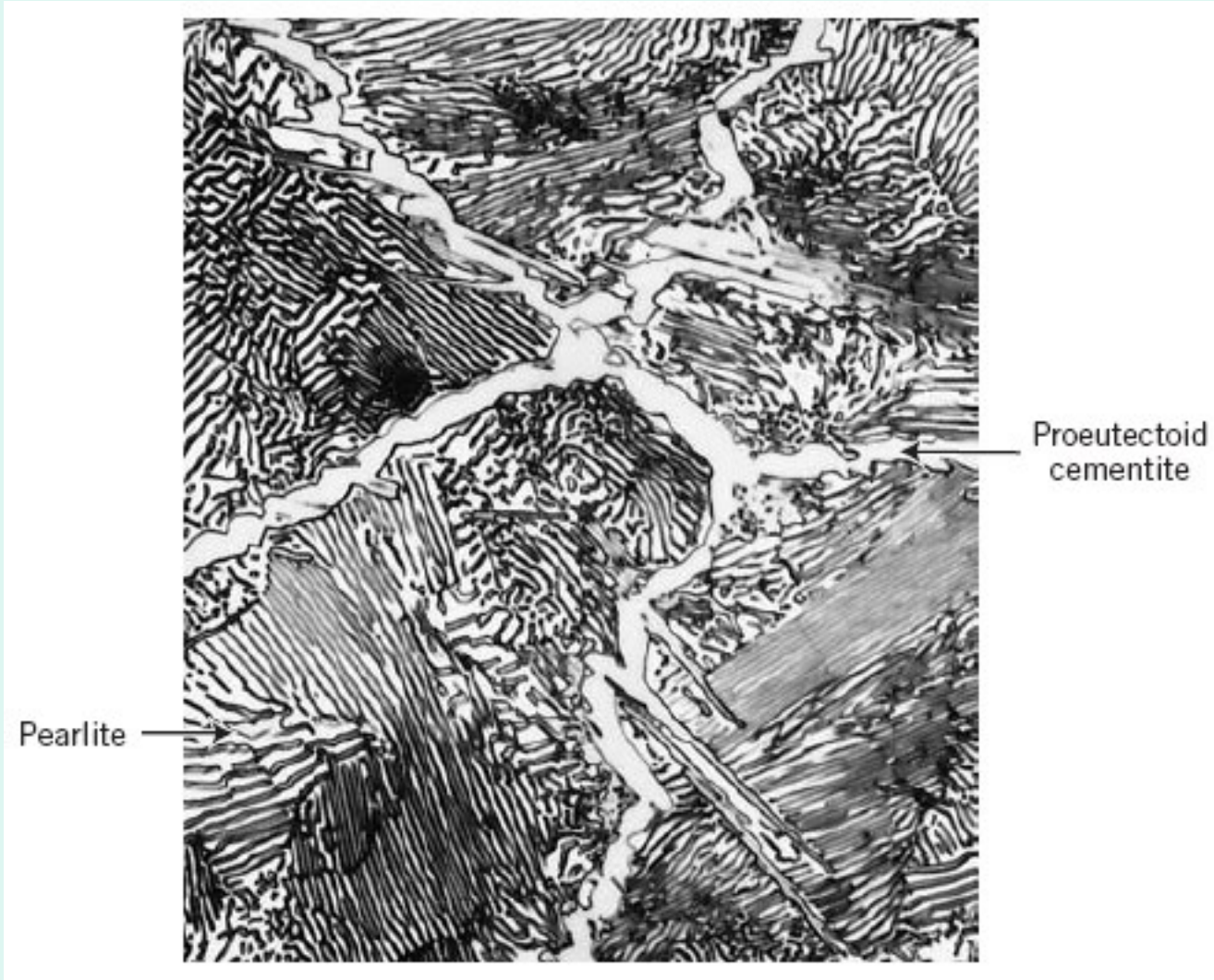
$$W_{\alpha'} = \frac{U}{T + U}$$

$$= \frac{0.76 - C'_0}{0.76 - 0.022} = \frac{0.76 - C'_0}{0.74}$$

Ötektoidüstü bileşim



Ötektoidüstü bileşim



EXAMPLE PROBLEM 9.4

Determination of Relative Amounts of Ferrite, Cementite, and Pearlite Microconstituents

For a 99.65 wt% Fe–0.35 wt% C alloy at a temperature just below the eutectoid, determine the following:

- (a) The fractions of total ferrite and cementite phases
- (b) The fractions of the proeutectoid ferrite and pearlite
- (c) The fraction of eutectoid ferrite

Solution

(a) This part of the problem is solved by application of the lever rule expressions employing a tie line that extends all the way across the $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ phase field. Thus, C'_0 is 0.35 wt% C, and

$$W_\alpha = \frac{6.70 - 0.35}{6.70 - 0.022} = 0.95$$

and

$$W_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{0.35 - 0.022}{6.70 - 0.022} = 0.05$$

(b) The fractions of proeutectoid ferrite and pearlite are determined by using the lever rule and a tie line that extends only to the eutectoid composition (i.e., Equations 9.20 and 9.21). Or

$$W_p = \frac{0.35 - 0.022}{0.76 - 0.022} = 0.44$$

and

$$W_{\alpha'} = \frac{0.76 - 0.35}{0.76 - 0.022} = 0.56$$

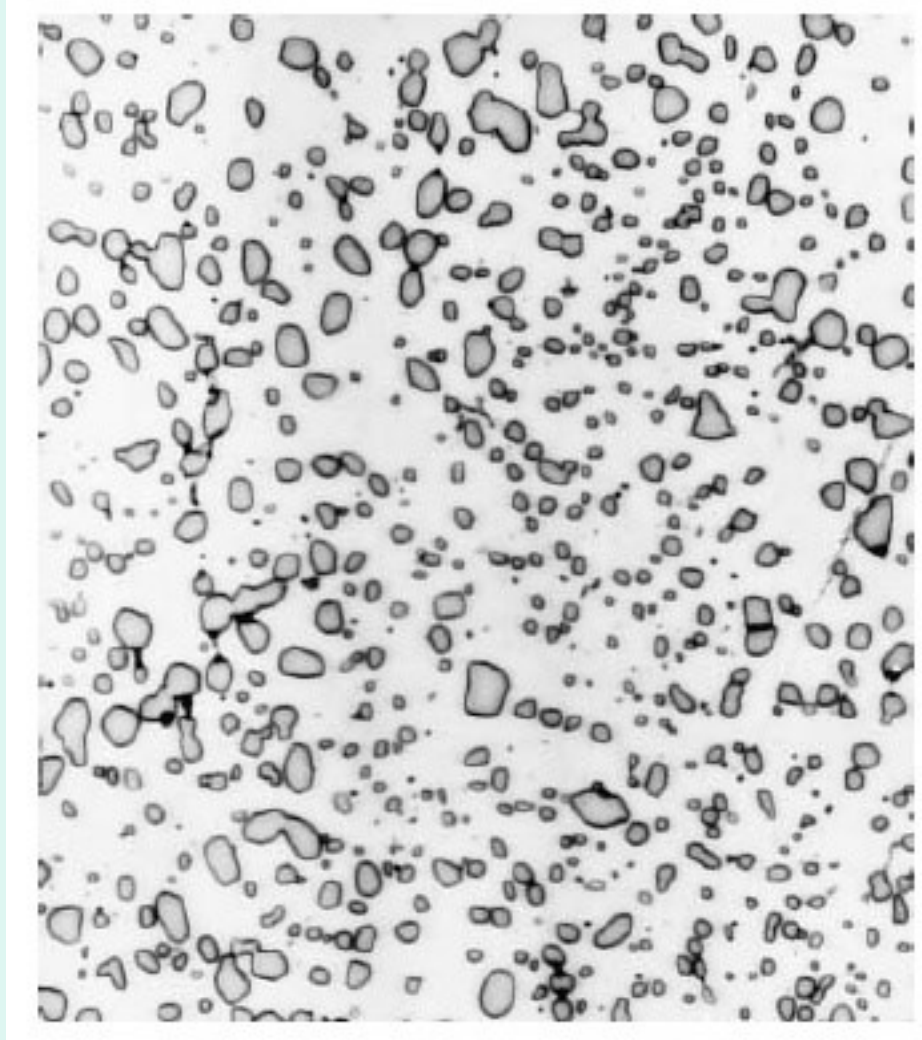
(c) All ferrite is either as proeutectoid or eutectoid (in the pearlite). Therefore, the sum of these two ferrite fractions will equal the fraction of total ferrite; that is,

