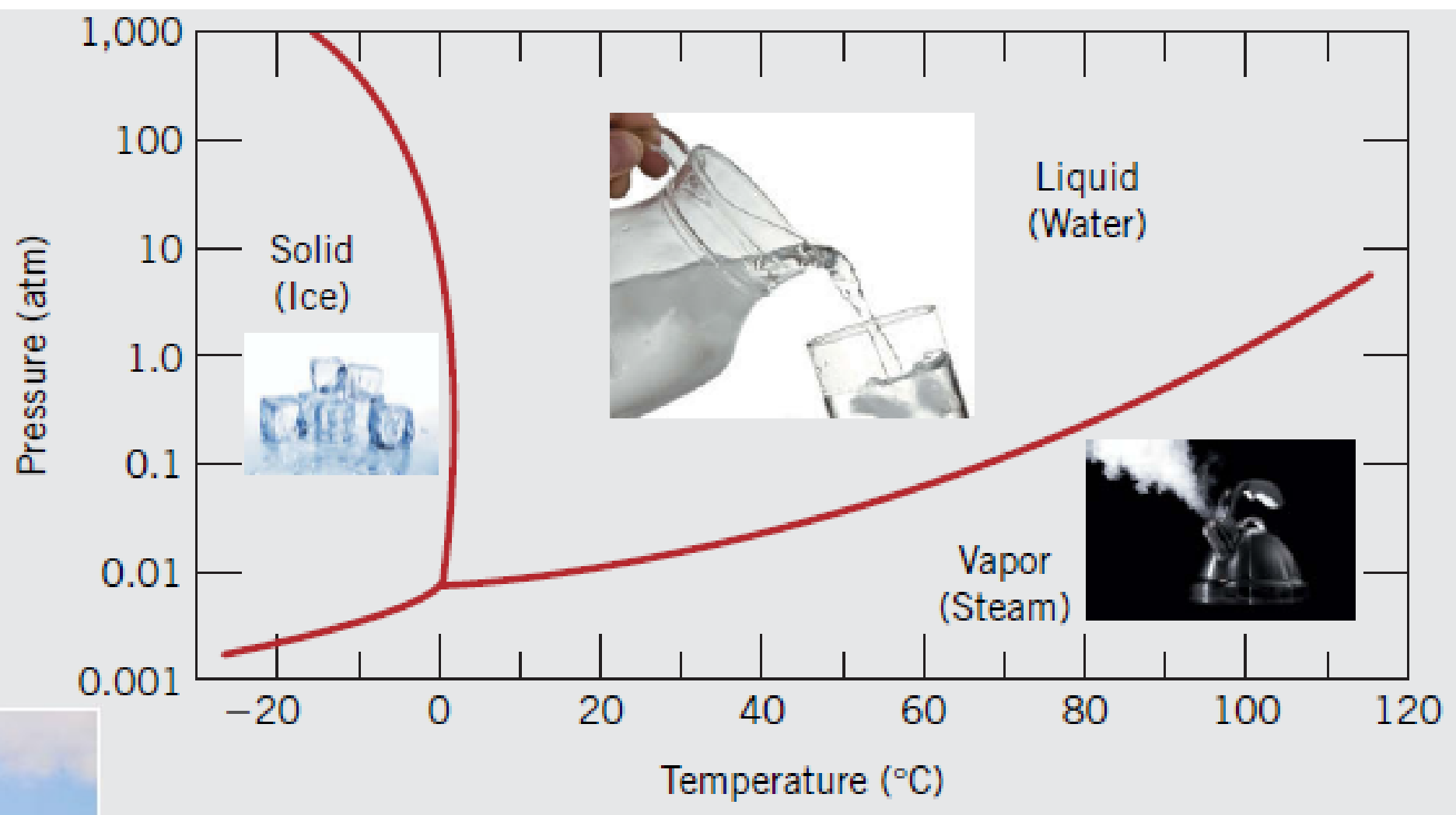




Malzeme I

Faz Diyagramları



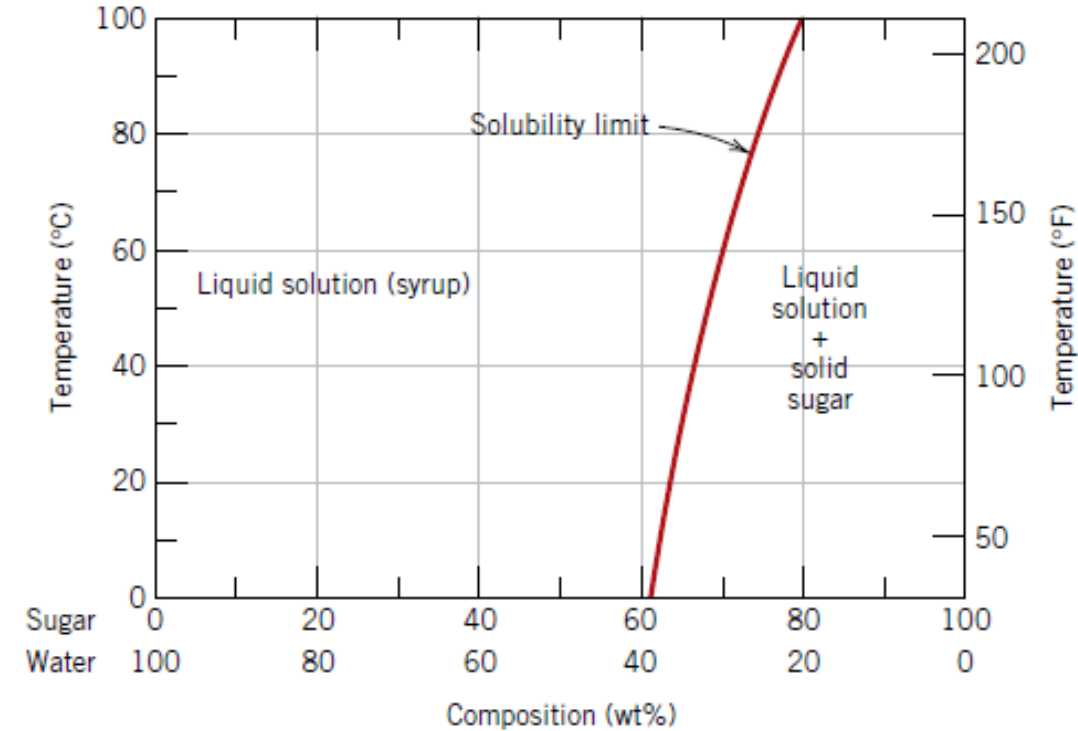
Temel Kavramlar

Bileşen: Alaşımı oluşturan saf metaller ve/veya bileşikler için kullanılır. Örneğin, pirinç alaşımı için bileşenler bakır ve çinkodur.

Sistem: Farklı anlamlarda kullanılabilir. Bir malzemenin sahip olduğu özel durum olarak nitelendirilebilir. Kimyasal bileşimden bağımsız olarak aynı alaşım elementleri tarafından oluşturulan olası alaşımları ifade etmek için de kullanılabilir (Fe-C sistemi).

Çözünürlük Sınırı: Belirli bir sıcaklıkta çözünen atomların, çözen kafes içinde ulaşabileceği üst konsantrasyon sınır değeri. Su-şeker sisteminde görülebileceği gibi çözünürlük sınırı sıcaklı ile değişebilir.

Faz: Bir sistemin homojen fiziksel ve kimyasal özellikler gösteren parçası olarak tanımlanabilir. Her saf malzeme bir faz olarak düşünülebileceği gibi her katı, sıvı ve gaz çözelti de faz olarak değerlendirilebilir.



Temel Kavramlar

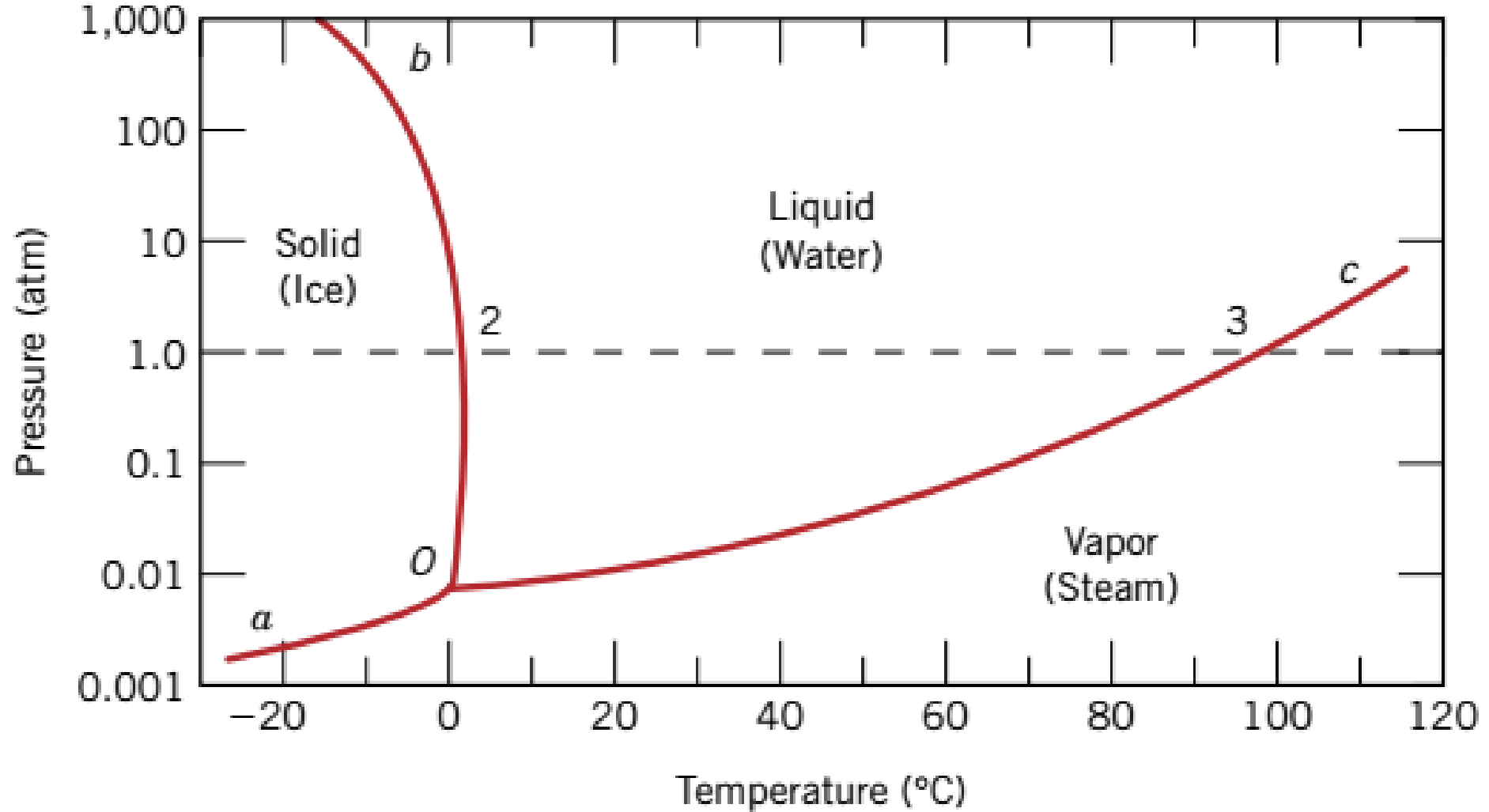
Mikroyapı: Optik mikroskop ve elektron mikroskobu gibi analizler sonucu belirlenir. Örneğin metal alaşımlarında mikroyapılar, yapıdaki oranları, dağılımları ve düzenleri farklı olan ve bir veya birden fazla faz ile tanımlanır. Bir malzemenin fiziksel özellikleri özellikle mekanik özellikleri sahip olduğu iç yapıya yani mikroyapıya bağlıdır.

Denge hali, en iyi şekilde serbest enerji adı verilen bir termodinamik büyüklük ile tanımlanır. **Serbest enerji**, bir sistemin iç enerjisi ile atom veya moleküllerinin rastgeleliği veya düzensizliğinin bir fonksiyonudur. Bir sistemin serbest enerjisi tanımlanan sıcaklık, basınç ve kimyasal bileşim için en düşük durumda ise bu sistem dengededir. Belirli bir sıcaklıkta çözünen atomların, çözen kafes içinde ulaşabileceği üst konsantrasyon sınır değeri. Su-şeker sisteminde görülebileceği gibi çözünürlük sınırı sıcaklı ile değişebilir.

Faz dengesi ise içerisinde birden fazla faz bulunan sistemlerin denge halini ifade eder.

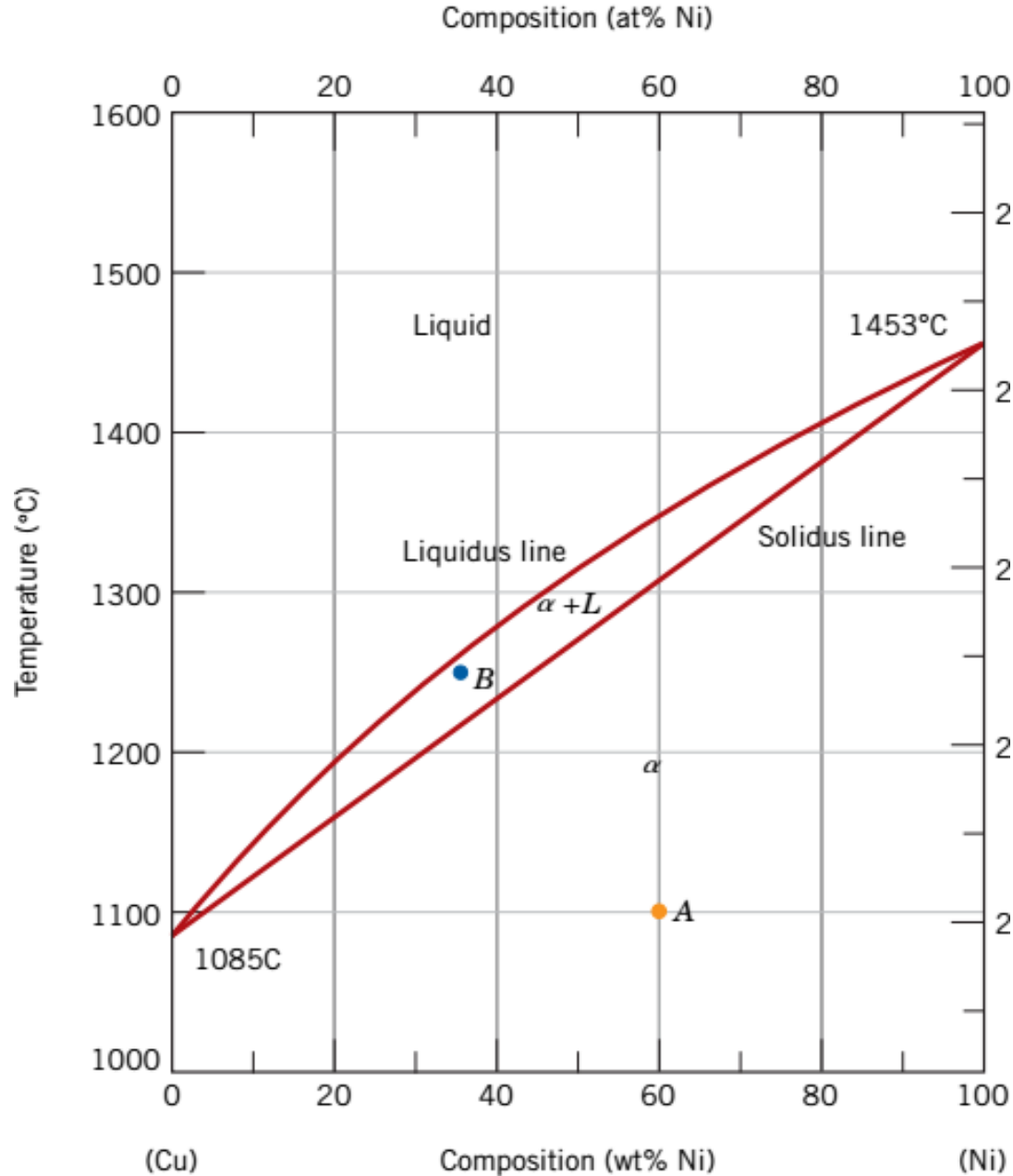
Yarı kararlı (meta stabil): Özellikle katı sistemlerde denge haline ulaşma hızı çok yavaş olduğundan, tam denge haline ulaşılmaz ve bu tür sistemler dengesiz veya yarı kararlı halde bulunur.

