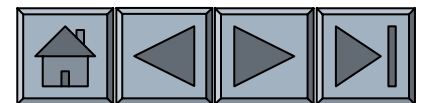




MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ

Bölüm 10 – Dağılım/Dispersiyon Sertleşmesi ve Ötektik Faz Diyagramları



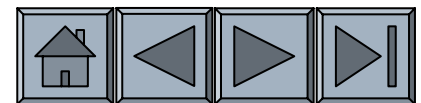
Hedef

- Mikroyapıyı belirlemede dispersiyon sertleştirmesinin temellerini tartışmak
- Çoklu faz alaşımların üretimini sağlayan reaksiyon türlerini incelemek
- Katılaşma prosesini kontrol ederek dağılım sertleşmesini sağlayan metotları detaylı olarak incelemek



İçerik

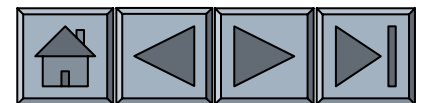
- 10.1 Dispersiyon sertleşmesi prensipleri ve örnekler
- 10.2 İntermetalik bileşikler
- 10.3 Üç faz reaksiyonu içeren faz diyagramları
- 10.4 Ötektik faz diyagramı
- 10.5 Ötektik alaşımların mukavemeti
- 10.6 Ötektikler ve malzeme prosesi
- 10.7 Ötektik sistemde dengesiz katılaşma
- 10.8 Üçlü faz diyagramları





Bölüm 10.1 Dispersiyon Sertleştirmesinin Örnekleri ve Prensipleri

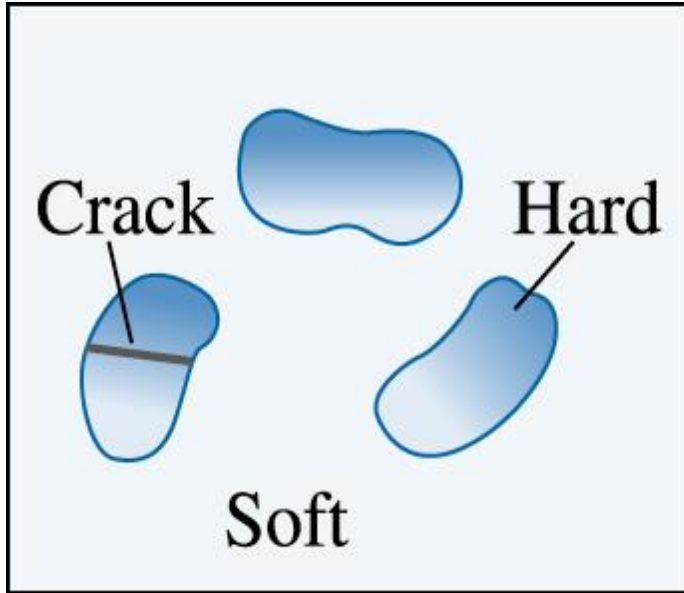
- **Dispersiyon sertleştirmesi** – Birden fazla faz oluşturarak malzemenin mukavemetinin artırılması.
- **Matris** – Karmaşık yapılarda sürekli katı faz.
- **Çökelti** – Çözünürlük/eriyik oluşturma limiti aşıldığında orijinal matris fazından oluşan katı fazdır.
- **Ötektik** – Bir sıvı fazın katılaşılarak iki katı fazı oluşturmak için üç faz reaksiyonudur.



- Daha fazla alaşım elementi ilavesiyle metalin eritilebilirlik sınırı geçildiğinde, ikinci bir faz oluşur.
- İkinci bir fazın ortaya çıkarılmasıyla oluşan sertleşme için “dispersiyonla sertleşme” terimi kullanılır.