$$W_{\alpha'} + W_{\alpha e} = W_\alpha$$

where $W_{\alpha e}$ denotes the fraction of the total alloy that is eutectoid ferrite. Values for W_α and $W_{\alpha'}$ were determined in parts (a) and (b) as 0.95 and 0.56, respectively. Therefore,

$$W_{\alpha e} = W_\alpha - W_{\alpha'} = 0.95 - 0.56 = 0.39$$

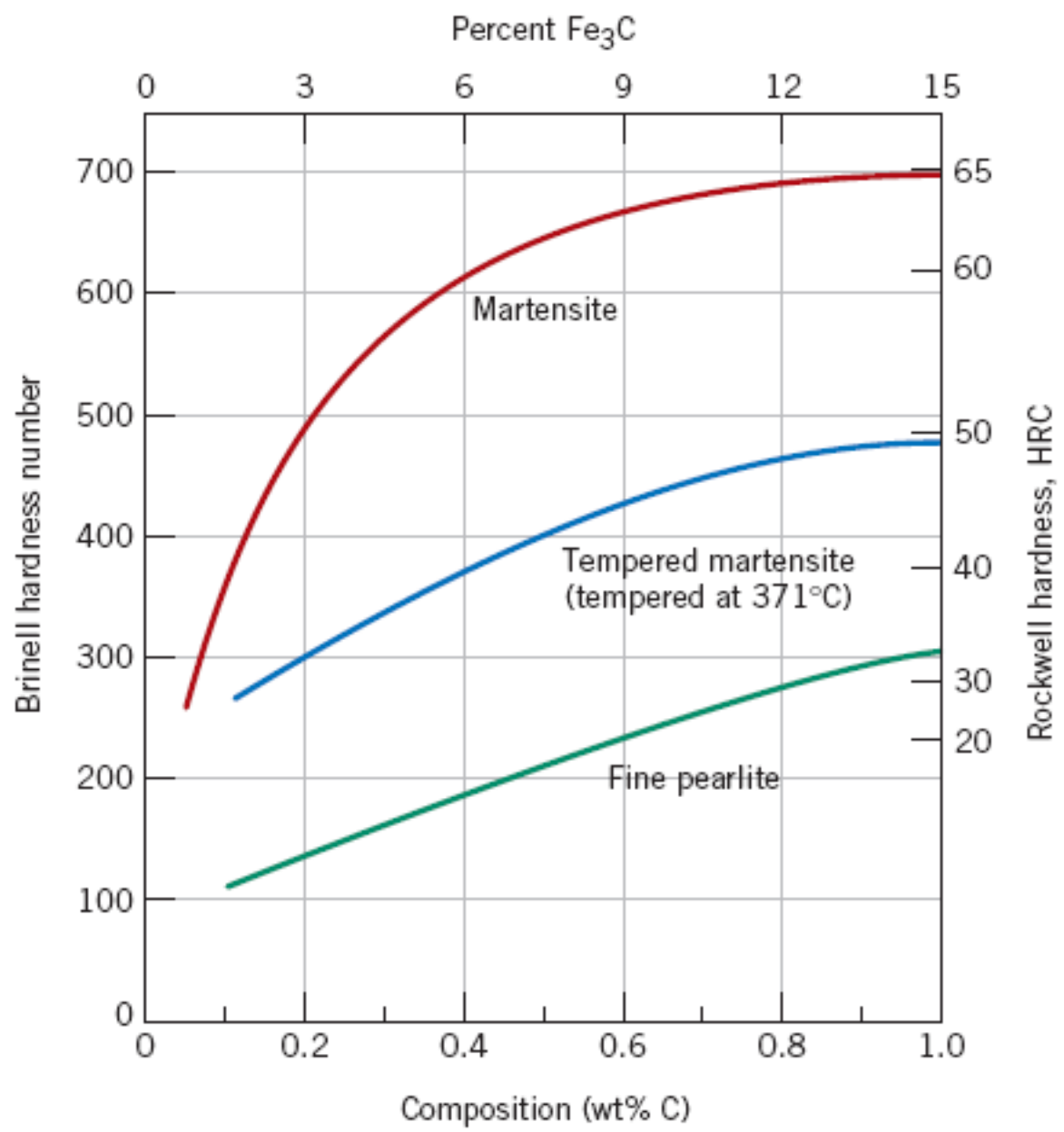
Küreselleştirilmiş perlit

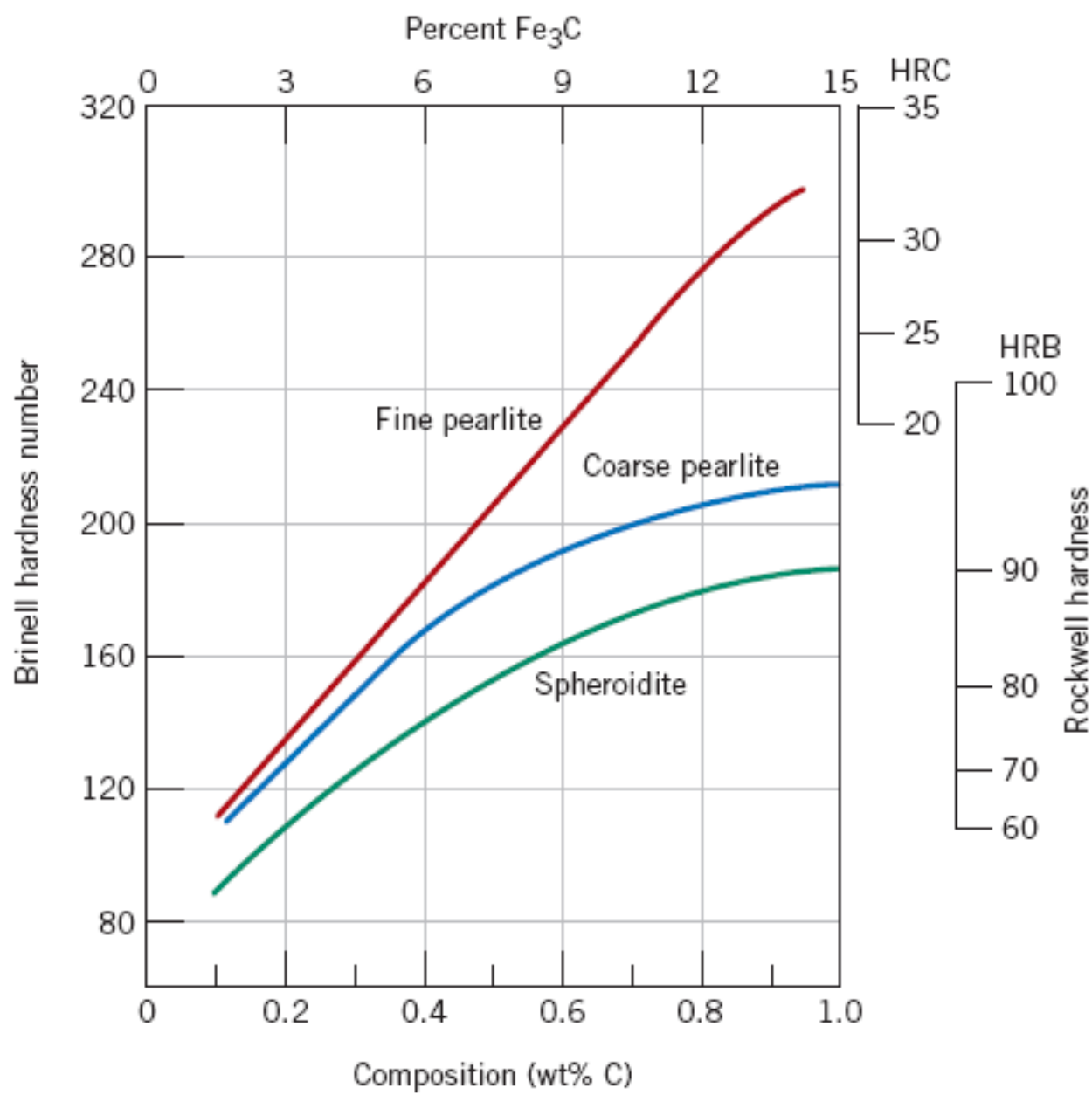


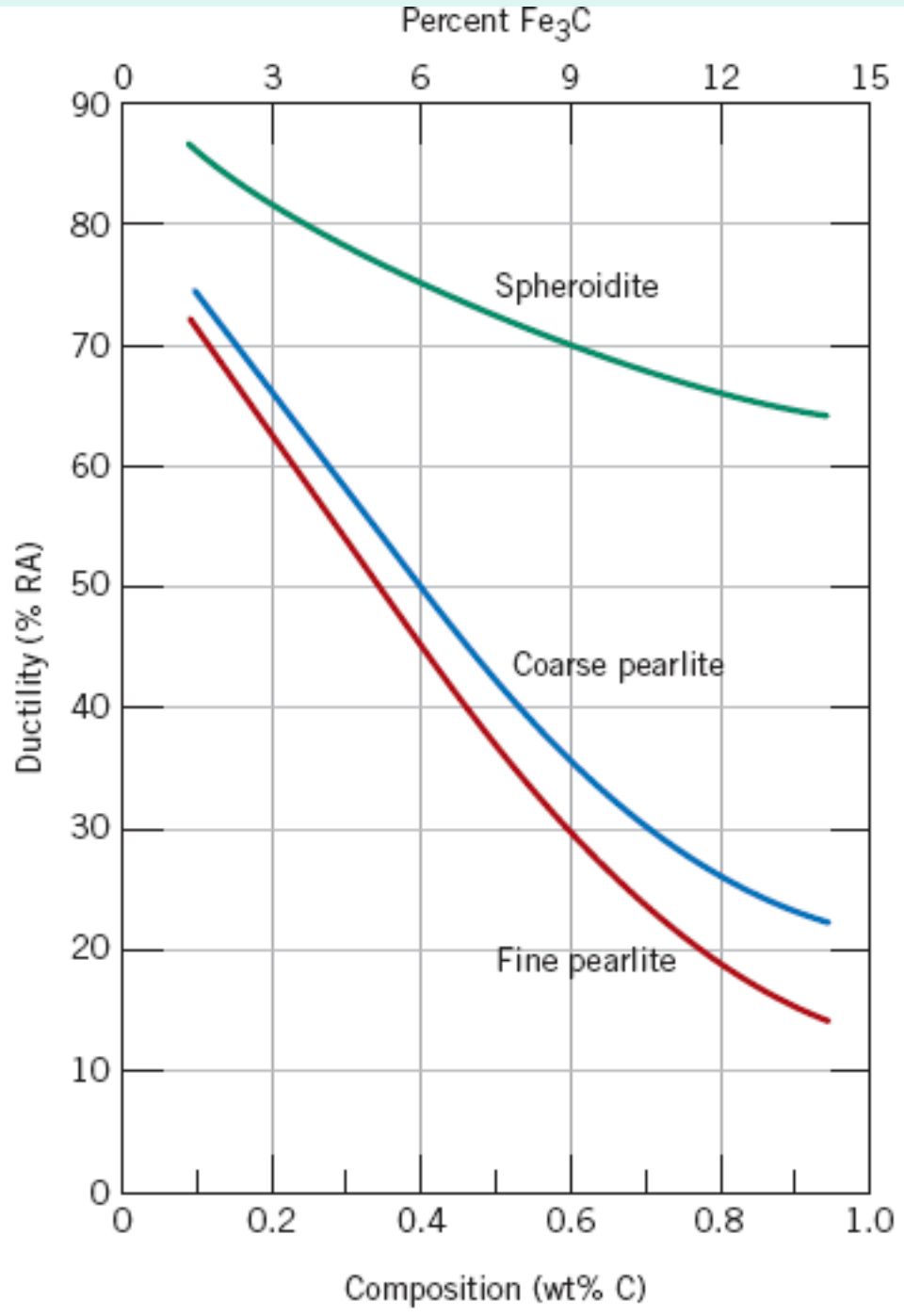
Martensit

Denge dışı yapı

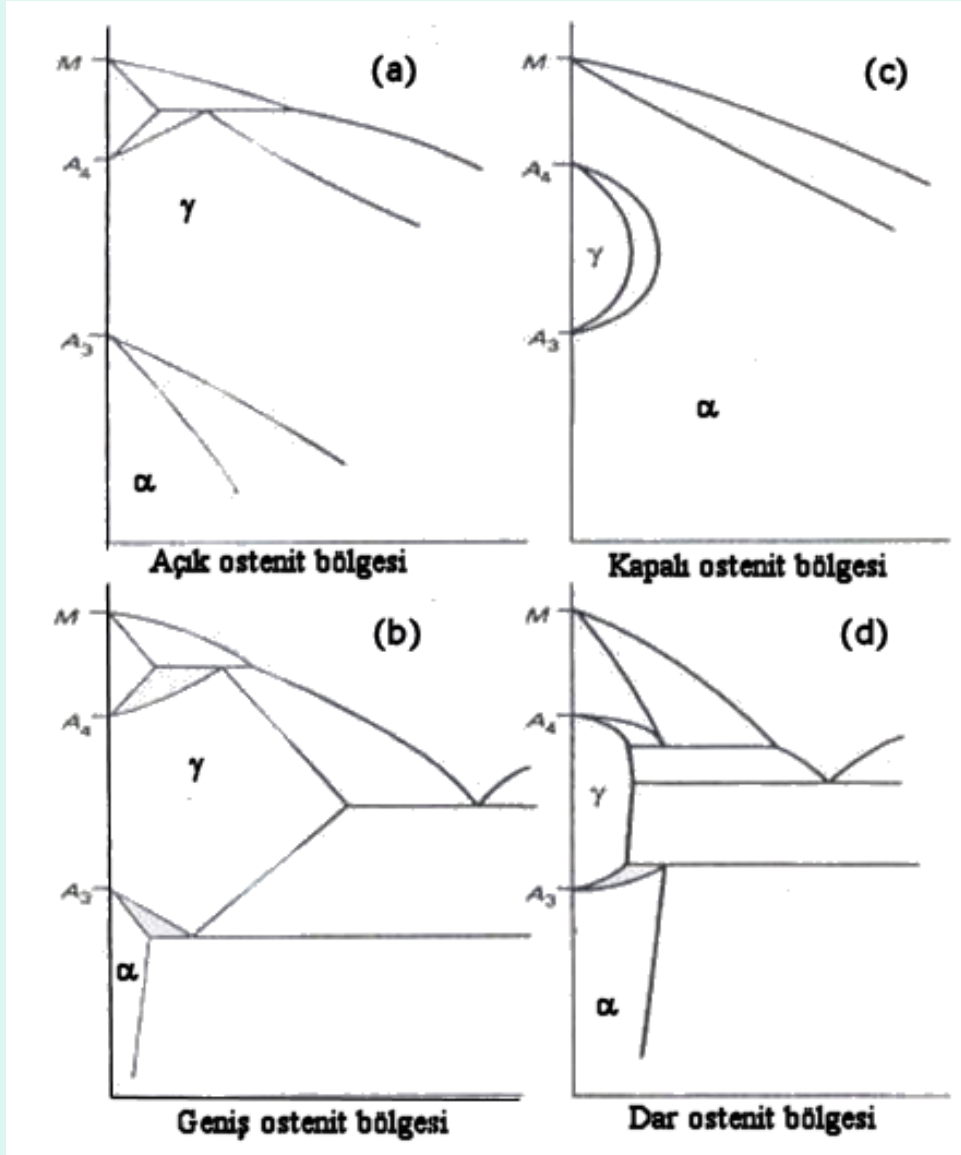








Alaşım Elementlerinin Fe-Fe₃C'de Ostenit Bölgesine Etkileri

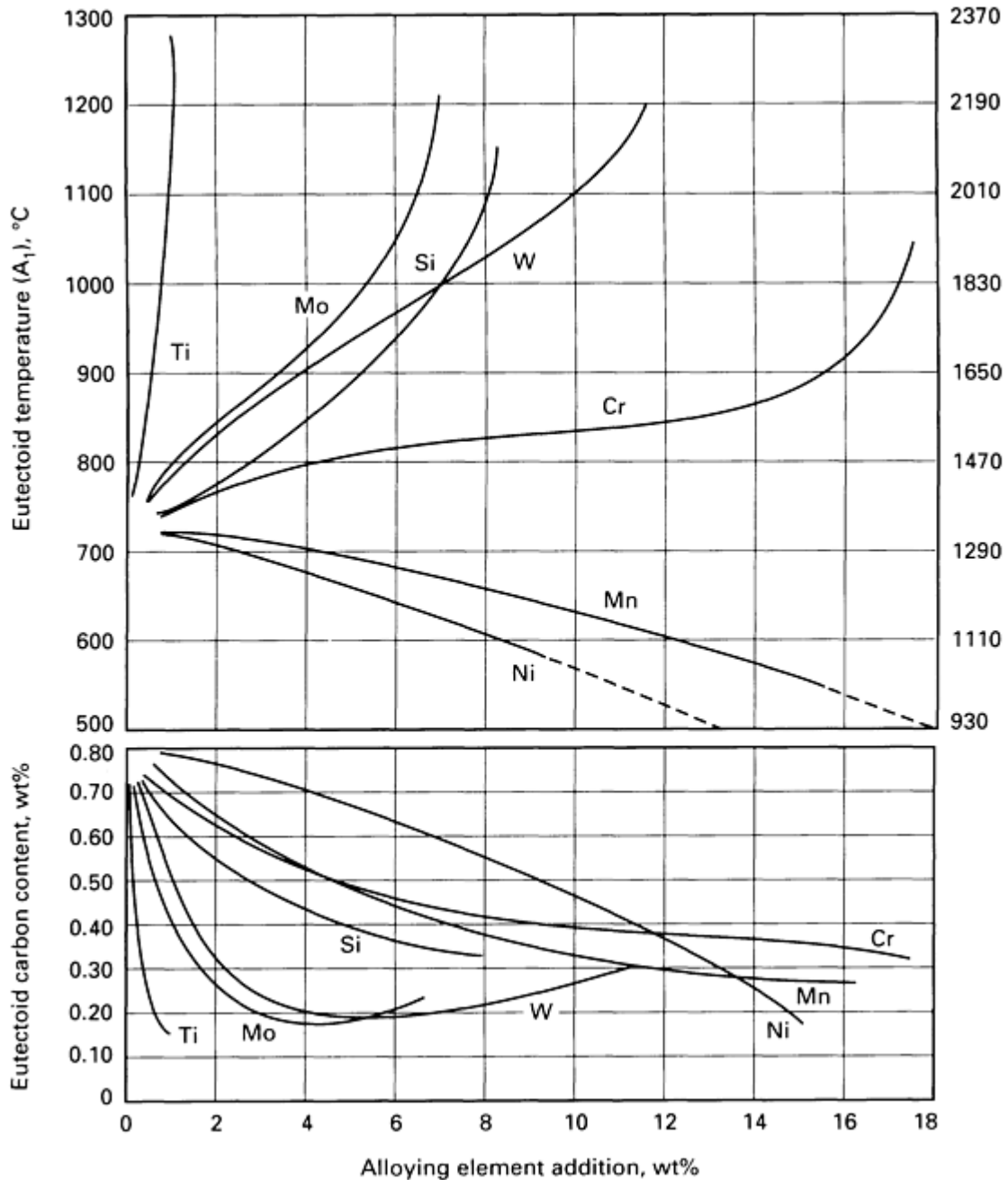


(a) Ostenit yapıcılar: Ni, Mn, Co, Pt, Os, Palladyum.
(%1 C, %13 Mn, %1.2 Cr Hadfield Çeliği) (%18 Cr, % 8 Ni Ostenitik Paslanmaz çelik)

(b) C (%2), N (%2.8), Cu, Zn, Au
A₁ ve A₃'ü düşürür, A₄'ü yükseltir.
Pek çok ısıl işlemin temelini oluşturur.

(c) Ferrit yapıcılar: Si, Al, Be, P, Ti, V, Mo, Cr.

(d) B, Ta, Nb, Zr.
Bunlar A₁ ve A₃'ü yükseltir.



Ötektik sıcaklık ve ötektik karbon yüzdesine, alaşım elementi miktarının etkisi.

Alaşım Elementlerinin Ferrit ve Ostenitin Özelliklere Etkisi

- Ferritte çözünen elementler çekme mukavemetini, genlemeyi azaltmadan artırır. (Mn ve Si hariç)
- Mn ve Si ferritin sertliğini çok yüksek değerlere çıkartır.