Bir Bileşenli Faz Diyagramları



Kimyasal bileşimin sabit tutulduğu, basınç ve sıcaklık değişkenlerine göre çizilen faz diyagramlarına (denge diyagramlarına) bir bileşenli diyagramlar adı verilir. Basınç-sıcaklık diyagramları olarak da adlandırılırlar.

İkili İzomorfik Faz Diyagramları



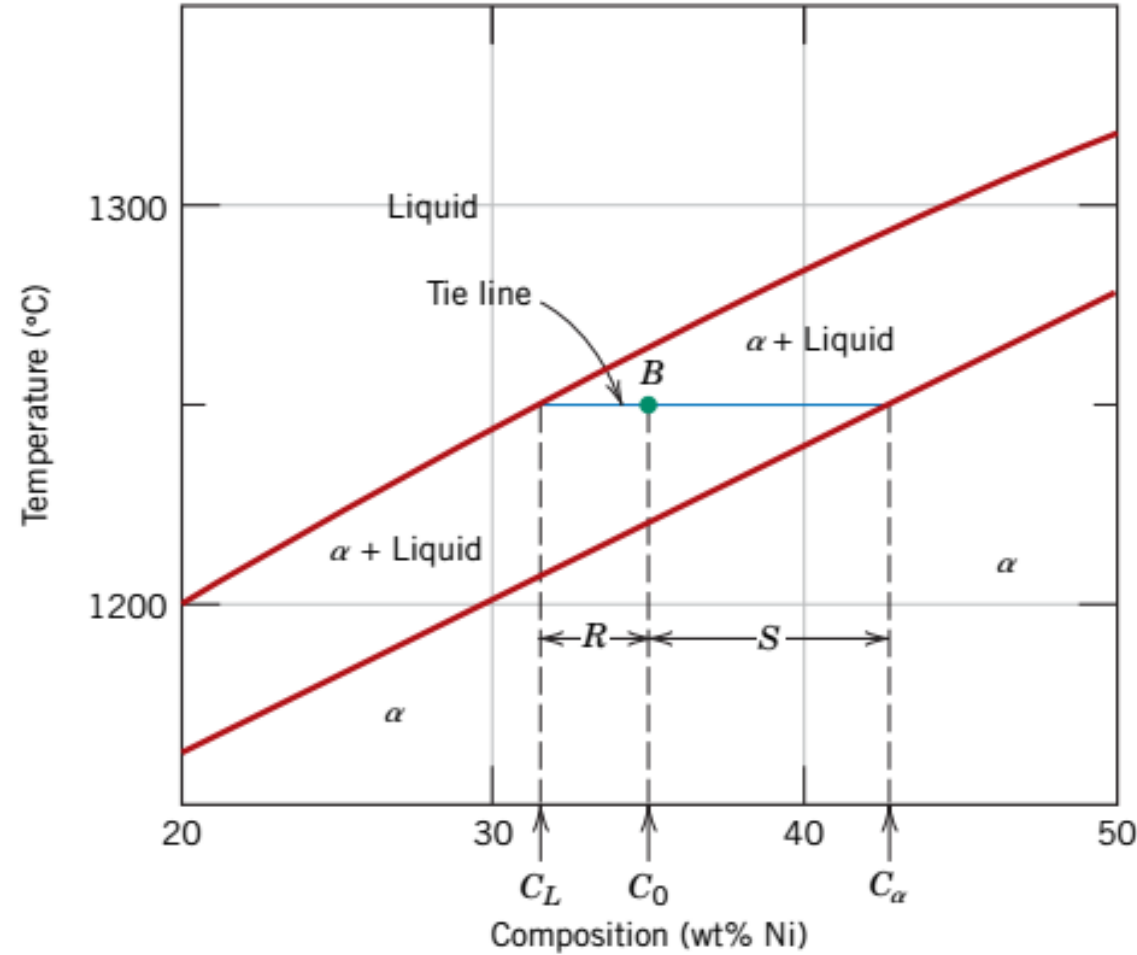
En basit ve sık kullanılan örneği Cu-Ni ikili denge diyagramıdır. Cu-Ni elementlerinin hem sıvı hem de katı hallerde gösterdiği tam çözünürlük özelliğinden dolayı bu sistem **izomorfik** olarak nitelendirilir.

Solidüs çizgisinin altındaki tüm sıcaklıklarda sistem katı çözelti halinde iken, likidüs çizgisinin üzerindeki tüm sıcaklıklarda sistem sıvı çözelti halinde bulunur.

Mevcut Fazların Belirlenmesi

- 1100 °C'de %60 Ni ve %40 Cu içeren **A noktasında** yalnızca α katı eriyik fazı bulunur.
- 1250 °C'de %35 Ni ve %65 Cu içeren **B noktasında** ise hem α katı eriyik fazı hem de sıvı faz S (L) bulunur.

İkili İzomorfik Faz Diyagramları



Fazların Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi

1- Verilen alaşım ve sıcaklık için yatay eksene paralel olarak uzanan ve iki fazlı bölgeyi boydan boya kesen bir **bağ çizgisi** çizilir.

2- Bağ çizgisiyle faz sınırlarını belirleyen çizgilerin kesiştiği noktalar belirlenir.

3- Bu kesişim noktalarından aşağı düşey çizgiler çizilerek yatay ekseninde her bir fazın tekabül ettiği bileşim değerleri okunur.

Örnek: 1250 °C'de %35 Ni ve %65 Cu içeren B noktası

İkili İzomorfik Faz Diyagramları

Faz Oranlarının Belirlenmesi

– Kaldıraç Kuralı

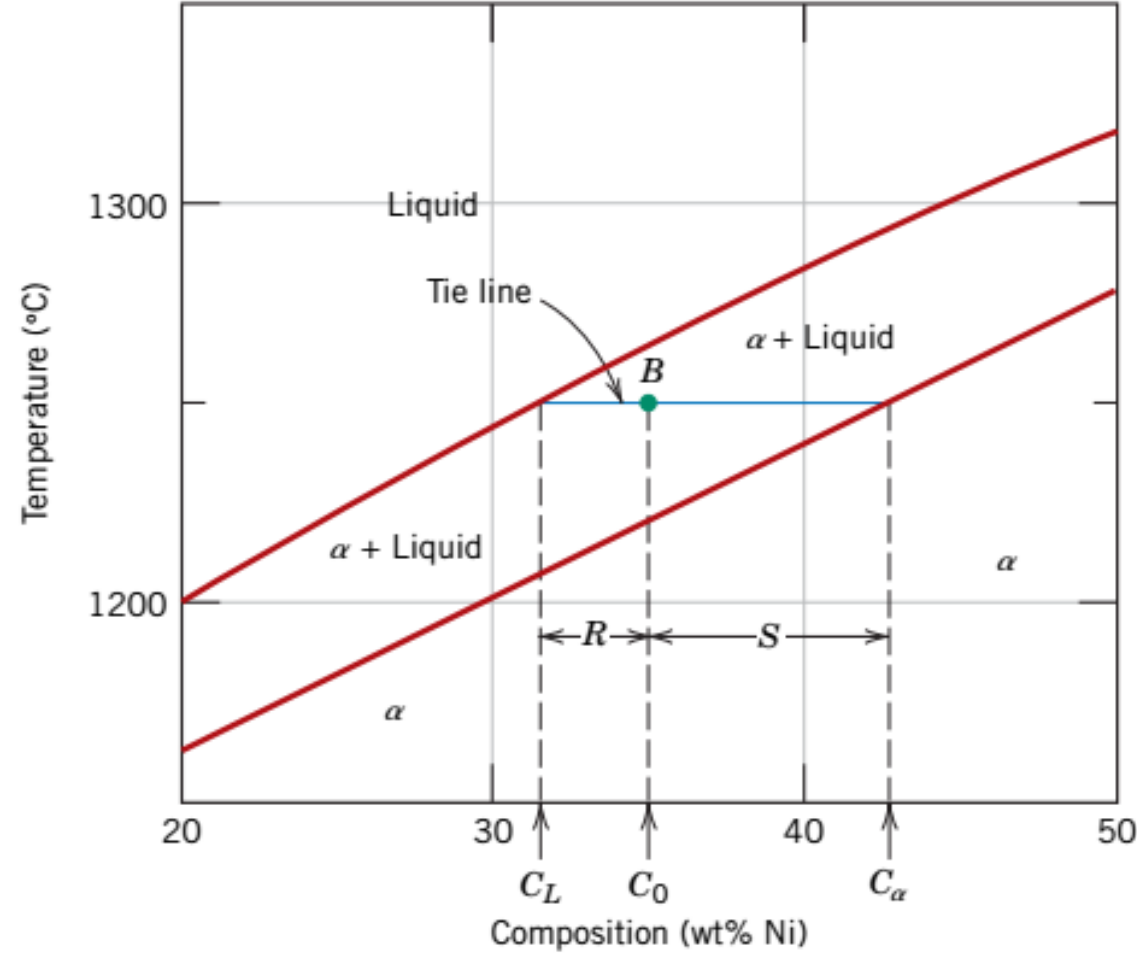
1- Alaşım için verilen sıcaklıkta iki fazlı bölgeyi baştan başa kesen bir bağ çizgisi çizilir.

2- Alaşımın bileşimi bu doğru üzerinde işaretlenir.

3- Bir faza ait oran, alaşımın bileşim değeri ile **diğer** faza ait sınır çizgisine olan uzaklığın, bağ çizgisinin tüm uzunluğuna bölünmesi ile bulunur.

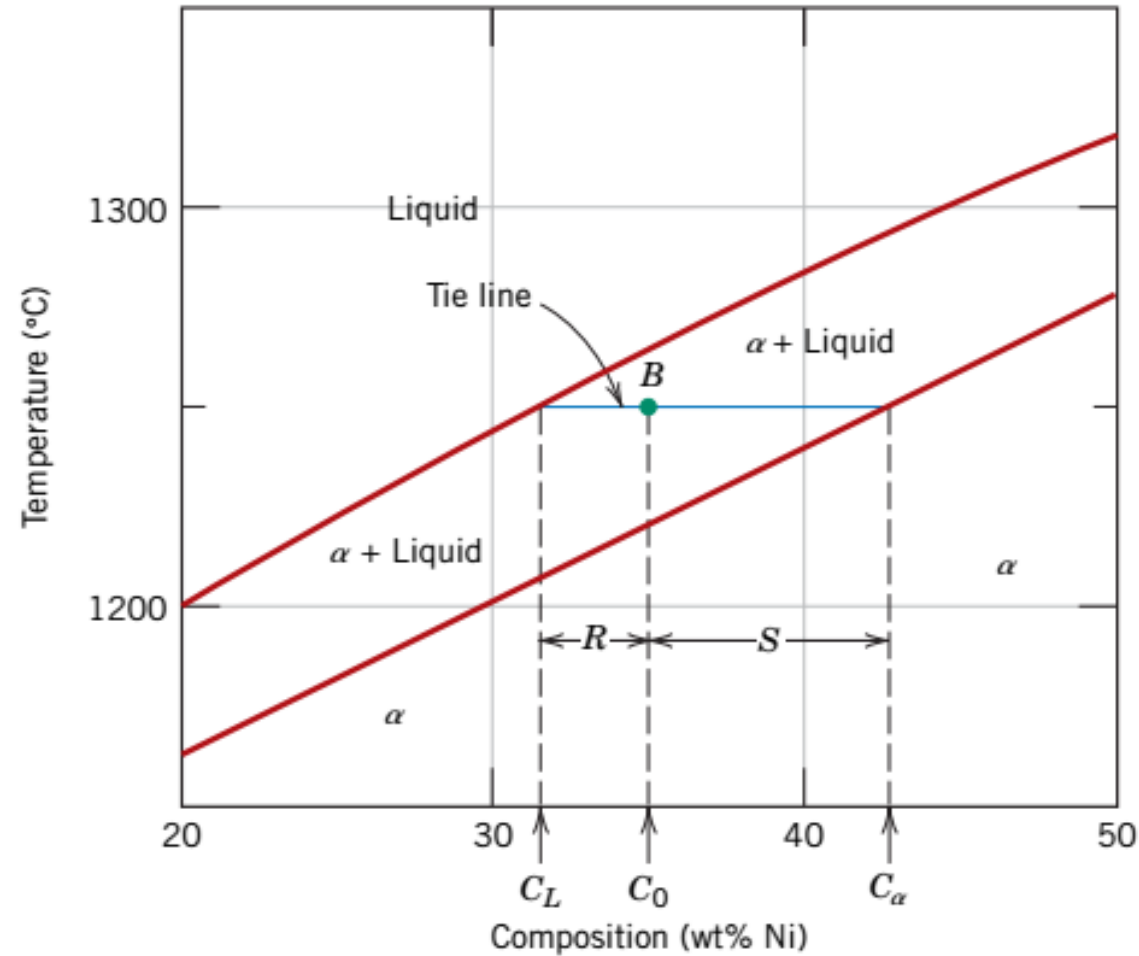
4- Diğer faza ait oran da benzeri şekilde bulunur.

5- Eğer bileşimin verildiği yatay eksen ağırlık yüzdesi olarak ölçeklendirilmişse, hesaplanan faz oranları fazların yapıdaki bağıl ağırlık oranlarını ifade eder.



İkili İzomorfik Faz Diyagramları

Faz Oranlarının Belirlenmesi – Kaldıraç Kuralı



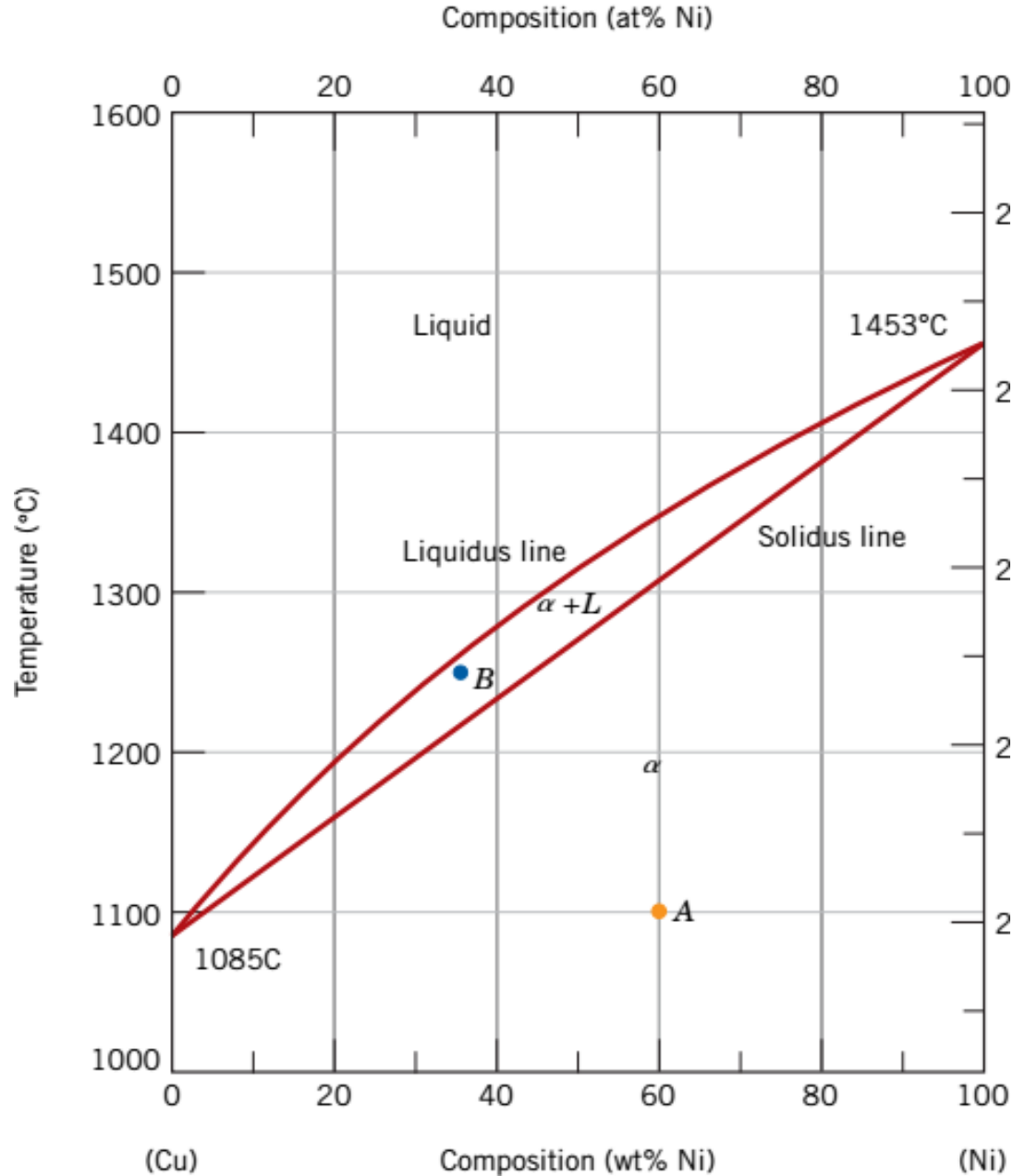
$$W_L = \frac{S}{R + S}$$

$$W_L = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L}$$

$$W_L = \frac{42.5 - 35}{42.5 - 31.5} = 0.68$$

$$W_\alpha = \frac{R}{R + S} = \frac{C_0 - C_L}{C_\alpha - C_L} = \frac{35 - 31.5}{42.5 - 31.5} = 0.32$$

İkili İzomorfik Faz Diyagramları



Kavram Kontrol Sorusu:

Ağırlıkça %70 Ni ve %30 Cu içeren alaşım 1300 °C'den itibaren yavaşça ısıtılıyor.