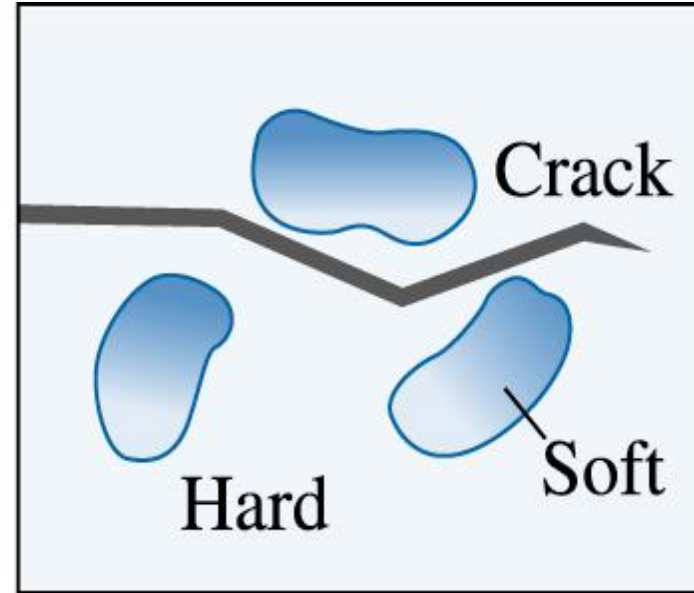
Dispersiyon ile Sertleşmenin Prensipleri

- ❑ Birden fazla fazın bulunması zorunludur.
- ❑ Genellikle sürekli ve çok miktarda bulunan faz matris olarak ve küçük miktarda bulunan ikinci faz ise çökelti olarak adlandırılır.



Good

vs.



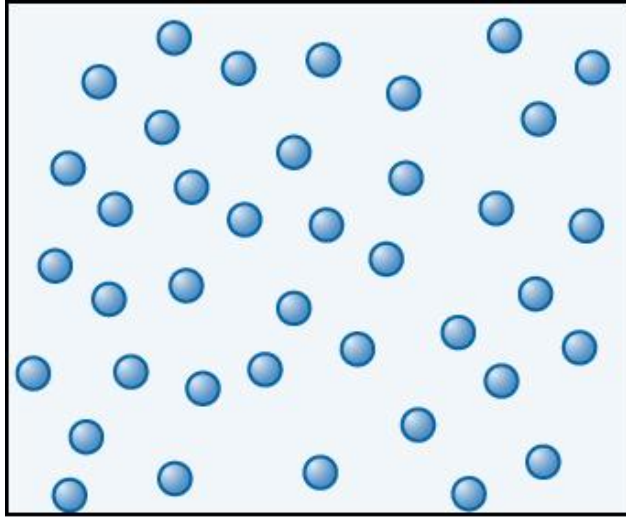
Poor

(a)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

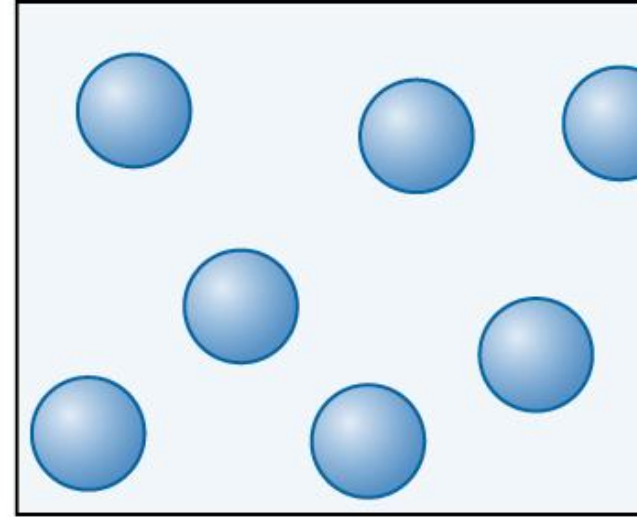
Verimli dispersiyon sertleştirmesi için gerekler.

(a) Dağılım fazı sert ve süreksiz olmalıdır.



Good

vs.