- % 1-2 nin üzerindeki alaşım elementleri ferrit darbe direncini düşürürler.
- Sadece Ni hem çekme muk. Hemde darbe direncini artırır.
- Ostenitin oda ve yüksek sıcaklık özellikleri alaşımlama ile artar.

Çeliklerdeki Karbür Fazları

- Alaşım elementleri
 - Grafitleştirici (Si, Ni, Cu, Al gibi)
 - Nötr (Co, Ni gibi; ne karbür ne grafitleştirici)
 - Karbür yapıcılar (Fe-Mn-Cr-Mo-W-Nb-V-Zr-Ti)
 - Eğer bir Cr ve Mo içeren bir çeliğe Vanadyum ilave edilirse, V karbonu alır, Cr ve Mo katı eriyik içine girer.
 - Eğer karbür yapıcı elementlerin miktarı çelikte az ise (Mn, Cr, W gibi) sementitte Fe atomlarının yerini alarak çözünürler. Sementitin yeni formülü $(Fe, M)_3C$ olur. Burada “M” alaşım elementini temsil eder.
 - Güçlü karbür yapıcı elementler (Ti, V, Zr, Nb) sementitte çözünemediklerinden kendi karbürlerini yaparlar.

- **Karbon.** Çelikte bulunan ana elementtir. Arayer katı çözültisi yapar. Fazlası demir ile sementit (Fe_3C) ve karbür yapıcı alaşım elementlerinin de bileşimde bulunması halinde alaşım karbürleri oluşturur. Katı çözültideki karbon çeliğin sertlik ve mukavemetini en fazla artıran elementtir (%0,6 C'a kadar). Ancak sertlik artışı ile süneklik azalır. Karbon içeriğindeki artış kaynak kabiliyetini azaltır. Çeliklerin su verme sertliğini de karbon sağlar.