- Hangi sıcaklıkta sıvı faz oluşmaya başlar?
- Bu noktadaki sıvı fazın bileşimi nedir?
- Alaşımın tam olarak ergimesi hangi sıcaklıkta gerçekleşir?
- Tam ergime gerçekleşmeden önce yapıdaki son katı fazın bileşimi nedir?

İkili İzomorfik Faz Diyagramları

Mikroyapısal incelemelerde görüntüler hacimsel dağılımı ifade ettiklerinden faz oranlarını hacimsel oran şeklinde vermek daha uygundur.

$$V_{\alpha} = \frac{v_{\alpha}}{v_{\alpha} + v_{\beta}}$$

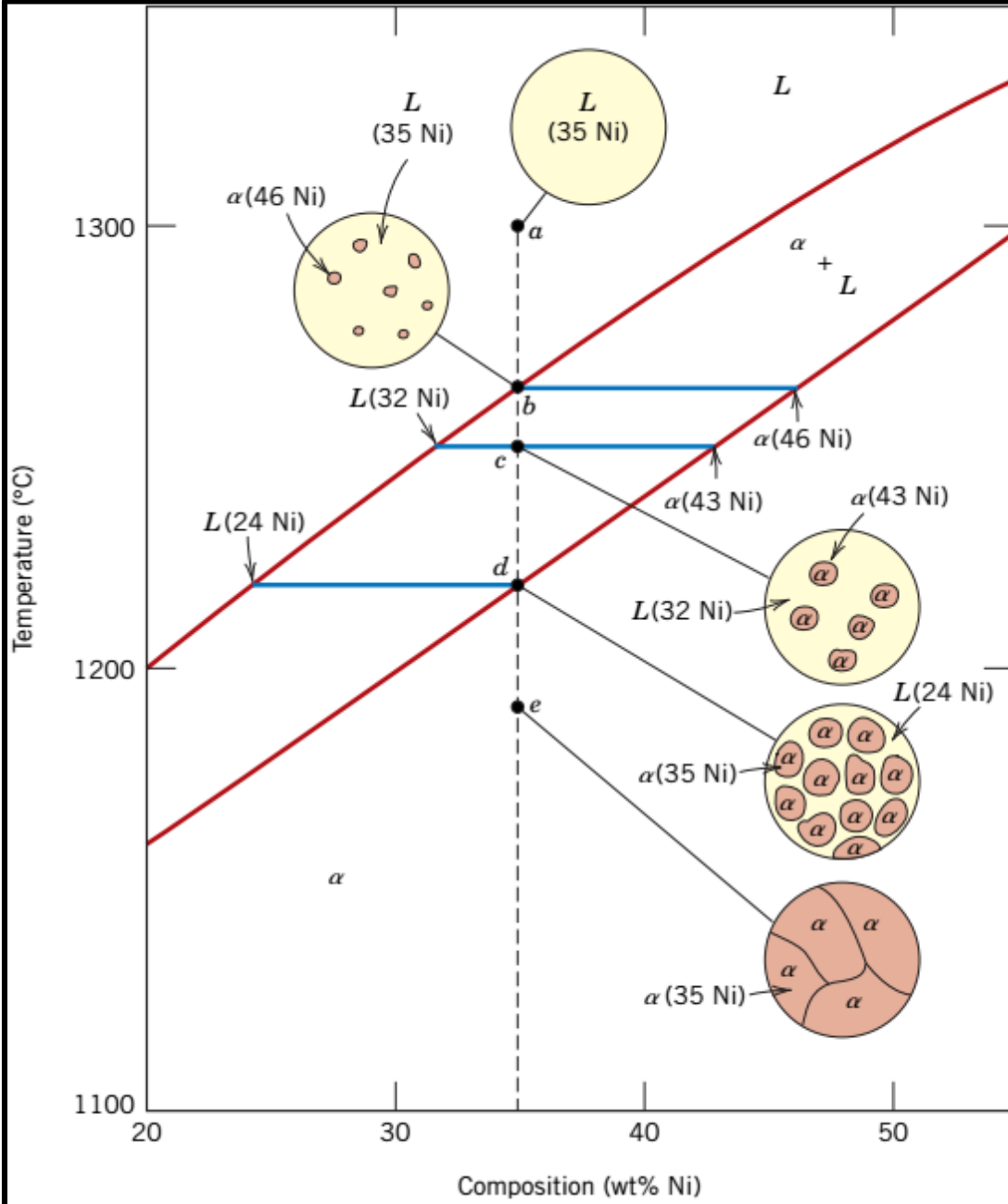
$$V_{\alpha} = \frac{\frac{W_{\alpha}}{\rho_{\alpha}}}{\frac{W_{\alpha}}{\rho_{\alpha}} + \frac{W_{\beta}}{\rho_{\beta}}}$$

$$V_{\beta} = \frac{\frac{W_{\beta}}{\rho_{\beta}}}{\frac{W_{\alpha}}{\rho_{\alpha}} + \frac{W_{\beta}}{\rho_{\beta}}}$$

$$W_{\alpha} = \frac{V_{\alpha}\rho_{\alpha}}{V_{\alpha}\rho_{\alpha} + V_{\beta}\rho_{\beta}}$$

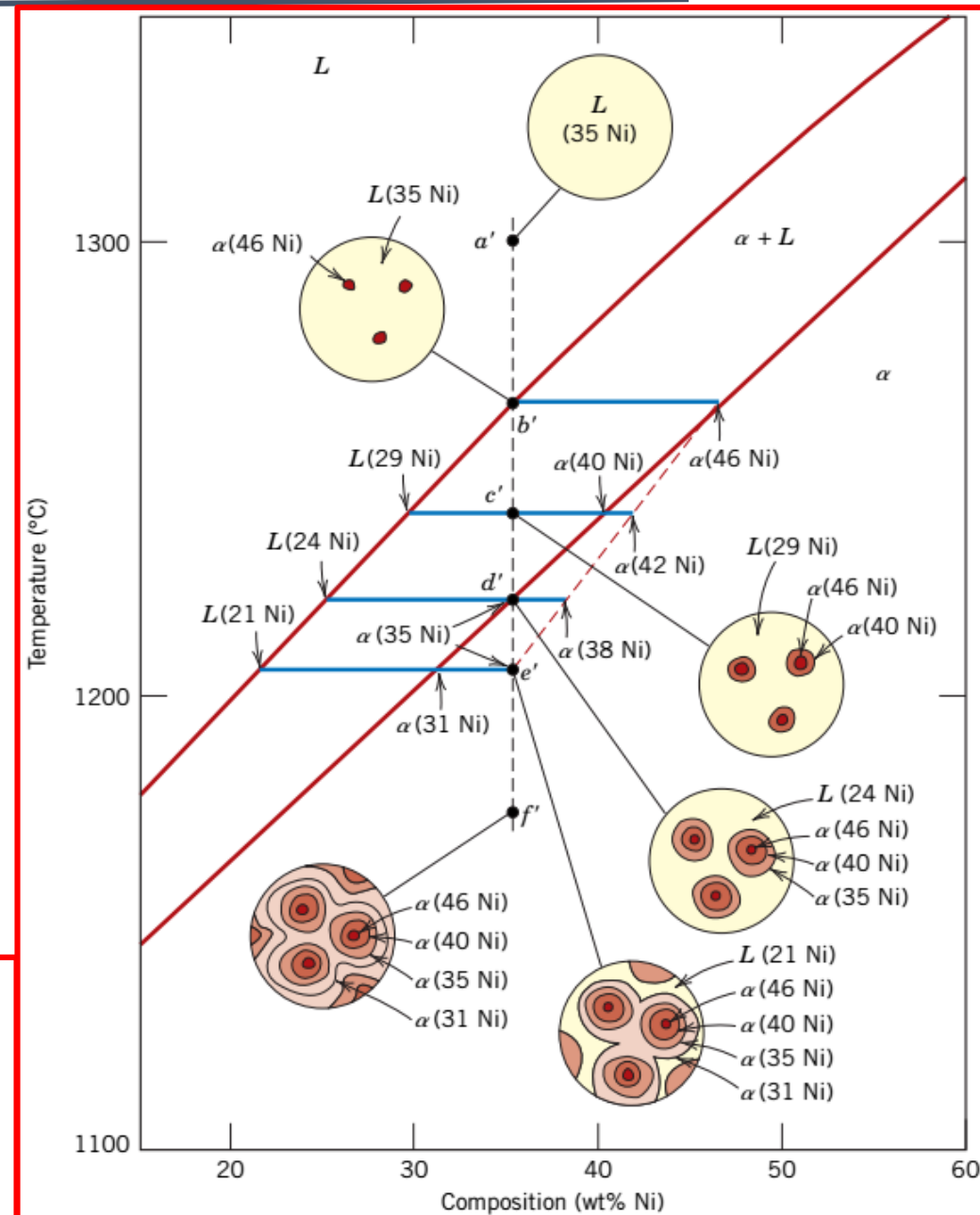
$$W_{\beta} = \frac{V_{\beta}\rho_{\beta}}{V_{\alpha}\rho_{\alpha} + V_{\beta}\rho_{\beta}}$$

İzomorfik Alaşımlarda Mikroyapının Oluşması

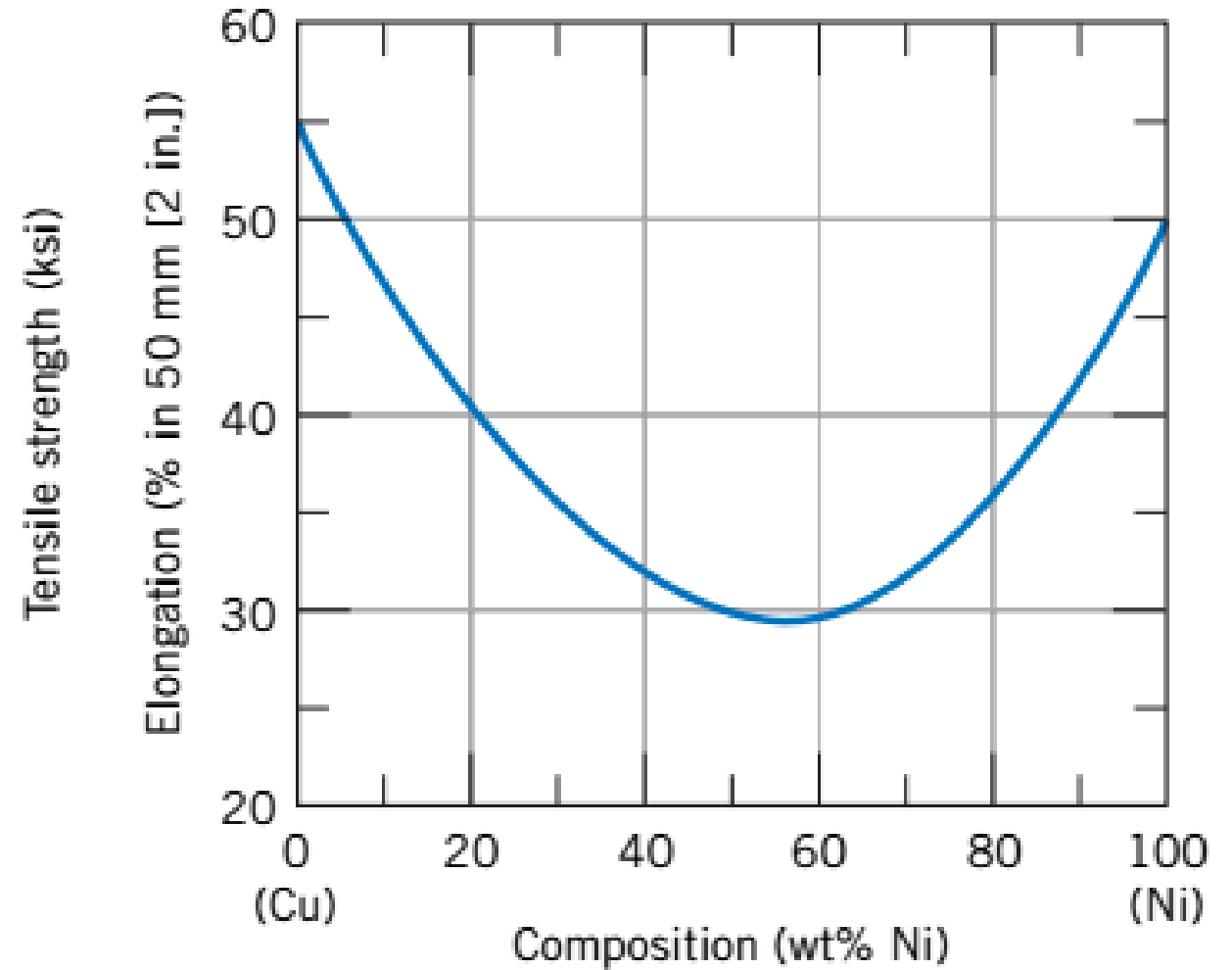
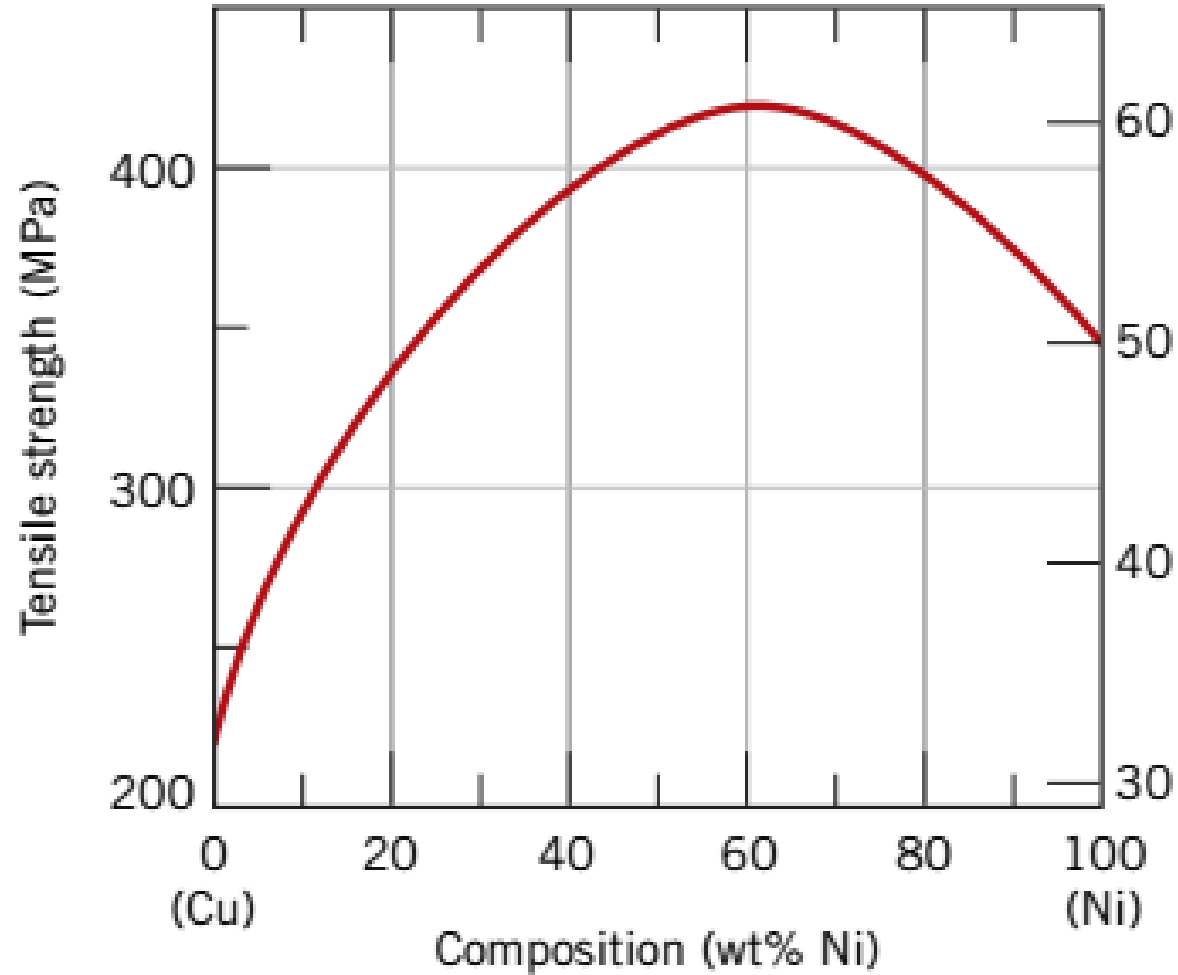