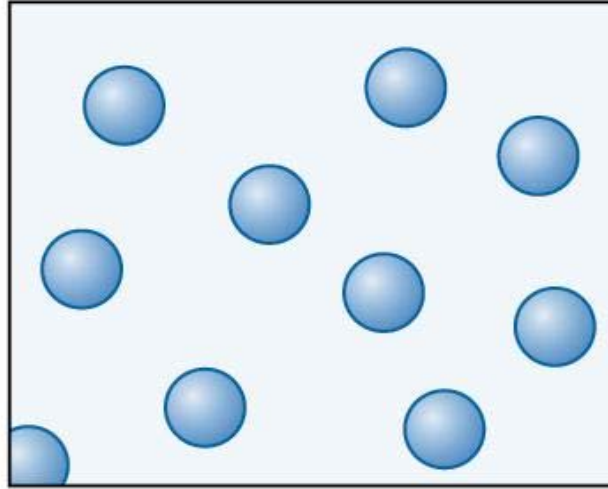
Poor

(b)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

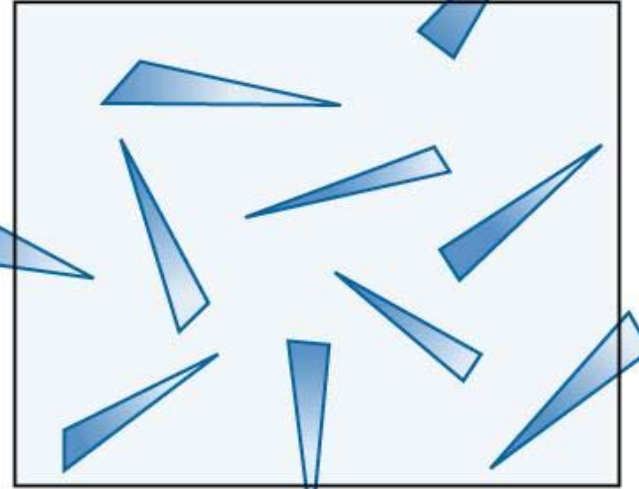
Verimli dispersiyon sertleştirmesi için gerekler

(b) Disperse olmuş faz küçük ve sayısı fazla olmalı.



Good

vs.



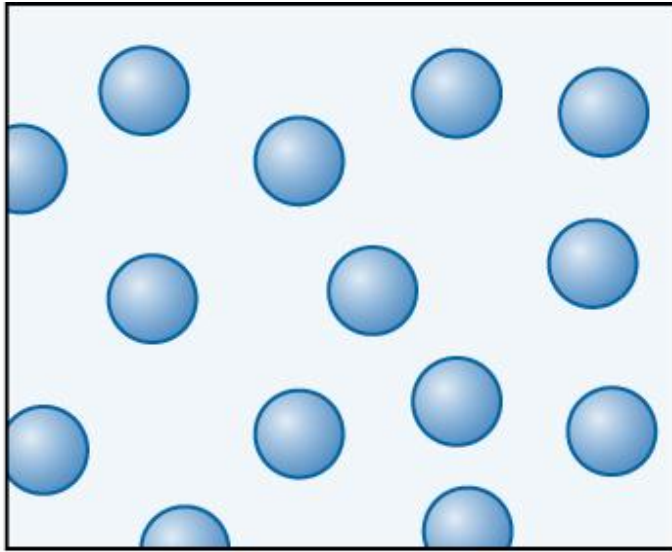
Poor

(c)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning_™ is a trademark used herein under license.

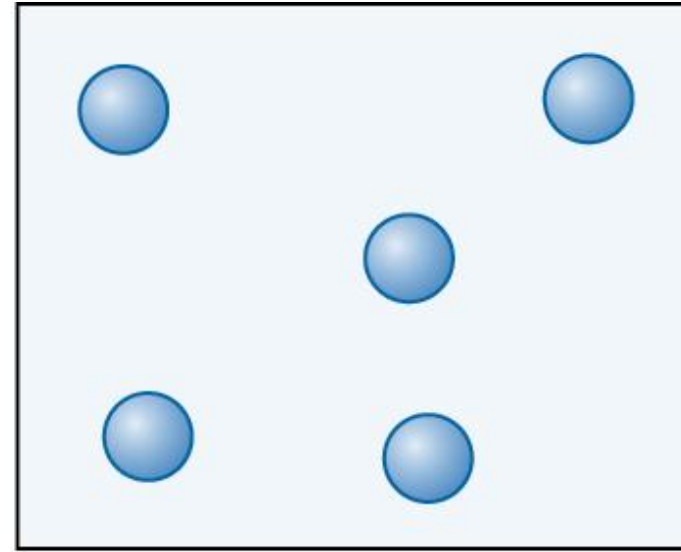
Verimli dispersiyon sertleştirmesi için gerekler.

(c) Disperse faz partikülleri iğneselden çok yuvarlak şekilli olmalıdır.



Good

vs.



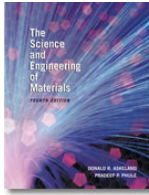
Poor

(d)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

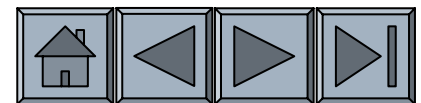
Verimli dispersiyon sertleştirmesi için gerekler.