- **Krom.** Çeliklere alaşım elementi olarak en fazla katılan elementtir. Temel niteliği çeliğe paslanmaya karşı direnç kazandırmasıdır. Bunun için gerekli krom değeri karbon içeriğine bağlıdır, ancak en az %12 krom olması gerekir. Krom aynı zamanda yüksek sıcaklık direncini de artırır. Ferrit yapıcıdır ve kuvvetli alaşım karbürleri oluşturur. Bu şekilde aşınma direncini iyileştirir. Ferritte çözüldüğü için mukavemeti artırır, sünekliği bir miktar azaltır. Tane büyümesini teşvik eder, bu nedenle kromlu çelikler ostenitleme sıcaklığında uzun süre tutulmamalıdır. Çeliklerde kullanım üst sınırı ağı. %30'a kadar çıkabilir.

Nikel. Kromla beraber çeliklerde en fazla kullanılan alaşım elementidir. Ostenit yapıcı bir elementtir, karbür oluşturmaz. Kromla birlikte iken sertleşme derinliğini artırır, oksidasyon direncine bir miktar katkısı vardır. Ms sıcaklığını şiddetli düşürür, ısıtma işlemi bir ölçüde kolaylaştırır, fazlası çeliği ostenitik yapar ve ısıtma işlemi imkansız kılar. Nikelli çelikler ince taneli oldukları için sementasyona çok uygundur. Bazı çeliklerdeki oranları ağırlık %10'un üzerindedir (ostenitik paslanmaz çelikler). AISI 330 kalite paslanmaz çelikte ise %37 mertebesinde nikel bulunur.