**Dengeli
Soğuma
Hali**

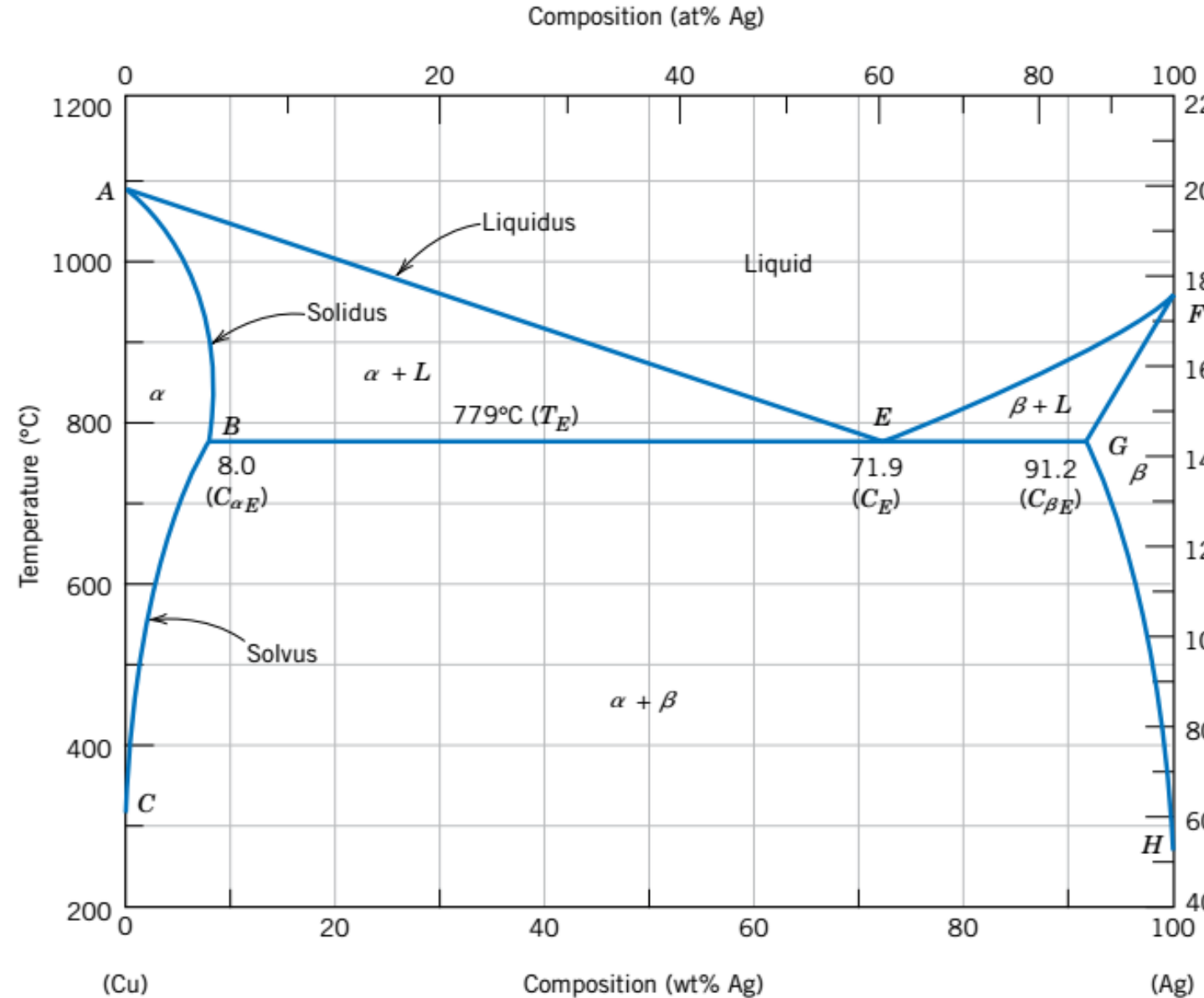
**Dengesiz
Soğuma
Hali**



İzomorfik Alaşımların Mekanik Özellikleri

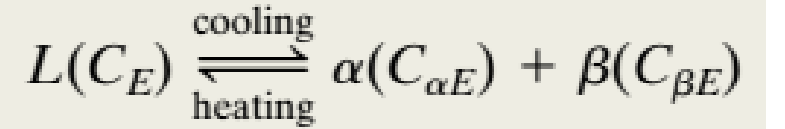


İkili Ötektik Sistemler

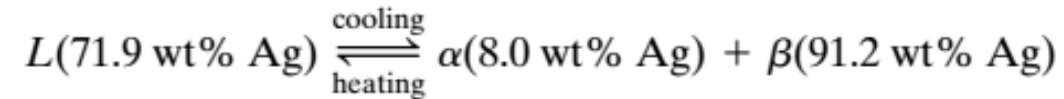


Bakır – Gümüş Denge Diyagramı

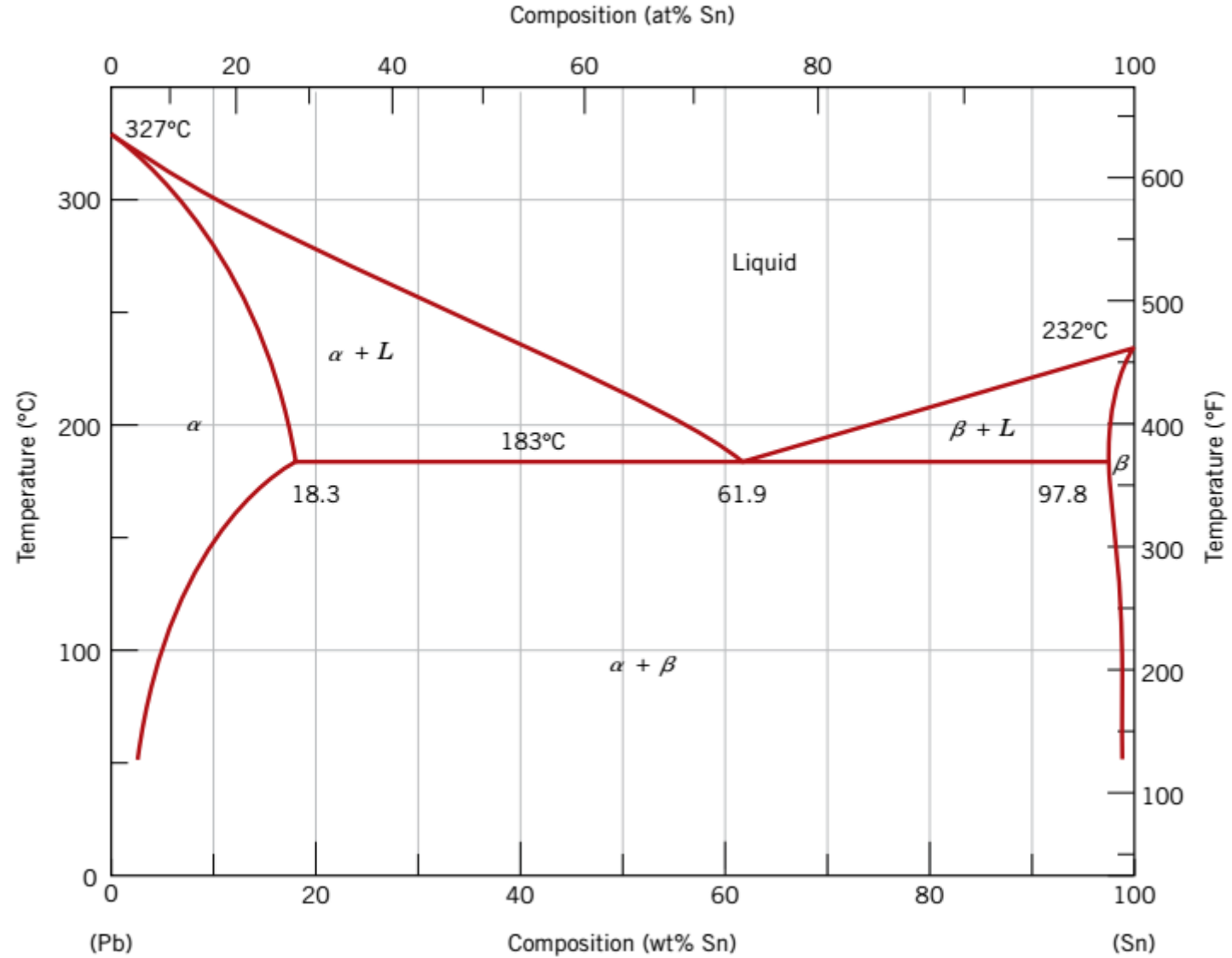
Ötektik nokta: İki likidüs çizgisinin birleştiği noktaya ötektik nokta adı verilir. Cu-Ag diyagramında E noktası ötektik nokta (değişmez nokta) olup C_E bileşimi ve $T_{\text{Ö}}$ sıcaklığı ile ifade edilir.



Ötektik reaksiyon: Soğuma sırasında $T_{\text{Ö}}$ sıcaklığındaki sıvı α ve β gibi iki ayrı katı faza aynı anda dönüşür. Isıtma sırasında ise α ve β katı fazları aynı anda sıvıya dönüşür. Bu duruma ötektik (kolayca ergiyen) reaksiyon adı verilir.



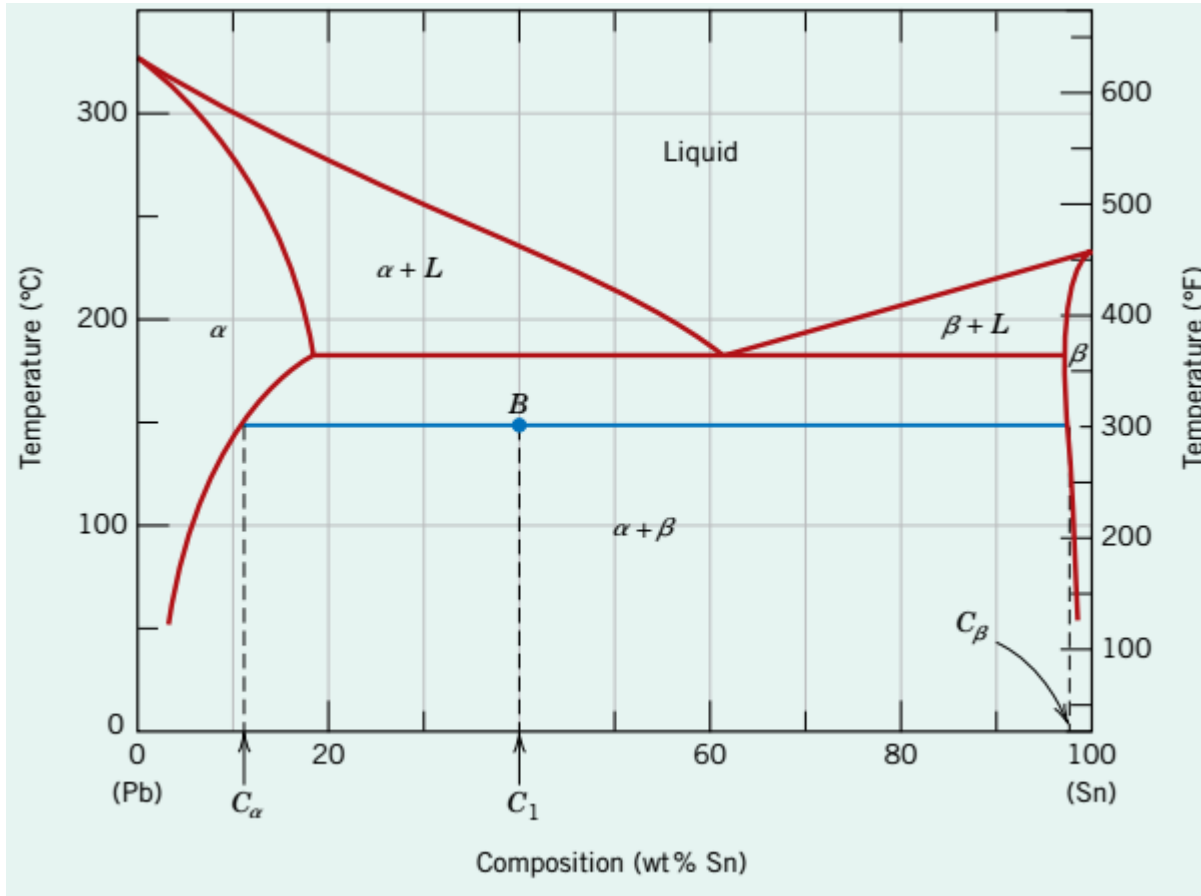
İkili Ötektik Sistemler



Kurşun – Kalay Denge Diyagramı

İkili Ötektik Sistemler

Örnek: Ağırlıkça %40 Sn ve %60 Pb içeren alaşım 150 °C’de: a) Hangi fazları içerir? b) Bu fazların bileşimleri nelerdir? c) Bu fazların kütleli oranlarını belirleyiniz.