(d) Disperse fazın miktarı çoğaldıkça mukavemet artar.



Bölüm 10.2 İntermetalik Bileşikler

- **İntermetalik bileşikler** – İki veya daha fazla metalden oluşan ve kendine özgü kompozisyonu, yapısı ve özellikleri olan bileşiklerdir.
- **Stokiometrik intermetalik bileşikleri** – İki bileşenin bileşik yapması ile oluşan ve bileşiği oluşturan her bir bileşenden farklı yapı ve özelliklere sahip fazdır.
- **Stokiometrik olmayan intermetalik bileşik** - İki bileşenin bileşik yapması ile oluşan ve bileşiği oluşturan her bir bileşenden farklı yapı ve özelliklere sahip fazdır.
- **Düzenli kristal yapı** – Kristal yapıda değişik atomların spesifik noktaları işgal ettiği katı eriyiklerdir.



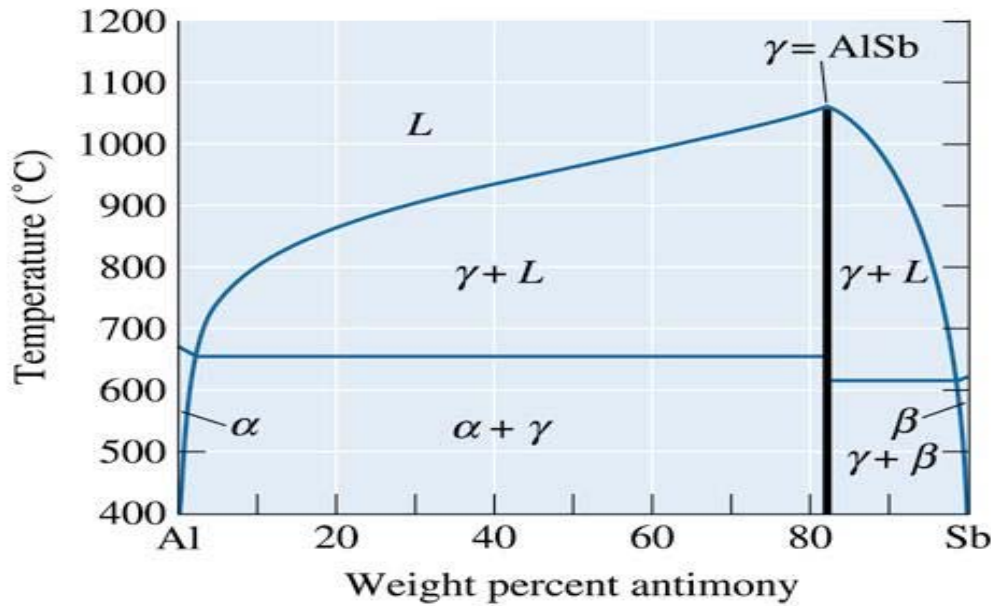
Metaller Arası Bileşikler

- ❑ Metaller arası bileşikler bir veya daha fazla elementten oluşur.
- ❑ Bileşik; kendine özgü özellikler, kristal yapı ve kompozisyonda yeni bir faz oluşturur.
- ❑ Metaller arası bileşikler, çok sert ve kırılgandır.