Molibden. Çeliklerde az kullanılan refrakter bir elementtir. Az alaşımlı çeliklerde, paslanmaz çelikler ve özellikle takım çeliklerinde (yüksek hız çeliklerinde) çok kullanılır. Ferriti kararlı kılar, kuvvetli alaşım karbürleri oluşturur. Oyuk korozyonunu önler, temper gevrekliğine engel olur.

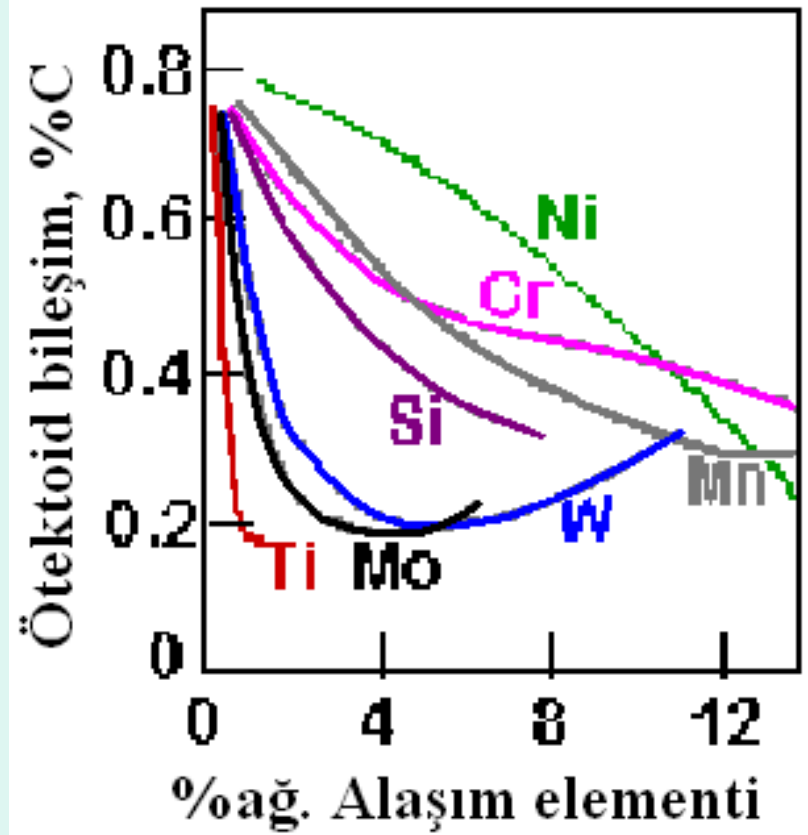
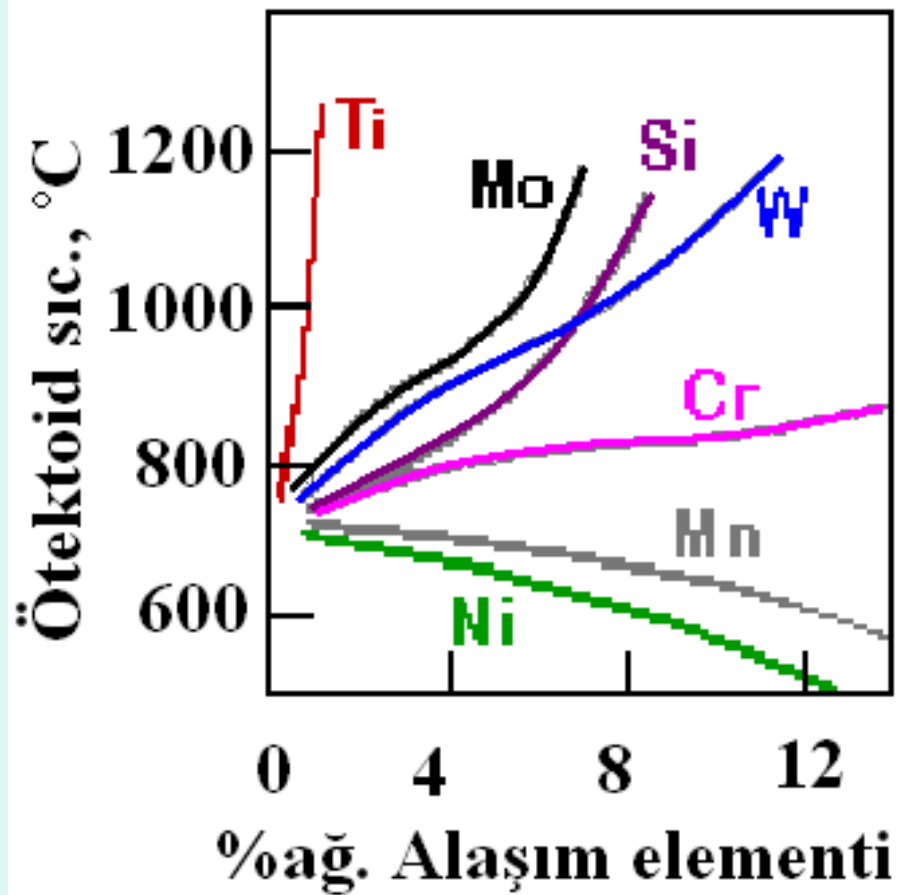
Vanadyum. Az kullanılan bu alaşım elementi de karbür yapıcıdır ve alfa-fajen bir elementtir. Çok kararlı ve sert karbür yaptığı için ısıtma işlemi zorlaştırır. Ancak vanadyumlu çeliklerde temperlemede sertlik düşüşü azdır. Sıcak mukavemeti artırır, tane büyümesini engeller.

- **Niobyum.** Genel olarak vanadyuma benzer, mikro alaşımlı çeliklerde kullanılır. Karbür yapar, ferrit fazını kararlı kılar.
- **Kobalt.** Refrakter bir elementtir. Sıcak iş ve yüksek hız takım çeliklerinde kullanılır. Yüksek sıcaklık direncini artırır. Karbür yapmaz. Pahalı bir elementtir. Ms sıcaklığını artıran bir elementtir (diğeri alüminyum).
- **Tungsten.** Ferrit faz alanını genişletir, karbür yapar. Yüksek sıcaklık direnci sağlar. Refrakter bir elementtir.
- **Titanyum.** Bazı paslanmaz çelikler ve yüksek sıcaklığa dayanıklı alaşımlarda katı çözültü sertleştirici ve karbür yapıcı olarak kullanılır. Çökeltme ile sertleşen paslanmaz çelikler ile Maraging çeliklerinde sertleştirici partikül oluşumuna yardımcı olur.
- **Silisyum.** Çeliğe üretim esnasında giren bir elementtir. Her türlü çelikte bulunur. Alaşım elementi olarak yay çelikleri ile silisyumlu saçlarda kullanılır. Yüksek sıcaklık direnci sağlar. En önemli avantajı ferrit yapıcı olmasıdır. Katı çözültüdeki silisyum mukavemeti çok artırır. Fazlası gevrekleşmeye yol açar. Sertleşebilirliğe olumlu etkisi vardır.