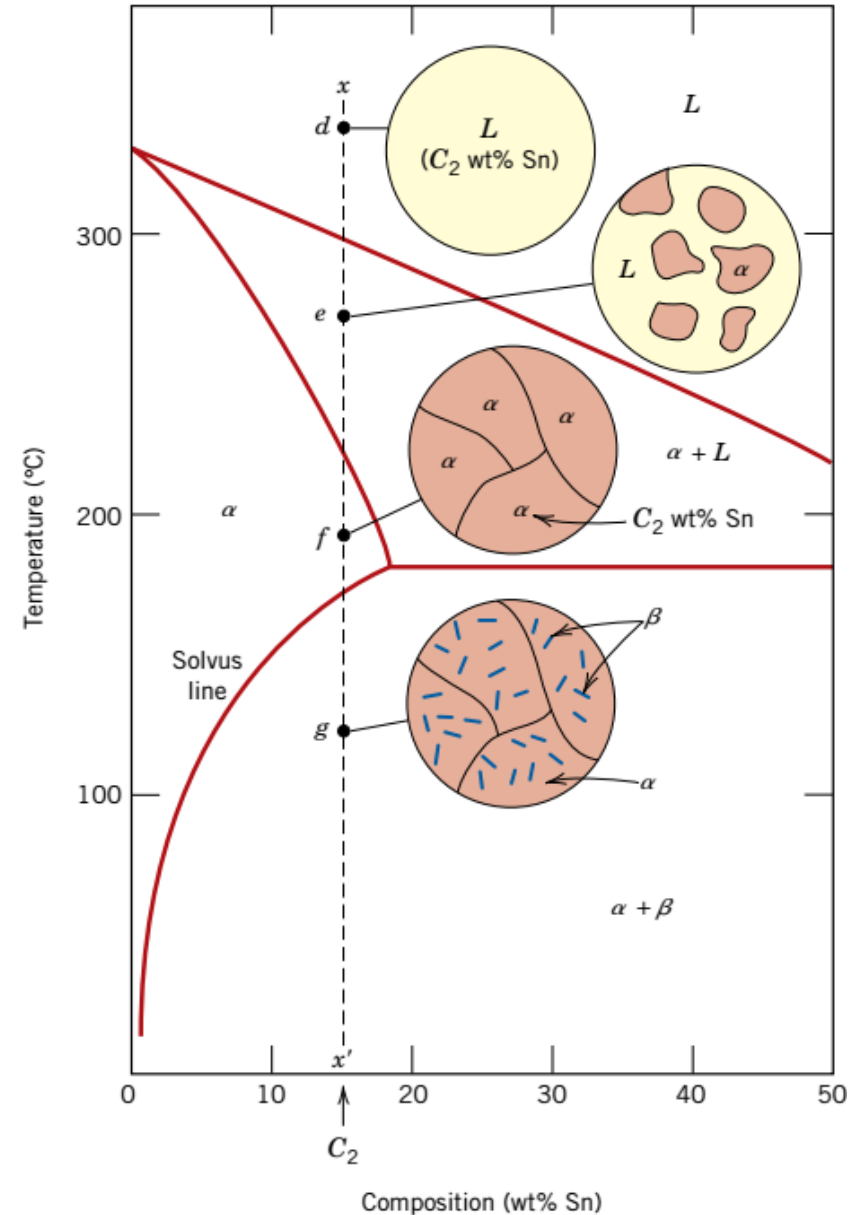
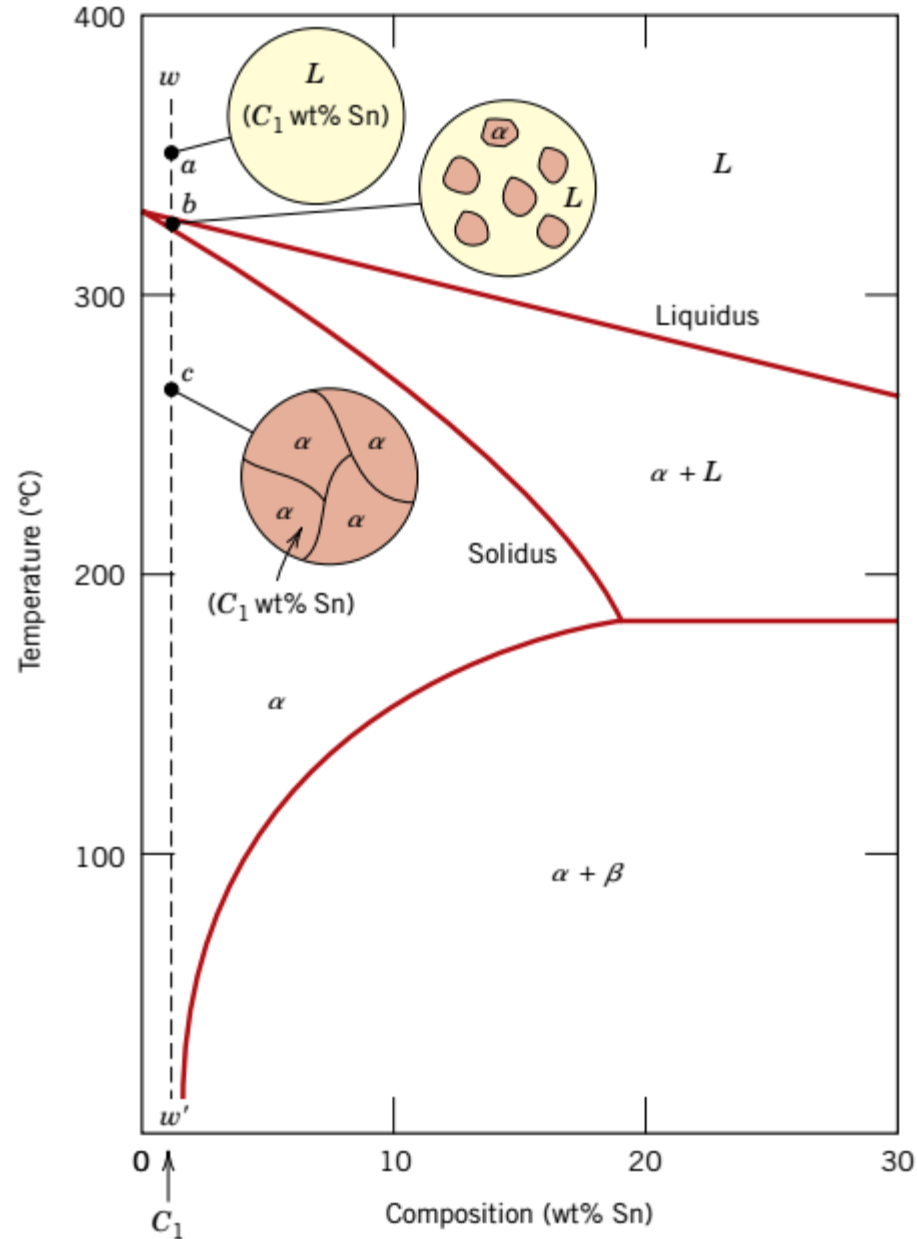
a) α ve β fazlarını içerir.

b) α fazı için: Ağırlıkça %11 Sn ve %89 Pb.
 β fazı için: Ağırlıkça %98 Sn ve %2 Pb.

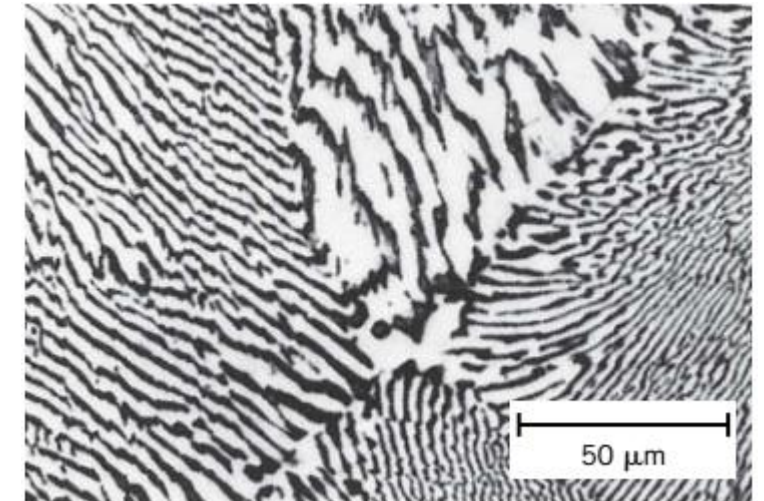
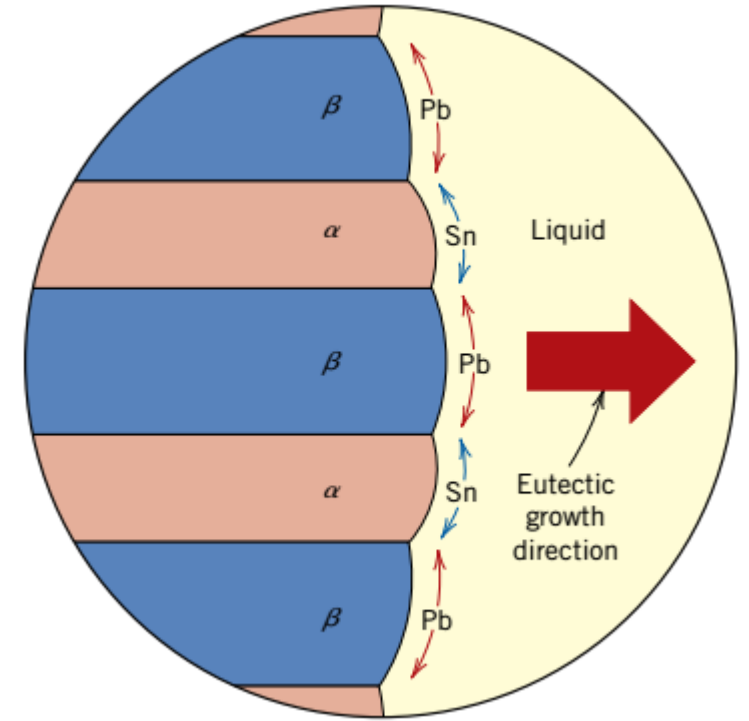
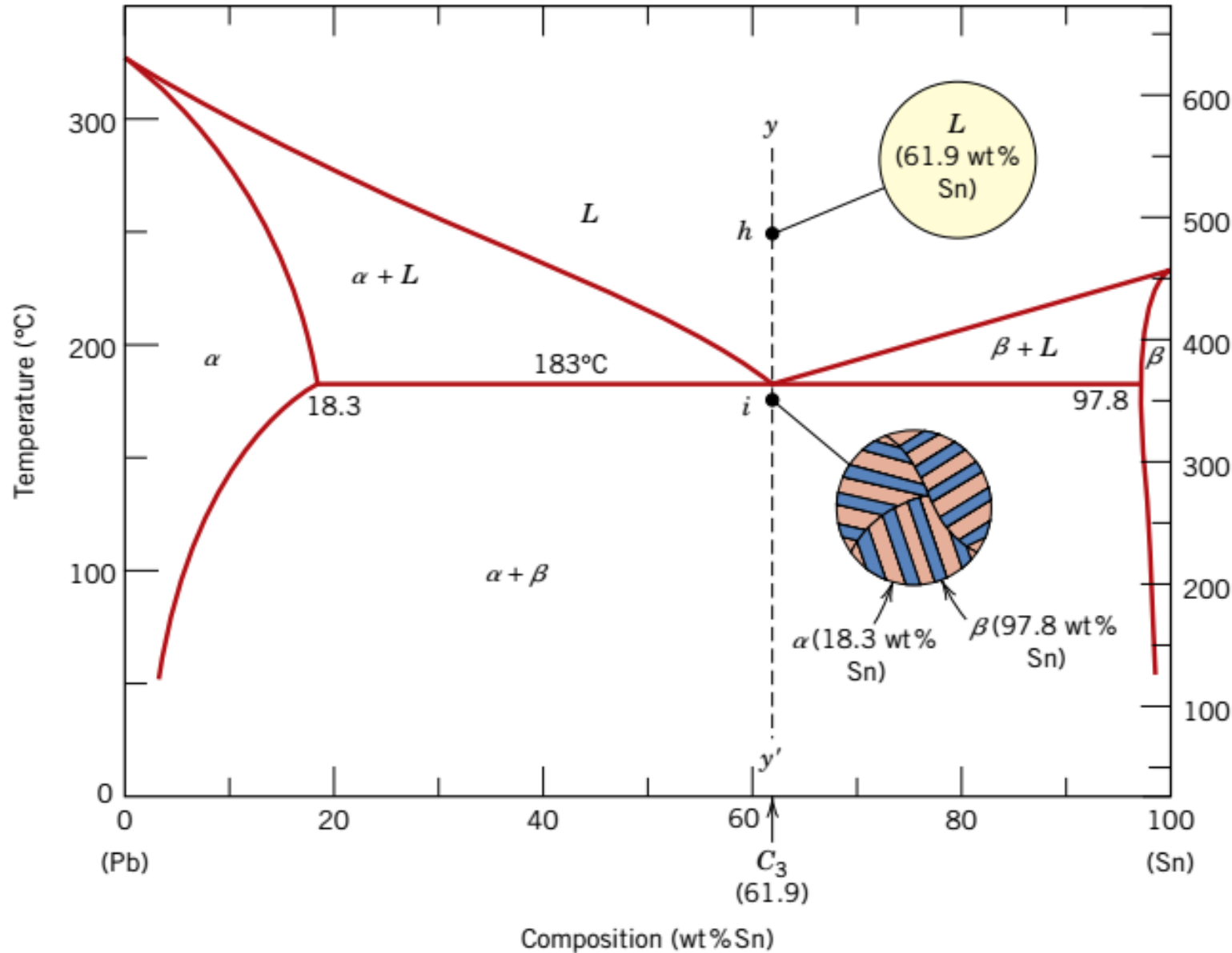
c)

$$W_\alpha = \frac{C_\beta - C_1}{C_\beta - C_\alpha} = \frac{98 - 40}{98 - 11} = 0.67$$
$$W_\beta = \frac{C_1 - C_\alpha}{C_\beta - C_\alpha} = \frac{40 - 11}{98 - 11} = 0.33$$