TABLE 10-1 ■ *Properties of some intermetallic compounds*

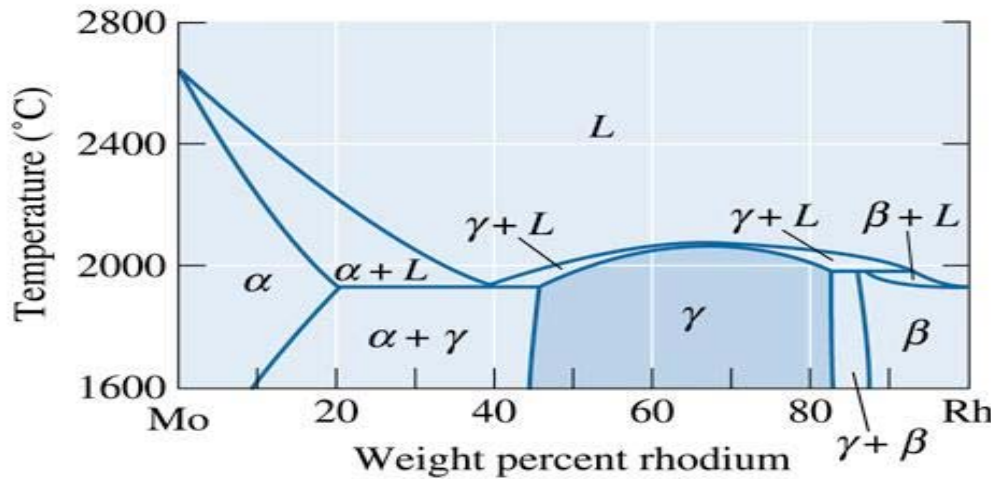
Intermetallic Compound	Crystal Structure	Melting Temperature (°C)	Density ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)	Young's Modulus (GPa)
FeAl	Ordered BCC	1250–1400	5.6	263
NiAl	Ordered FCC (B2)*	1640	5.9	206
Ni ₃ Al	Ordered FCC (L1 ₂)*	1390	7.5	337
TiAl	Ordered tetragonal (L1 ₀)*	1460	3.8	94
Ti ₃ Al	Ordered HCP	1600	4.2	210
MoSi ₂	Tetragonal	2020	6.31	430

**Also known as. (Source: Adapted from Mechanical Behavior of Materials, by M.A. Meyers and K.K. Chawla. Copyright © 1998 Prentice Hall. Adapted by permission of Pearson Education.)*

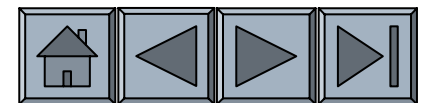


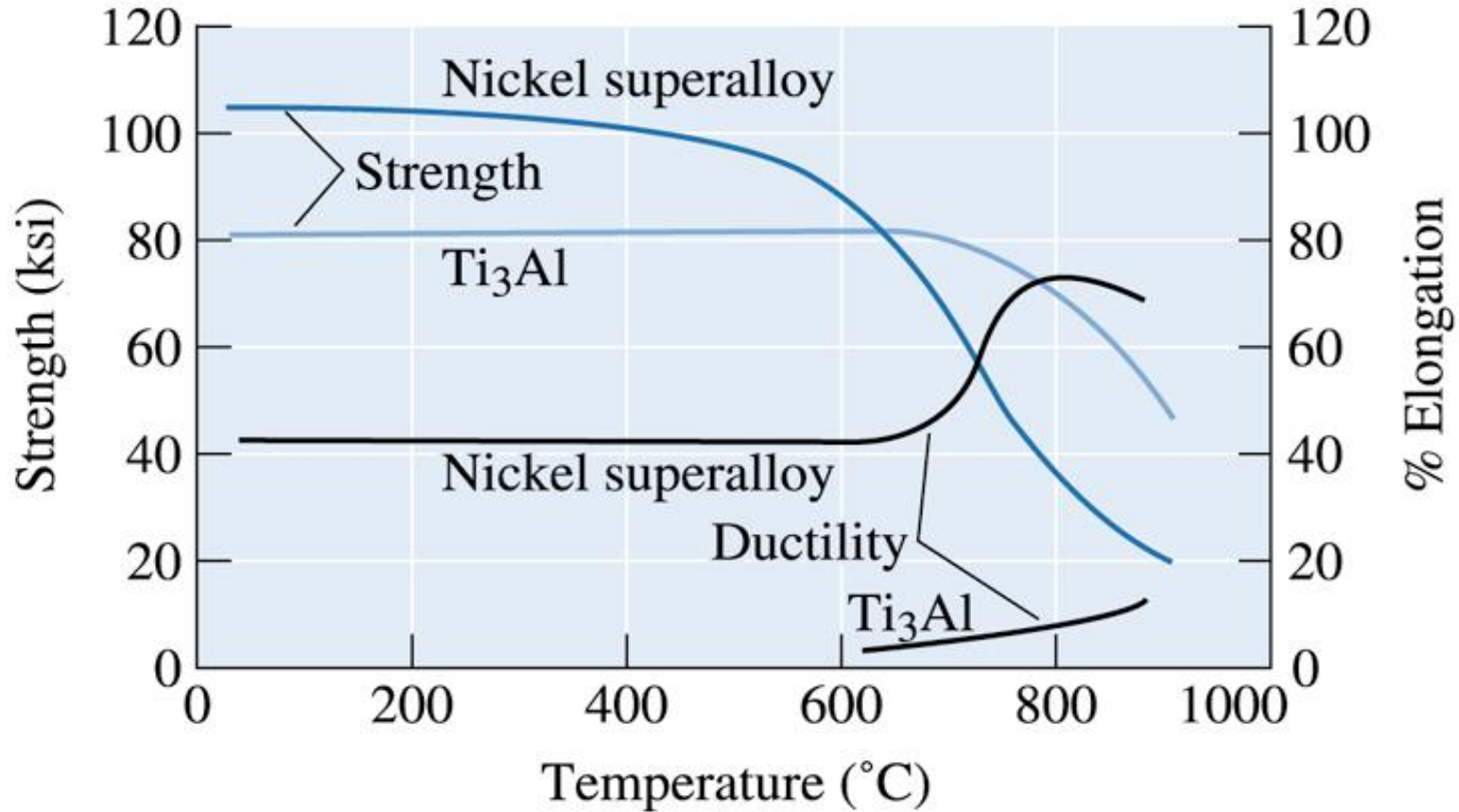
(a)