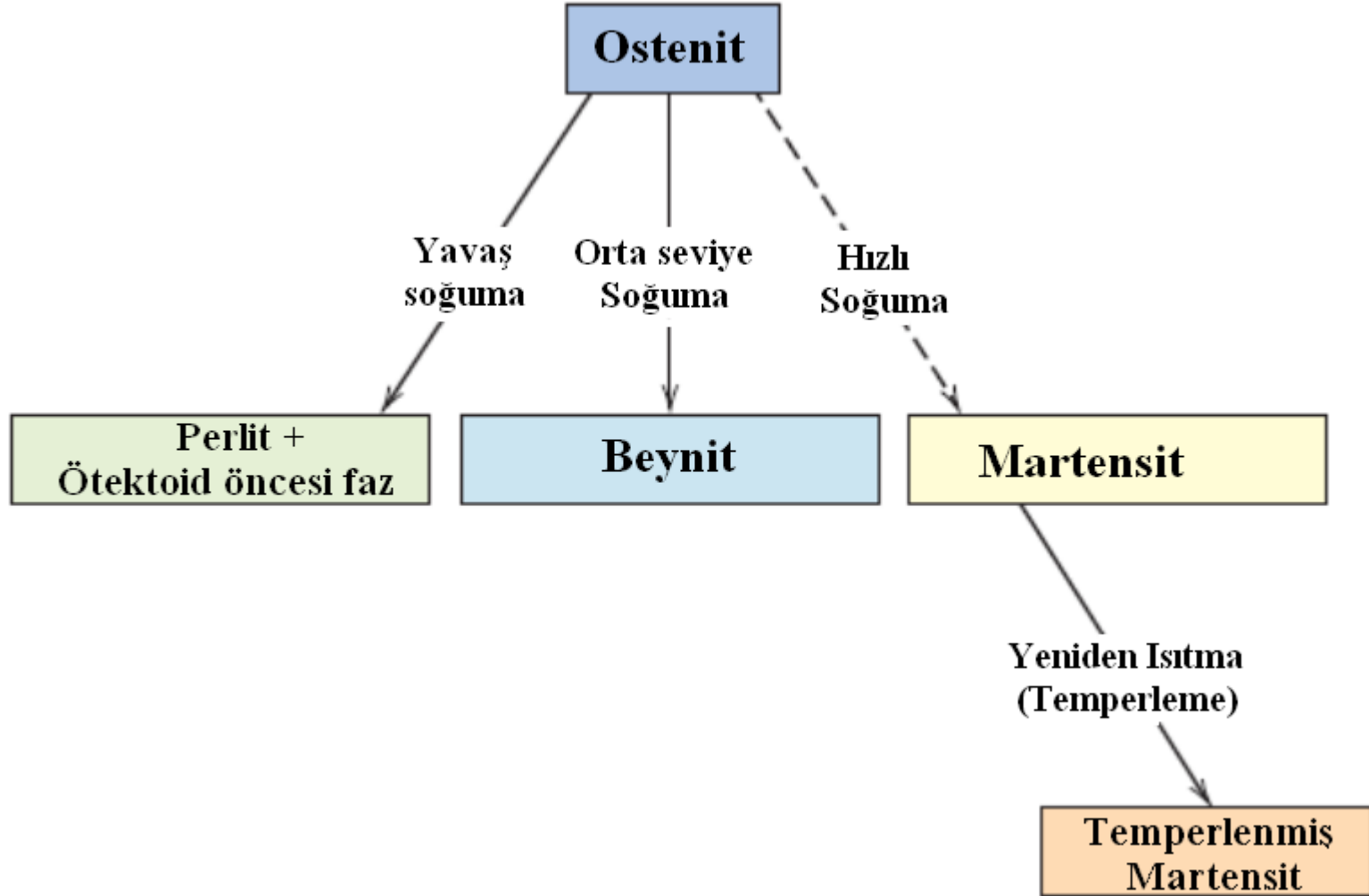
Manganez. Nispeten çok kullanılan, her türlü çelikte bulunan bir elementtir. Çeliğe genellikle ergitme ve rafinasyon işlemleri esnasında girer. Genel olarak nikel benzer, osteniti kararlı kılar, karbür yapmaz. Süneklikte bir miktar azalma olur. Bazı özel çeliklerde (ostenitik mangan çeliğinde %12-14) ve 200 serisi paslanmaz çeliklerde (%5-10) özellikle çok kullanılır. Sıcak yırtılmaya karşı görev yaptığı için yüksek kükürlü çeliklerde oranı yüksektir.

Aluminyum tane inceltici ve yüksek sıcaklıklara karşı direnç sağlayıcı, **bakır** atmosferik korozyon direncini geliştirici, **kurşun, fosfor, kükürt ve selen** talaş kaldırılabilirliği iyileştirici olarak az sayıdaki çeliğe az miktarlarda katılırlar.

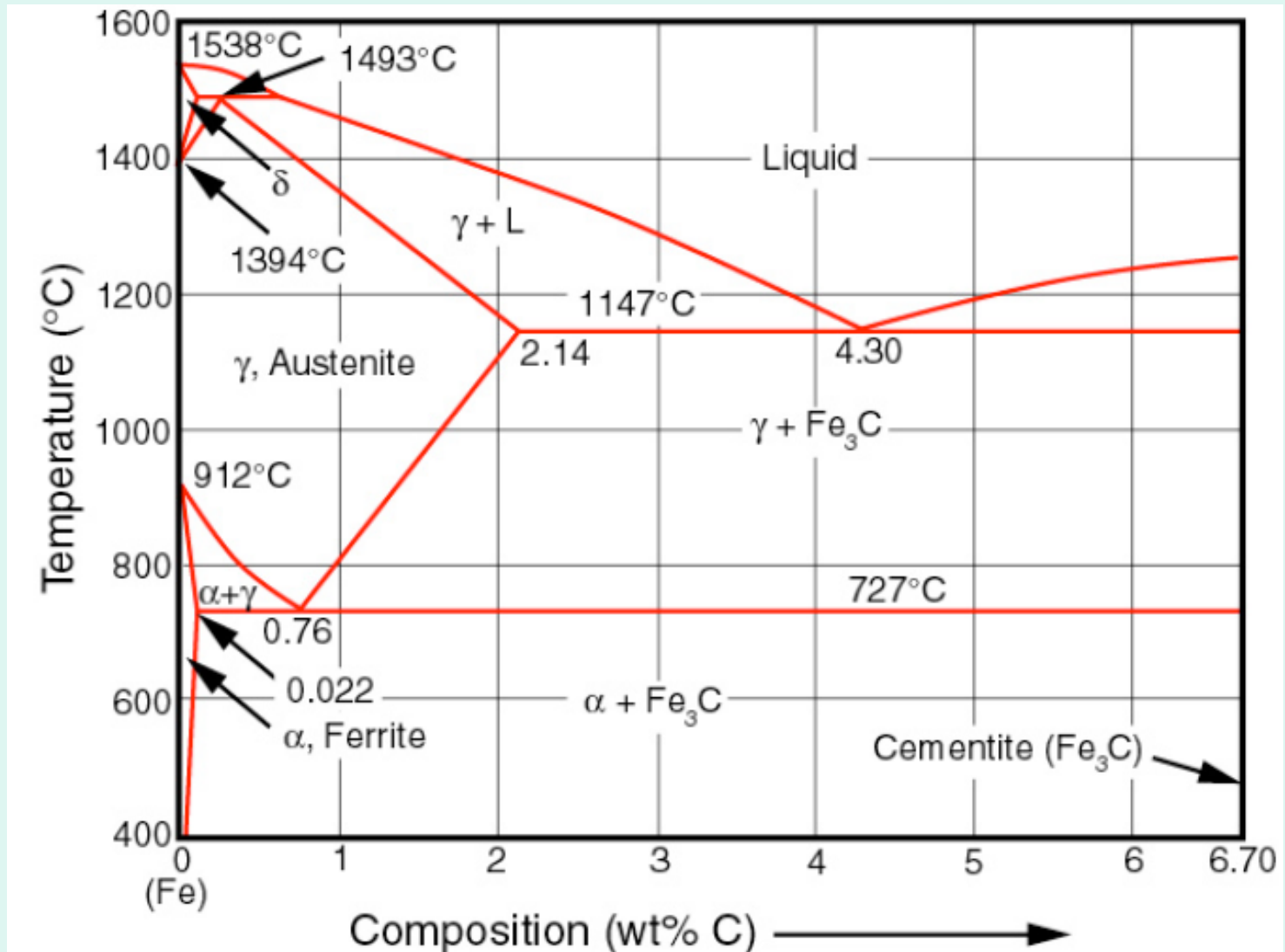
Bu elementlerden Cr ve Ni çelik endüstrisinde en fazla kullanılan elementlerdir. Mo, Mn, Si, W, Co, V, Ti ise daha az kullanılmaktadır. Diğer elementler özel amaçlar için çeliğe ilave edilmektedir