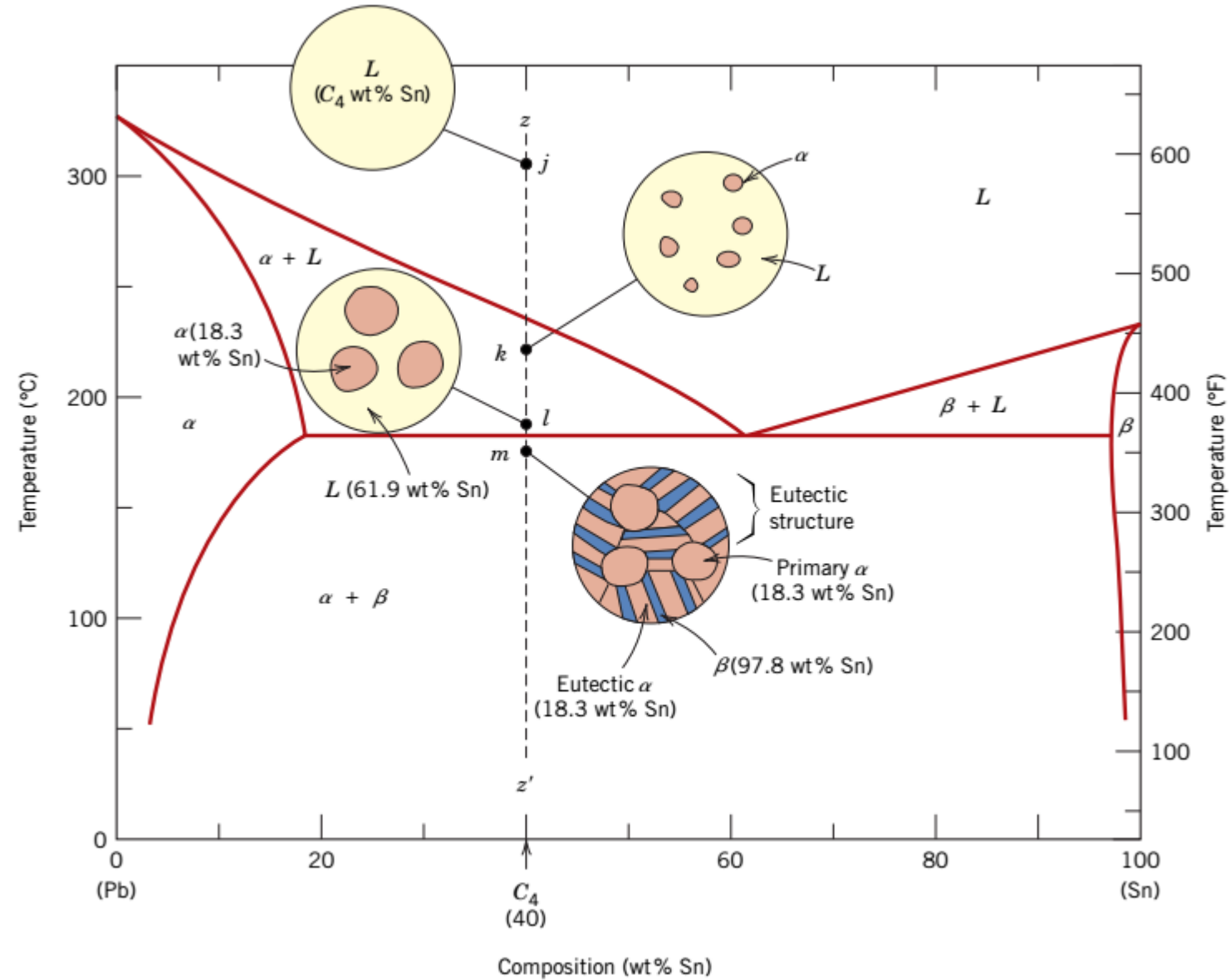
Ötektik Alaşımlarda Mikroyapı Oluşumu



Ötektik Alaşımlarda Mikroyapı Oluşumu



Ötektik Alaşımlarda Mikroyapı Oluşumu



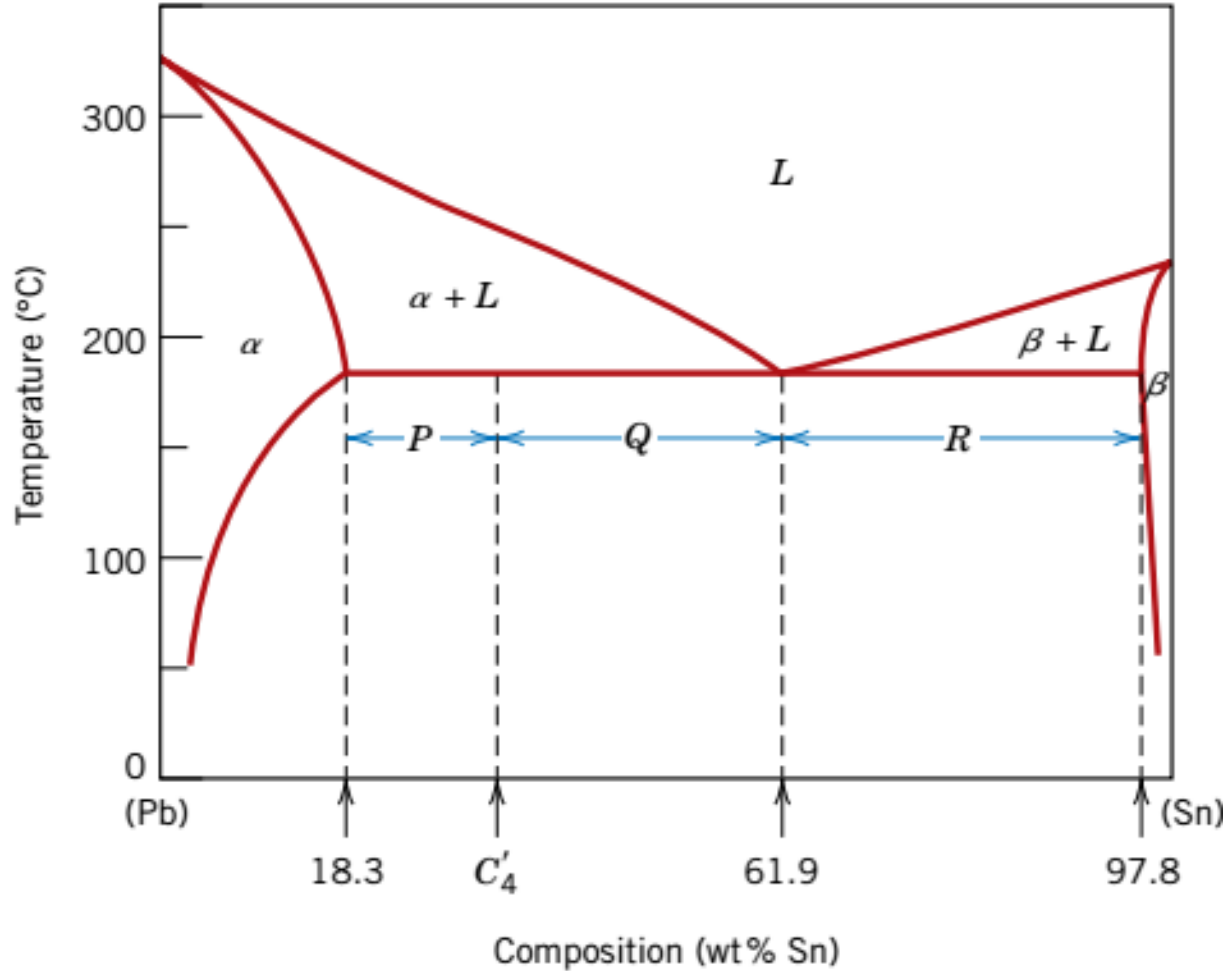
Ötektik Alaşımlarda Mikroyapı Oluşumu

Sıvı faz oranı

$$W_e = W_L = \frac{P}{P + Q}$$

Birincil α oranı

$$W_{\alpha'} = \frac{Q}{P + Q}$$



$$W_{\alpha} = \frac{Q + R}{P + Q + R}$$

$$W_{\beta} = \frac{P}{P + Q + R}$$

Gibbs Fazlar Kuralı

$$\mathbf{P + F = C + N}$$

P = Sistemdeki fazların sayısı

F = Serbestlik derecesi / Dışarıdan kontrol edilebilen değişken sayısı (sıcaklık, basınç, kimyasal bileşim)

C = Sistemde bulunan bileşen sayısı

N = Kimyasal bileşim dışında kalan değişkenlerin (basınç ve sıcaklık) sayısı

Gibbs Fazlar Kuralı

$$P + F = C + N$$

İkili denge diyagramlarında basınç sabit kabul edildiğinden $N = 1$ olarak alınır.

$$P + F = C + 1$$

Sistemde Cu ve Ni bileşenleri var, $C = 2$.

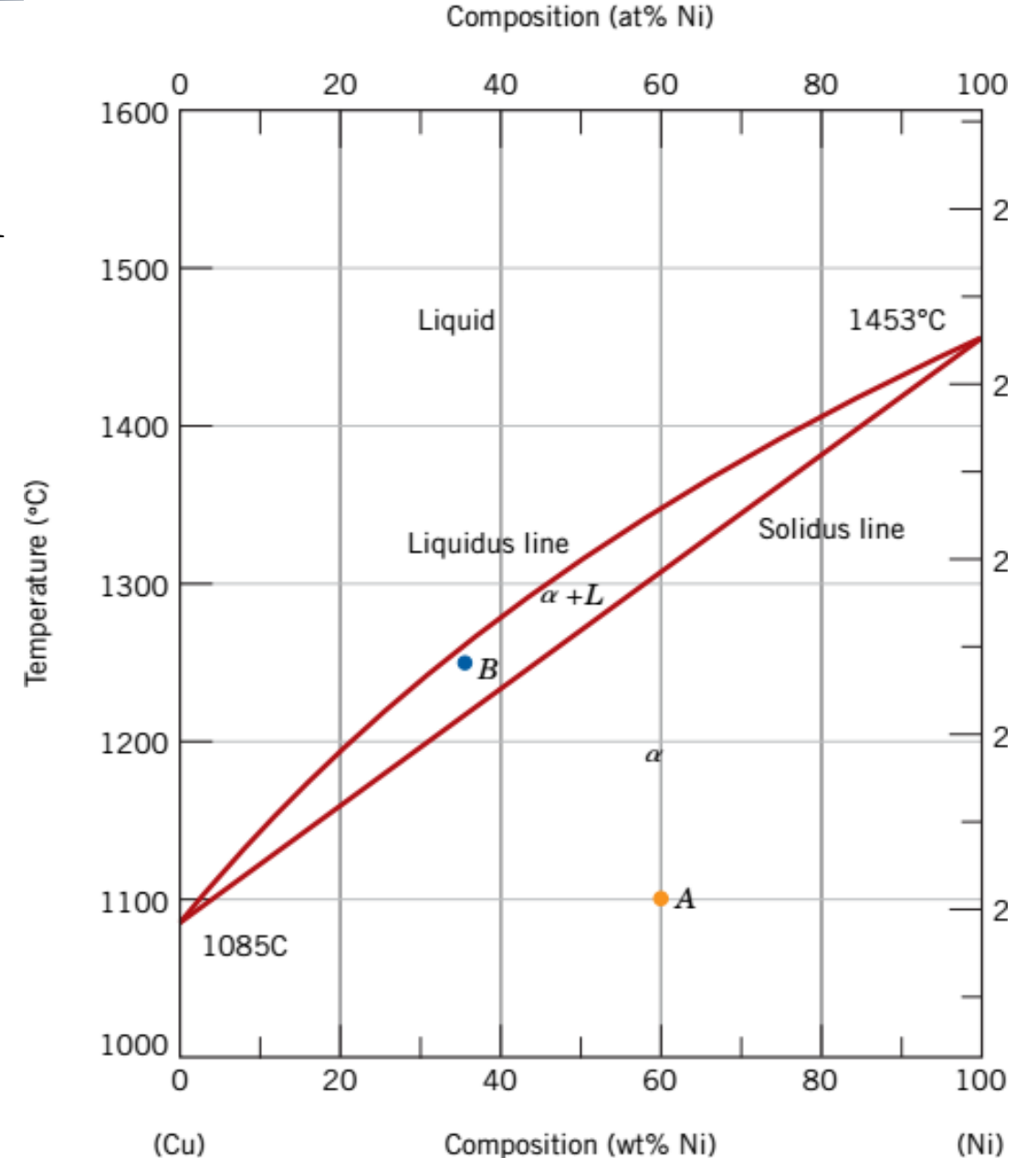
$$P + F = 2 + 1$$

$$P + F = 3$$

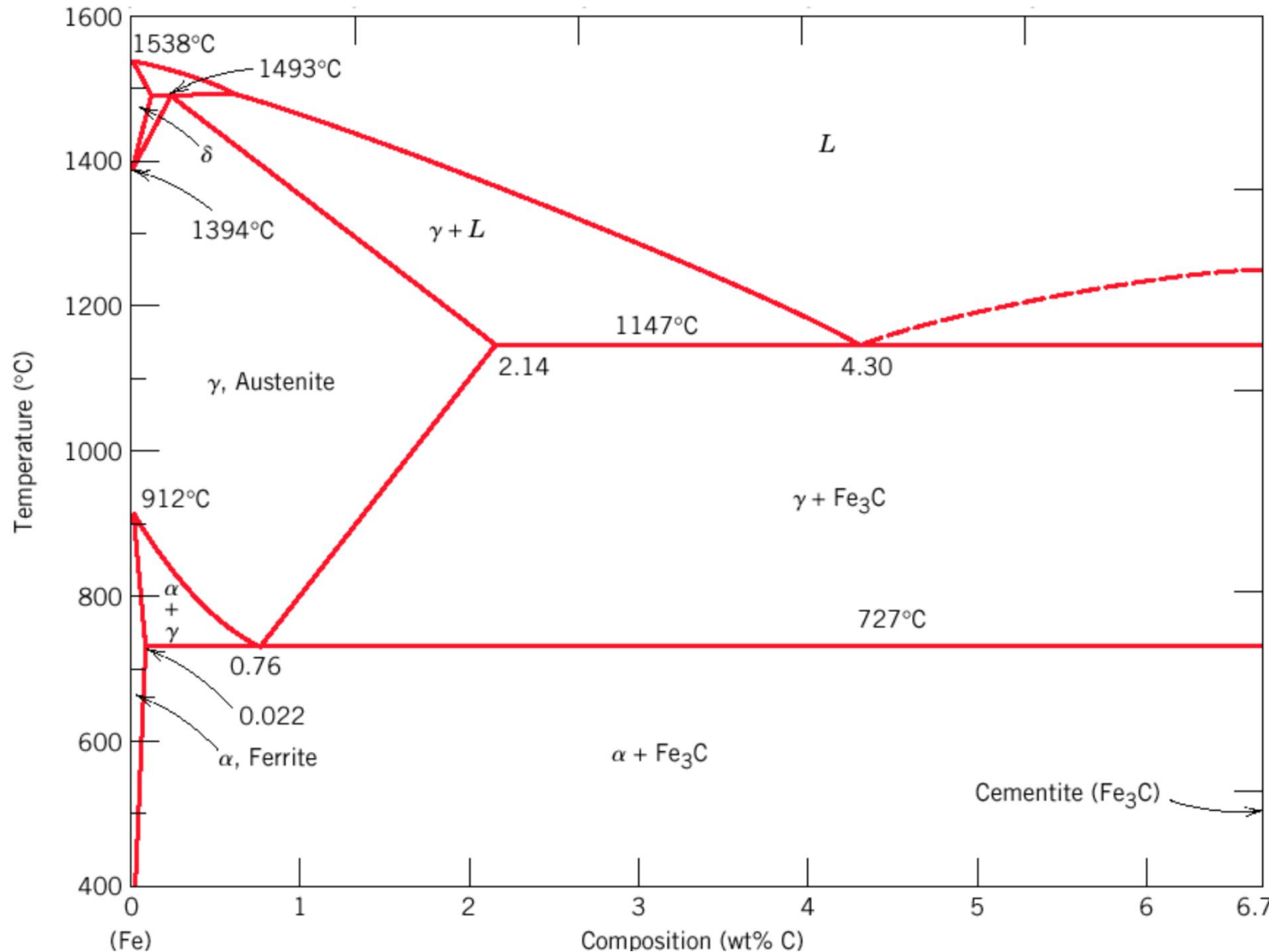
$$F = 3 - P$$

İki fazın birlikte bulunduğu bölgede (α + sıvı)

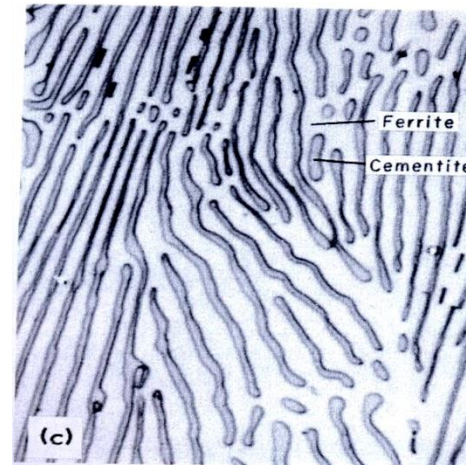
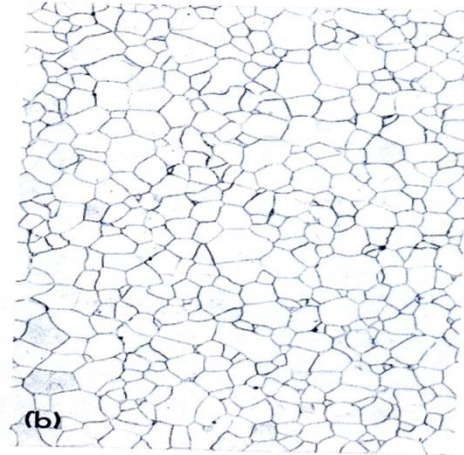
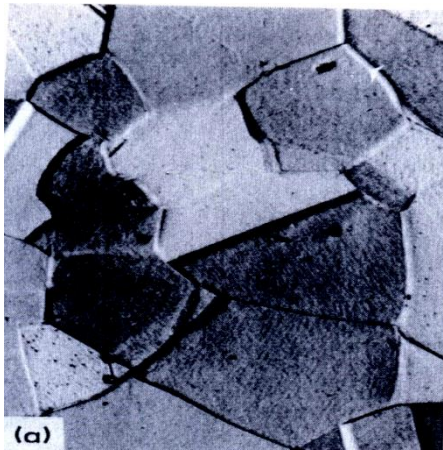
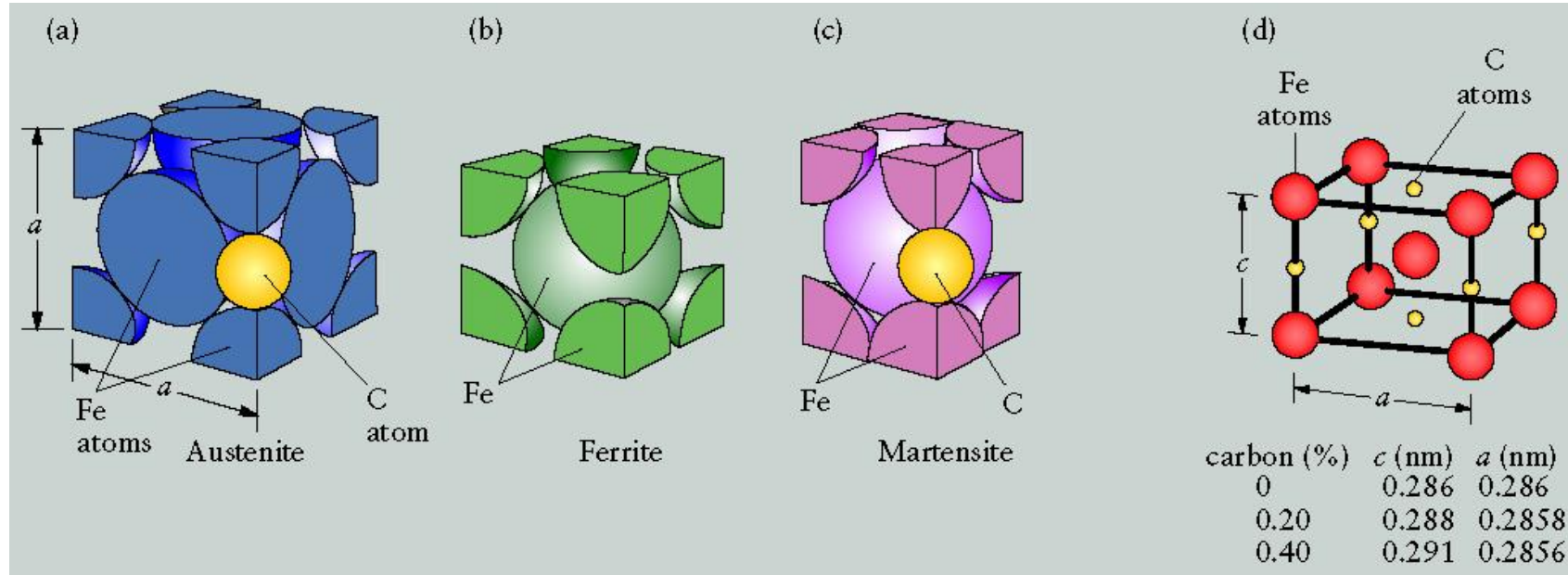
$$F = 3 - P = 3 - 2 = 1$$



Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

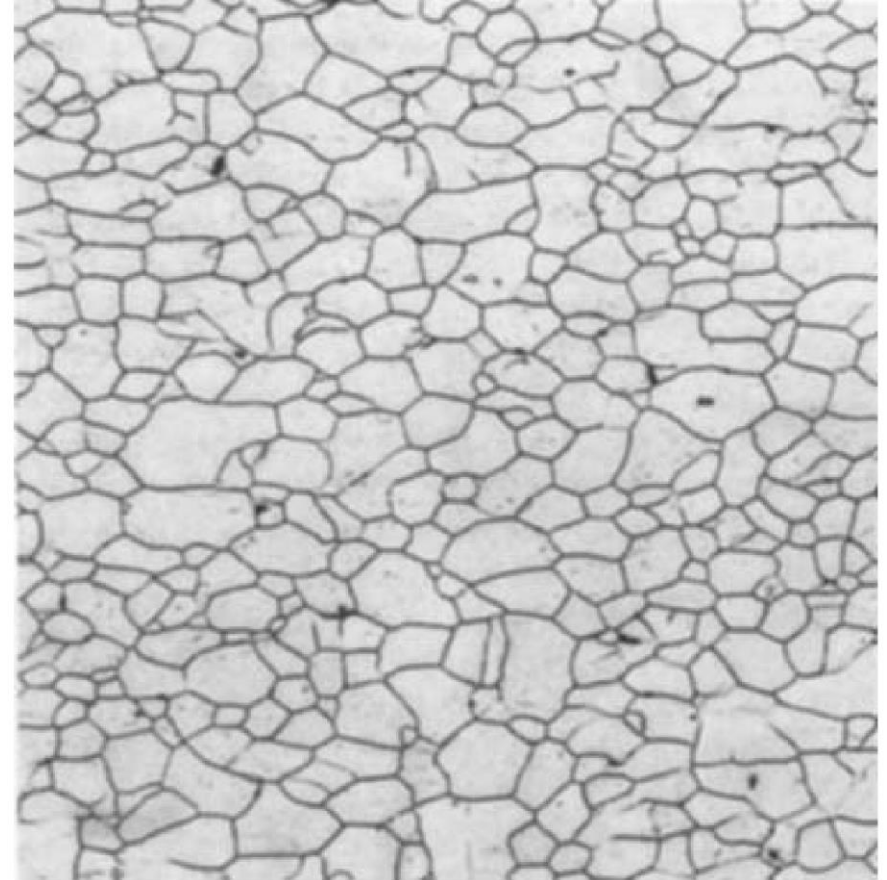


Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları



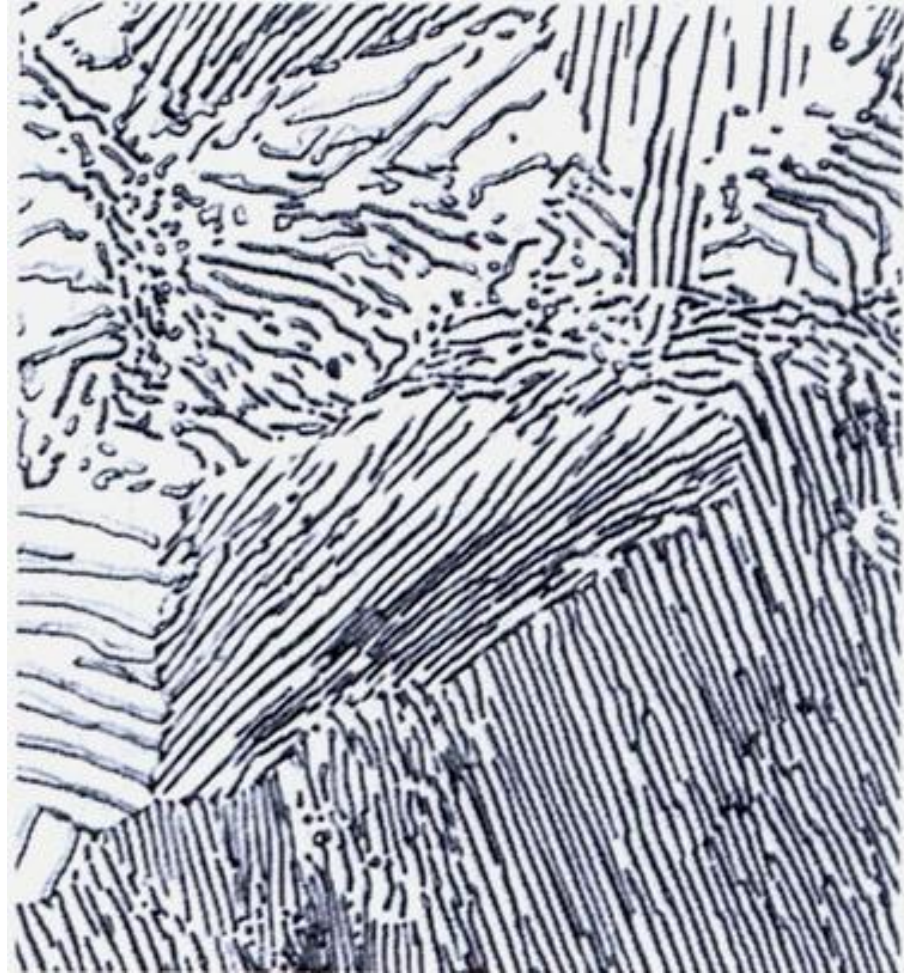
Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

- **Ferrit** aynı zamanda α katı eriyiği olarak da bilinir.
- α (hmk) Fe içerisinde çok az miktarda C çözünmesiyle oluşan bir arayer katı eriyiğidir.
- 727 °C'de maksimum C çözünürlüğü % 0.022, oda sıcaklığında % 0.008 C içerir.
- 912 °C altında demirin kararlı formudur.
- Fe – C denge diyagramındaki en yumuşak yapıdır (Rockwell B 90) .



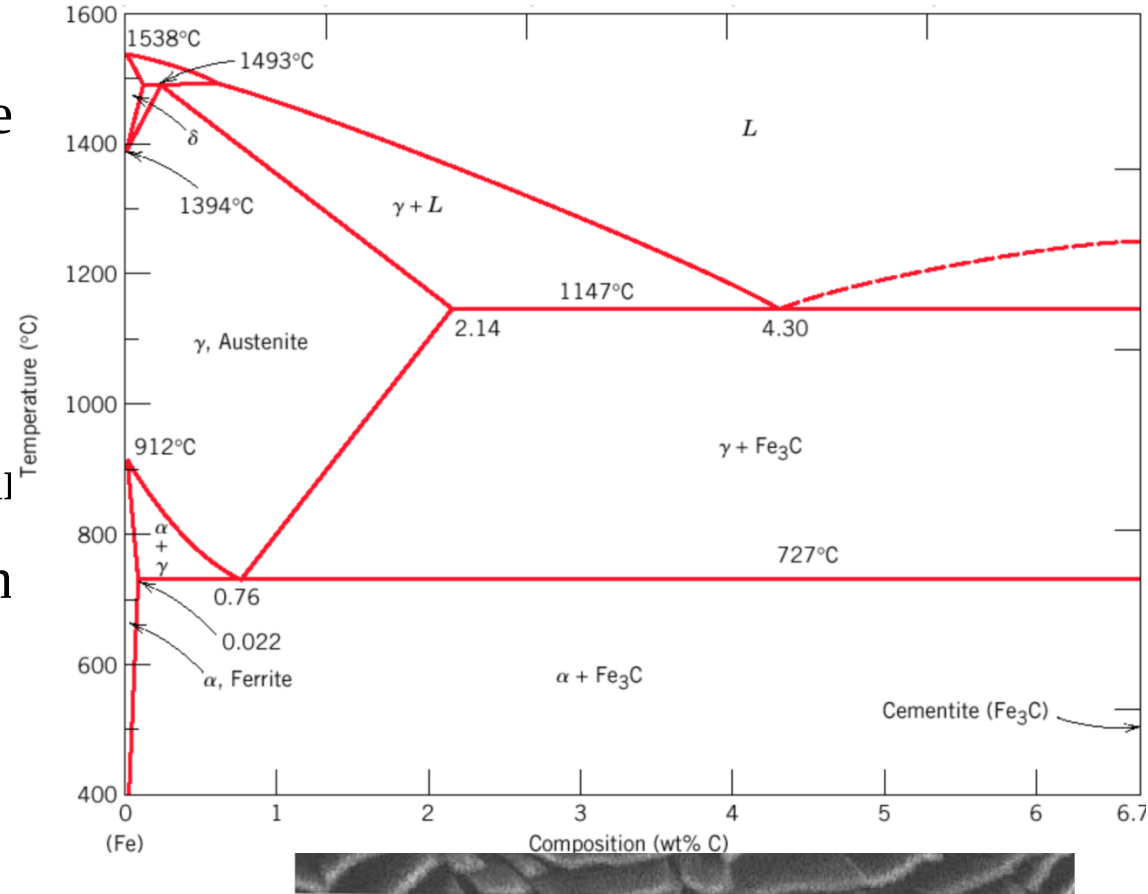
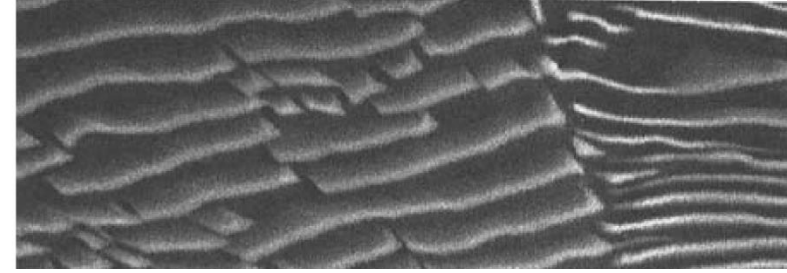
Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

- **Perlit** % 0.80 C içeren ötektoid karışımdır ve 727 °C'de çok yavaş soğutmayla oluşur.
- Ferrit ve sementit karışımından oluşan tabakasal ya da katmanlı bir yapıdır.
- Beyaz arka plan ferrit iken koyu renkli tabakasal yapı sementittir.
- Sertliği Rockwell B 95-100'dür.



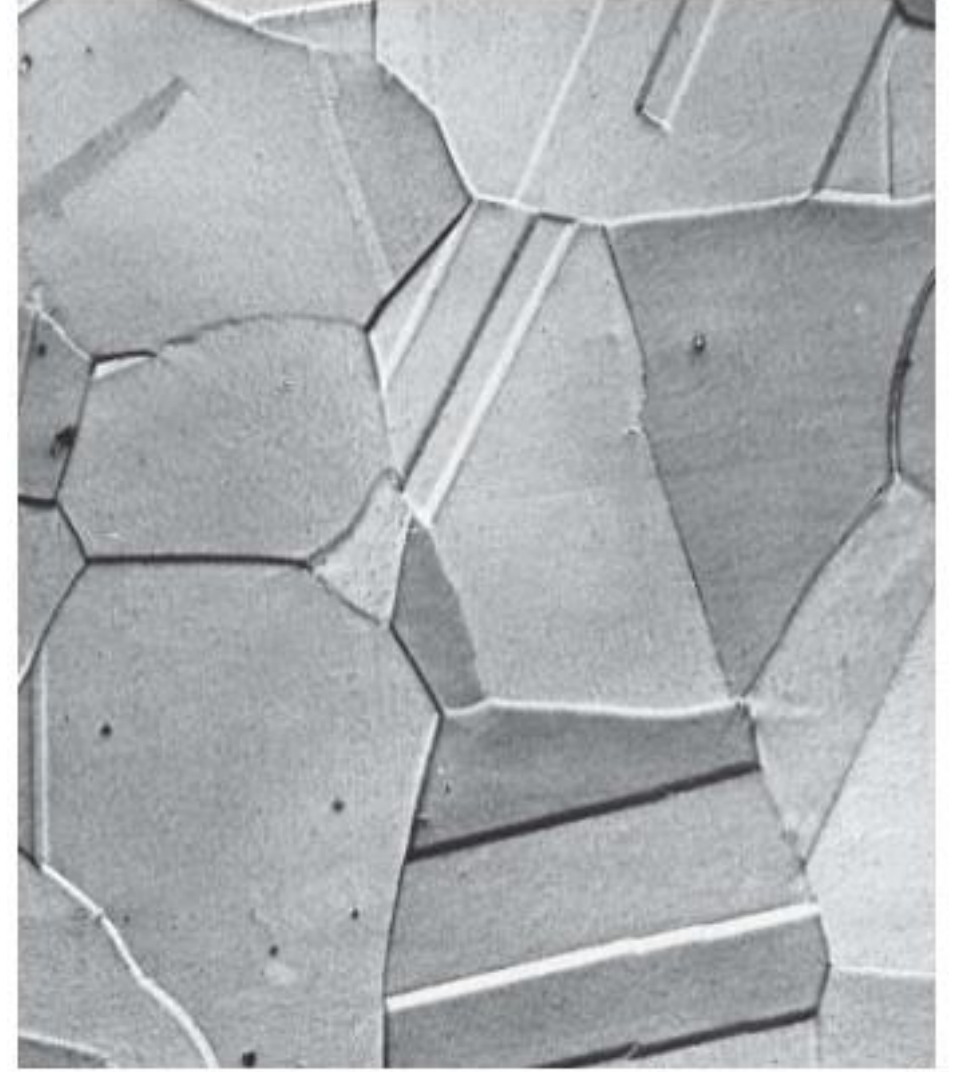
Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

- **Sementit** ya da demir karbür çok sert ve kırılgan bir demir karbon bileşiğidir. Fe_3C halinde % 6.67 C içerir.
- Denge diyagramındaki e malzemedir.
- Ergime sıcaklığı tam bilinmemektedir.
- Kristal yapısı orthorhombiktir.
- Çekme dayanımı düşük iken dayanımı yüksektir.



Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

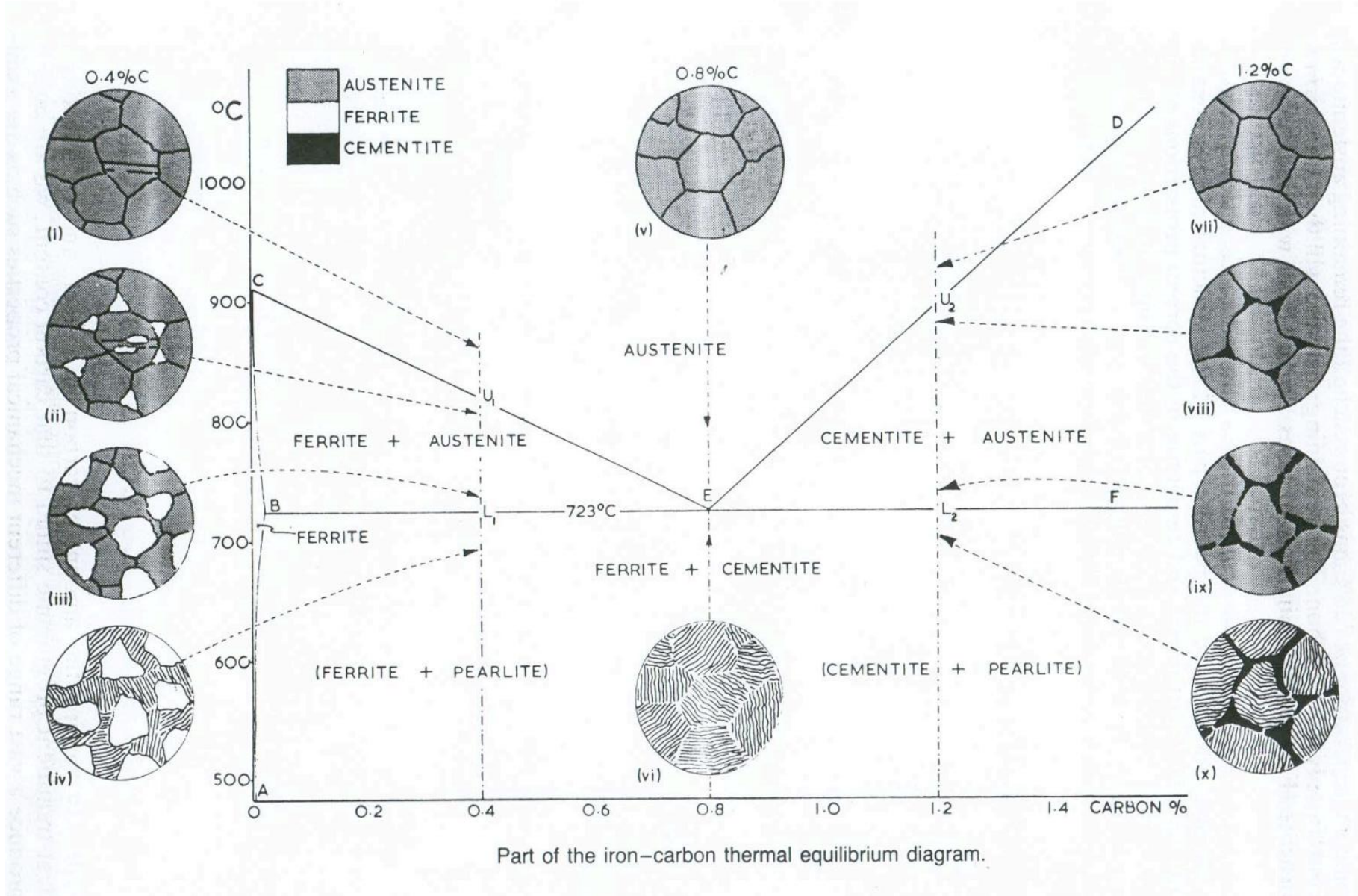
- **Östenit** γ (ymk) demirin içerisinde karbon çözünmesiyle oluşan bir arayer katı eriyiğidir.
- 1130 °C'de maksimum C çözünürlüğü % 2 civarındadır.
- Östenitik çelikler kolaylıkla şekillendirilebilir. Isıl işlemlerin birçoğu tek fazlı östenitik çelik yapıdan başlar.
- Normal şartlarda oda sıcaklığında kararlı olmasa da, çeşitli yöntemlerle oda sıcaklığında östenit elde etmek mümkündür.



(b)

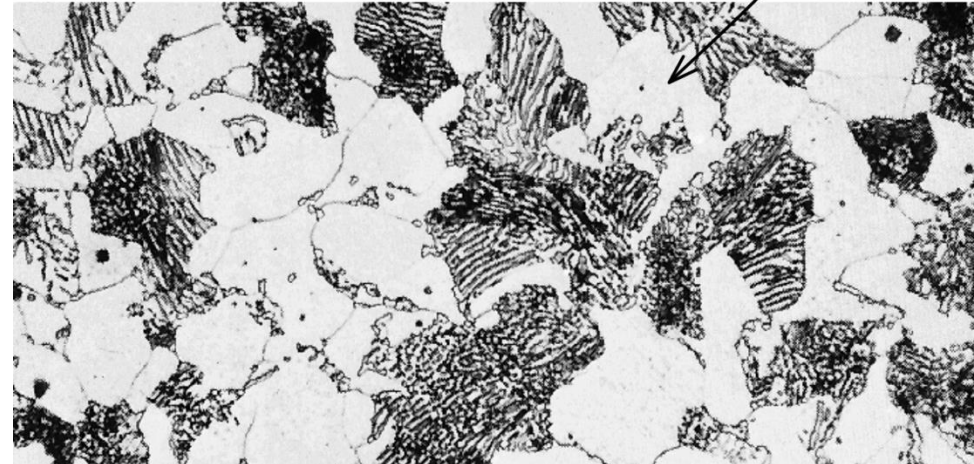
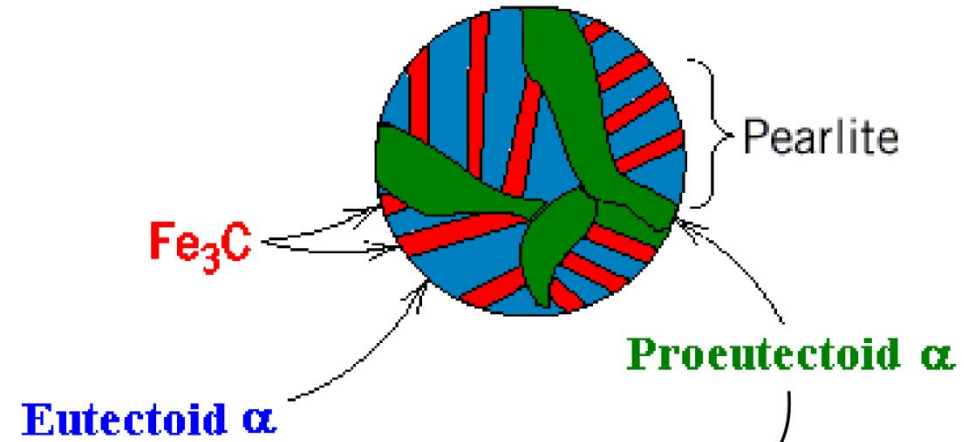
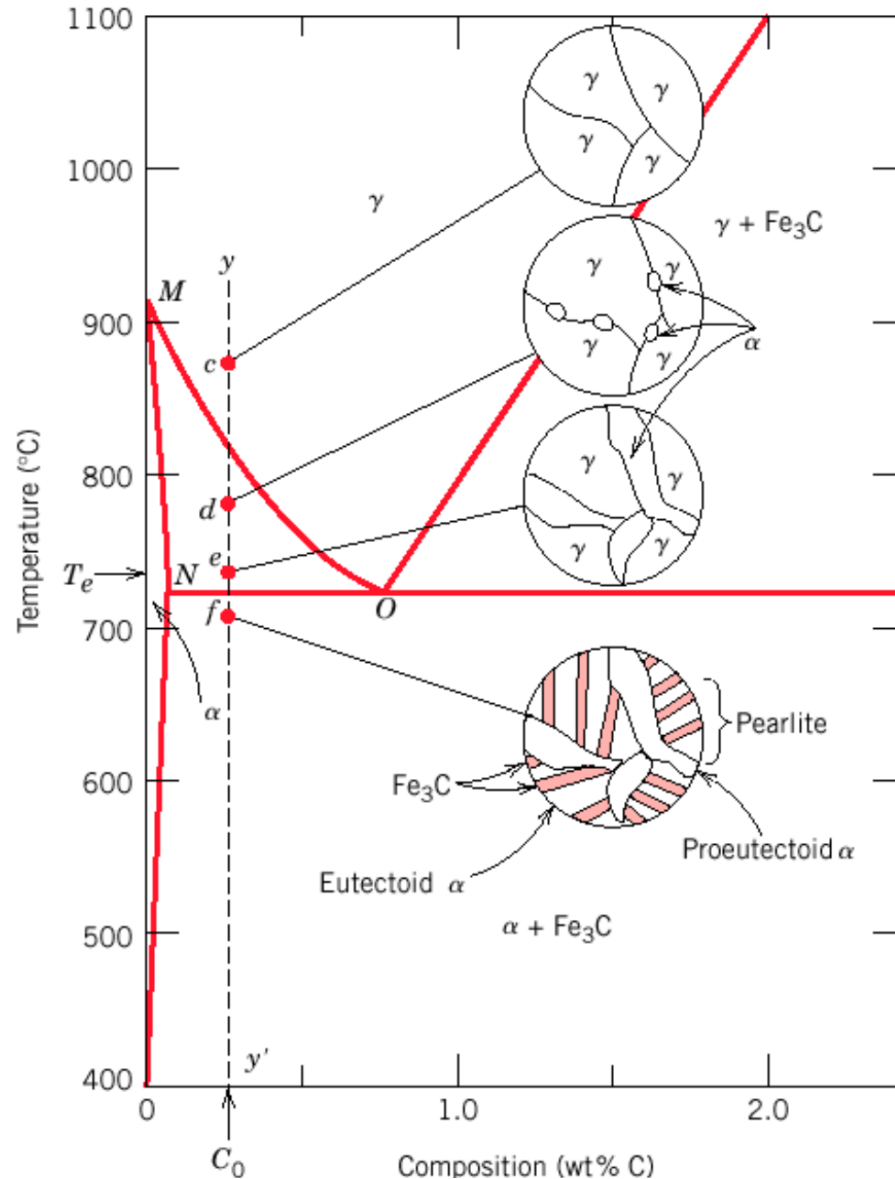


Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları



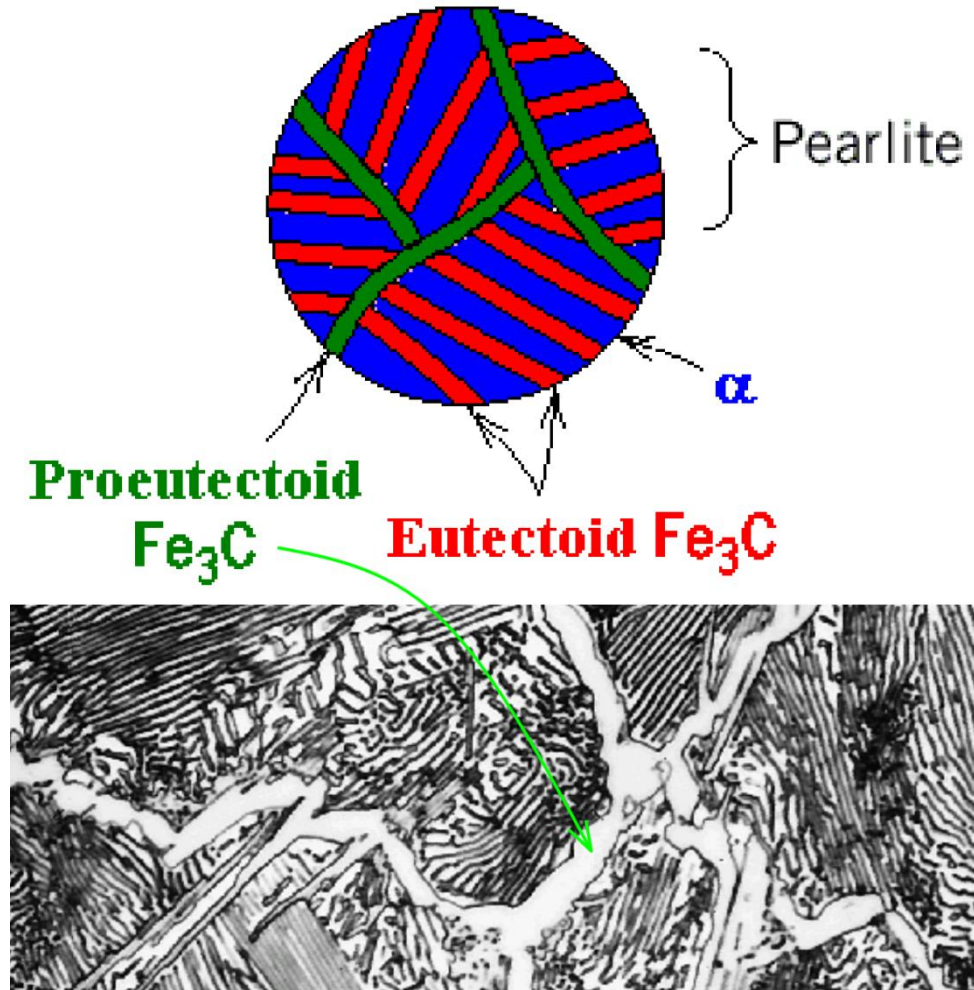
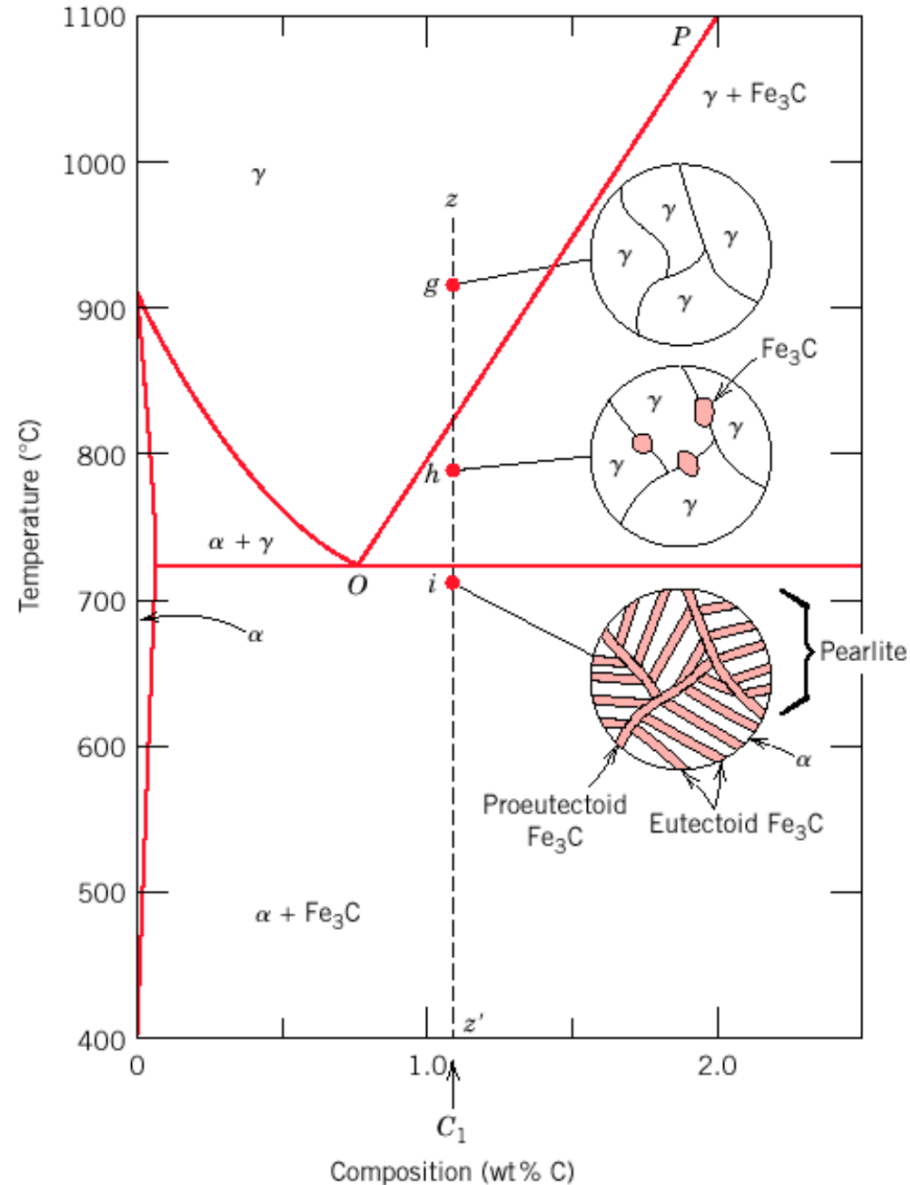
Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

Hipoötektoid çelikler



Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

Hiperötektoid çelikler



Fe-C Denge Diyagramı ve Mikroyapıları

Östenit – perlit dönüşümü