(a) Stokiyometrik intermetalik bileşik (γ) içeren alüminyum (Al) antimon (Sb) faz diyagramı.



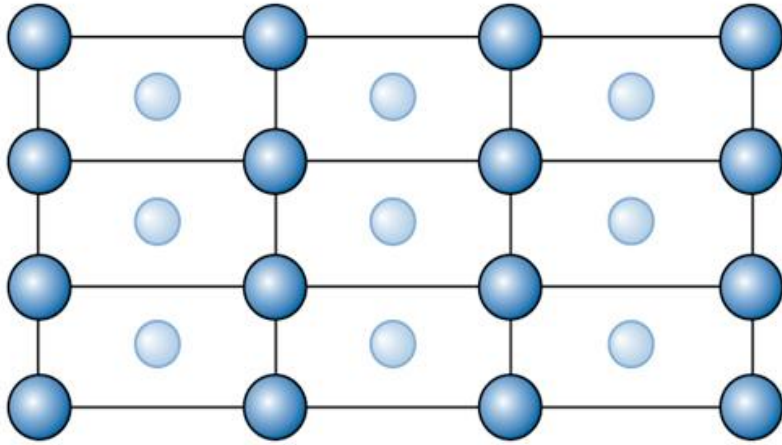
(b)



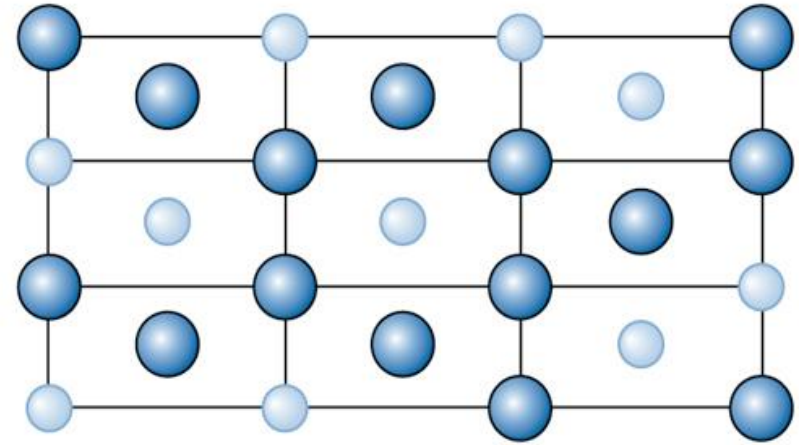


(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

İntermetalik bileşiğin Ti₃Al geleneksel nikel süperalaşımı ile karşılaştırmalı mukavemet ve süneklik verileri. Ti₃Al yüksek sıcaklıklarda mukavemetini nikel süper alaşımına göre daha iyi korumaktadır.