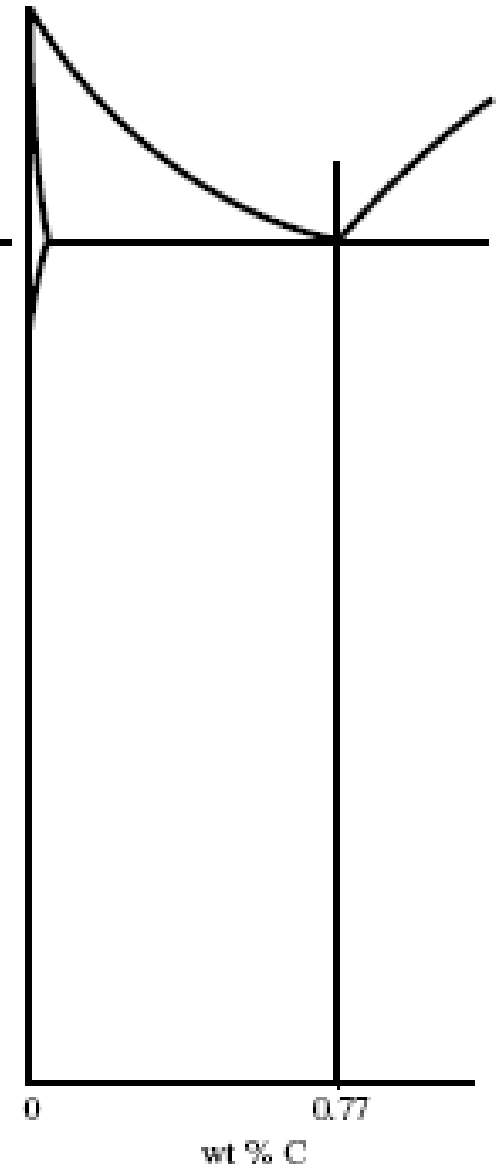
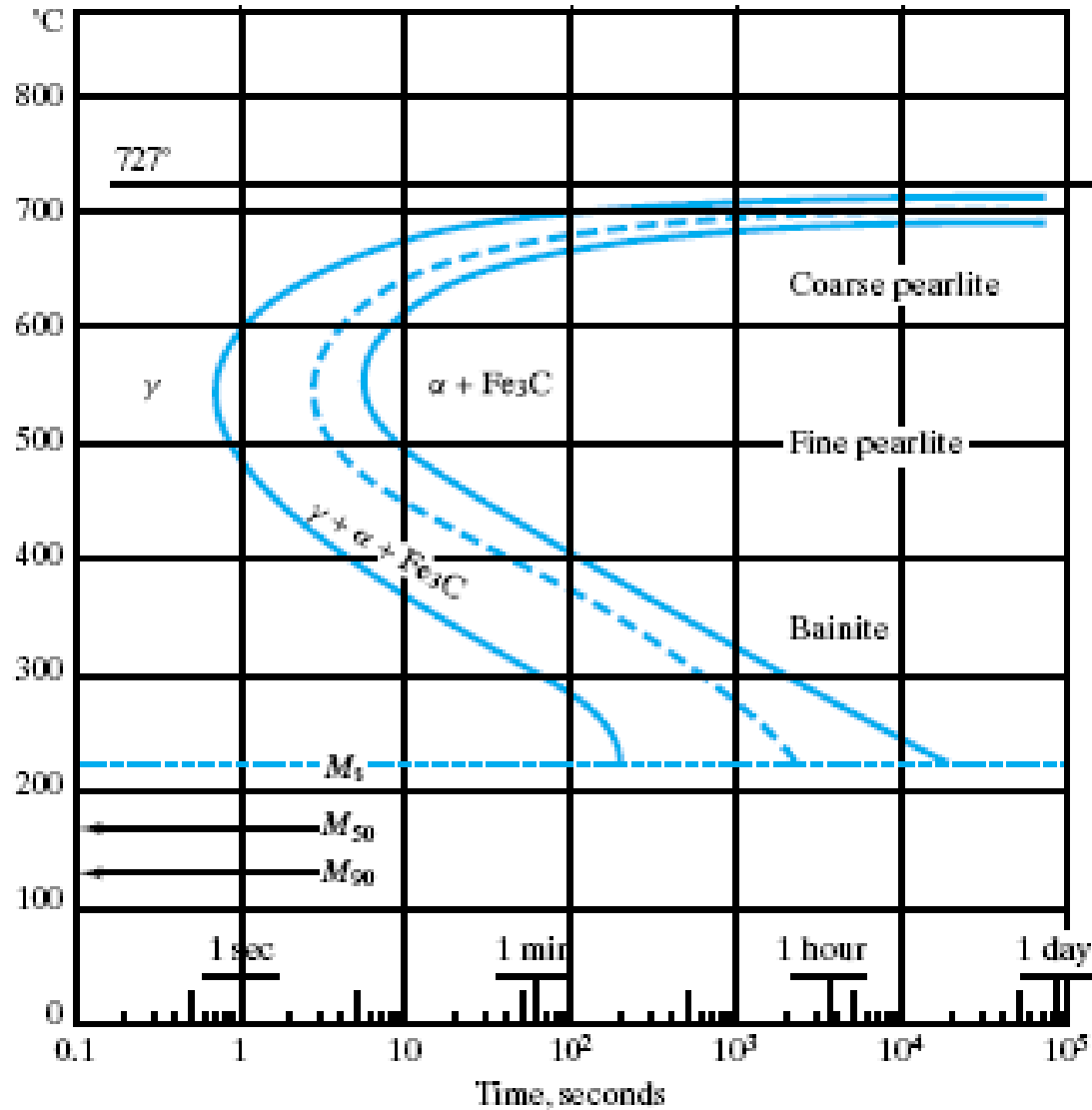
Ostenitin ayrışması



Temel Diyagramlar



TTT Diyagramı



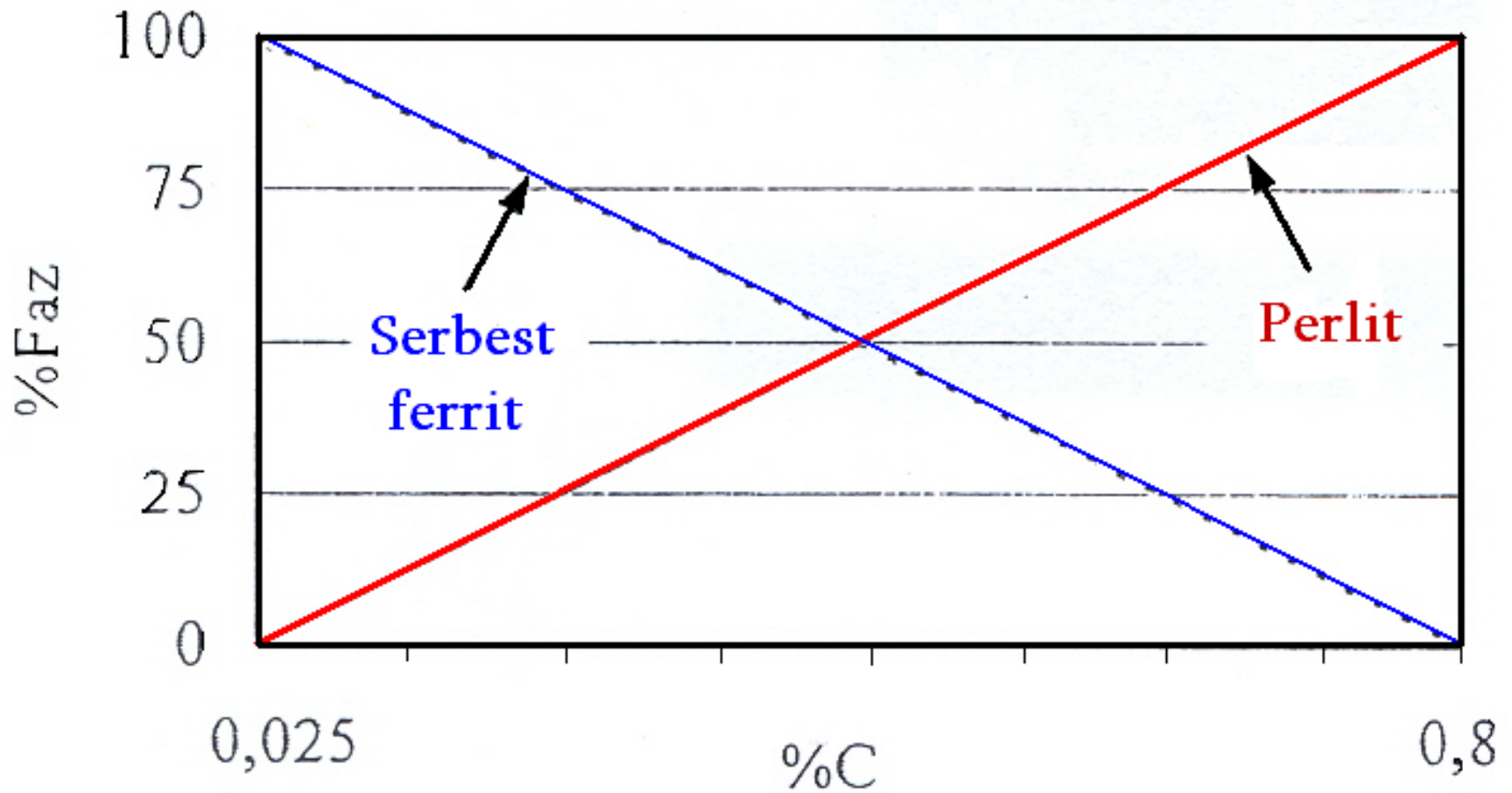
Grafik Yoluyla Mikroyapı Bileşenlerinin Hesaplanması

- Demir-karbon denge diyagramında çelikler bölgesindeki fazların % miktarları ölçülü çizilen bir grafik yardımıyla da yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bu diyagram, esasen Fe-C denge diyagramını baz alır; diyagramın apsisi karbon miktarını, ordinatı ise faz yüzdesini gösterir. Birbirine benzer iki diyagram çizilebilir: Daha basit olan birinci diyagramın apsisi demir köşesinden başlar ve %0,8 C bileşiminde (perlit) sona erer. İkinci diyagram daha komplike olup apsisi sementite kadar uzanır; yani Fe-C diyagramı ile tam olarak örtüşür. Her iki diyagramın da ordinatı % faz miktarıdır.

Birinci Tür Diyagram

Bu diyagramın apsisi % karbon miktarı, ordinatı ise % faz miktarıdır. Apsisi sadece %0,8 karbona kadar uzandığı için, sadece ötektoidaltı çeliklerin faz bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılabilir. Önce uzun ölçülü bir apsis çizelim (uzunluğun 4cm veya 8 cm olması uygun olur); sonra yine ölçülü bir ordinat çizelim (5cm uygundur). Son olarak, bu şekli düzgün bir dikdörtgene tamamlayalım. %0,022 C bileşiminde perlit miktarı %0 ve serbest ferrit miktarı % 100 iken %0,8 karbon bileşiminde perlit %100 ve ferrit %0'dır. Bu değişimleri diyagram üzerinde gösterip bunları birbirlerine düz çizgilerle birleştirelim. Şimdi diyagram üzerinde herhangi bir karbon bileşimi seçip onun faz miktarlarını hesaplayalım. Karbon miktarını %0,5 olarak seçelim ve bu noktadan ordinata bir paralel çizelim. Bu paralelin ferrit ve perlit değişim çizgilerini kestiği noktalar, %0,5 C içeren çelikteki serbest ferrit ve perlit miktarlarını verir. Ayrıca perlit içindeki ferrit ve sementit miktarlarının hesaplanması gerektiği zaman, ya daha önceki kısımda anlatılan hesaplar yapılmalıdır veya bir sonraki diyagram kullanılmalıdır.

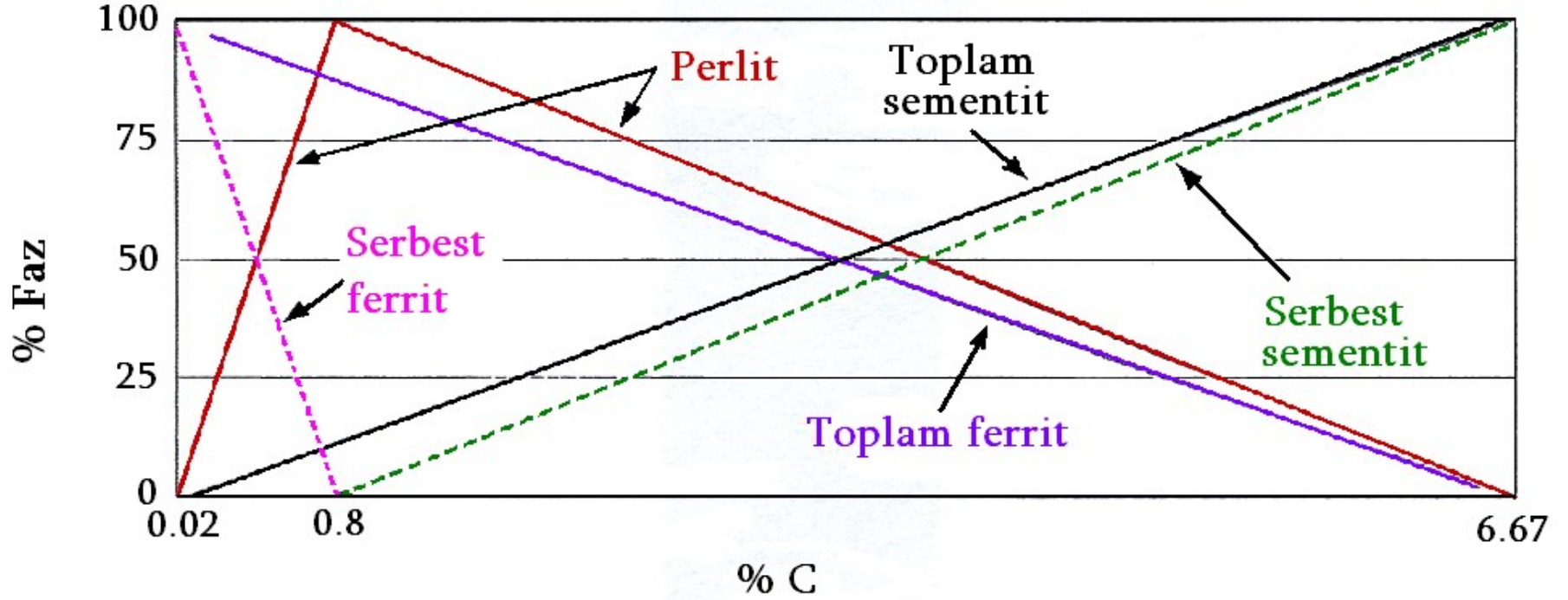
Şekil 1. Ötektoidalı (hipoötektoid) çeliklerde faz miktarlarını belirlemek için şematik çizim



İkinci Tür Diyagram

Bu, yukarıda anlatılan diyagrama nazaran daha karışık, fakat daha fazla bilgi veren bir diyagramdır. Diyagramın apsisi sementite kadar uzanan % C miktarı, ordinatı ise faz yüzdesidir. Bu diyagram hem ötektoidaltı, hem de ötektoid üstü çeliklerde karşılaşılan bütün denge yapılarının miktarlarını verir; değerlendirmesi biraz daha zor gibi gözükebilir. Faz değişim çizgilerinin farklı renk veya simgelerle çizilmesi karışıklıkların önlenmesi açısından avantaj sağlar. Yukarıda anlatılana benzer bir şekilde diyagramı çizelim: (Apsisin 6,67 cm veya 13,34 cm, ordinatın ise 5 cm veya 10 cm seçilmesi hesaplamalar açısından kolaylık sağlar.) Diyagram üzerinde perlitik karbon miktarını, serbest ferrit, serbest sementit, perlit değişimlerini çizelim.

Şekil 2. Çeliklerde faz miktarlarını hesaplamak için şematik çizim



- Diyagram üzerinde bir bileşim seçelim (%1,6 C) ve bunu diyagramda işaretleyip ordinata paralel çizelim. Son olarak, bu paralelin faz değişim çizgilerini kestiği noktaları ordinattan okumak yeterli olacaktır.
- Bu diyagramda, bazı durumlarda faz miktarlarının doğrudan okunması mümkün olmayabilir. Bu takdirde, bütün ölçümleri dikkatlice yapıp gerekli çıkarma veya toplamaları ihmal etmemelidir.
- Diyagramlar yardımı ile bulduğunuz sonuçları hesap yoluyla bulduğunuz sonuçlarla karşılaştırınız.