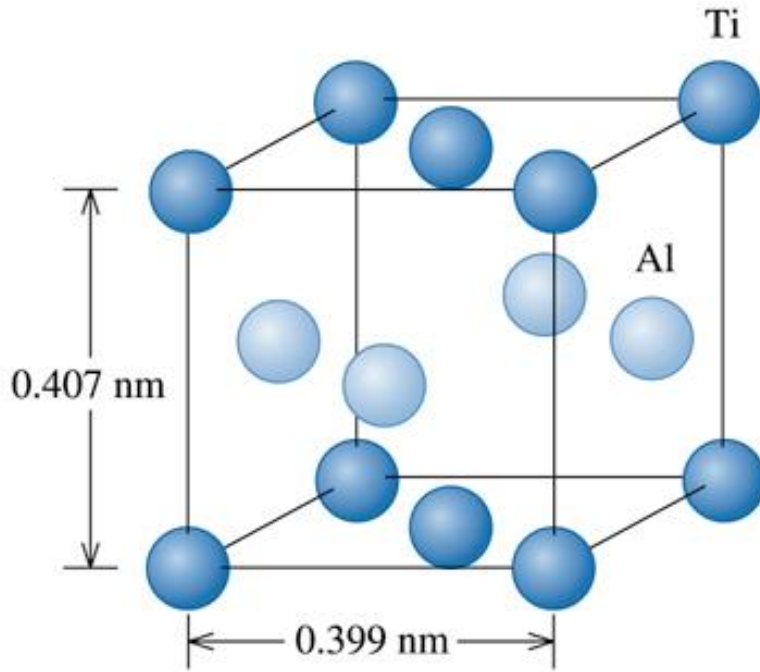
(a)



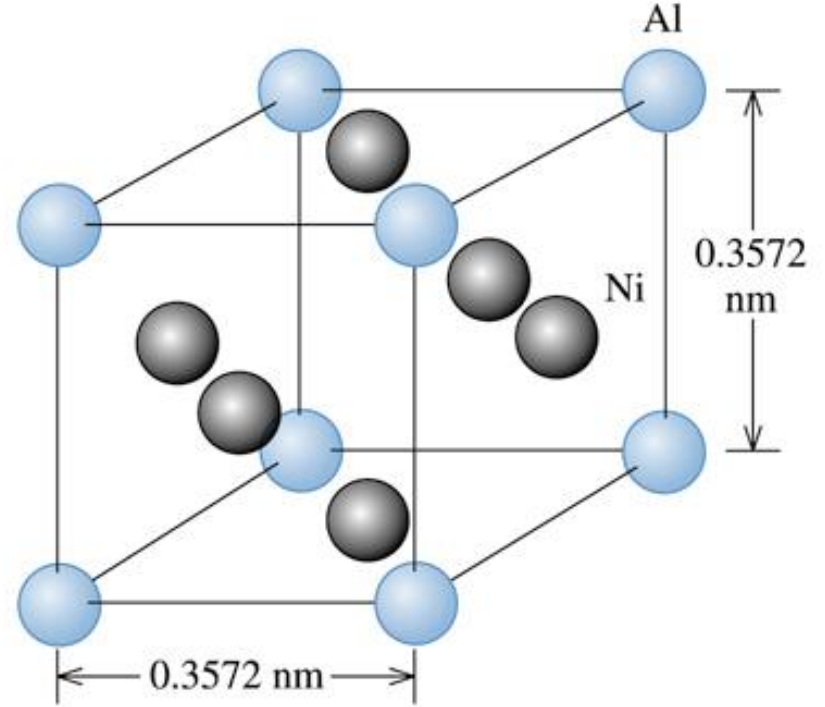
(b)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

(a) Düzenli yapıda, yeralan atomları spesifik latis noktalarını işgal eder. (b) normal yapıda ise atomlar rastgele latis noktalarına yerleşmişlerdir.



(a)



(b)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, Inc. is a trademark used herein under license.

İki intermetalik bileşiğin birim hücresi. (a) TiAl düzenli tetragonal yapı (b) Ni₃Al düzenli kübik yapı.

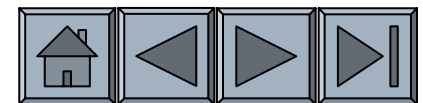


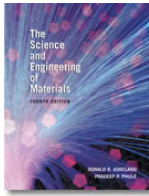
Örnek 10.1. Uzay aracı için malzeme seçimi

Dünyaya tekrar girişte yüksek sıcaklığa maruz kalacak uzay araçlarında kullanılacak parçalar için uygun malzemeyi seçiniz.

ÇÖZÜM

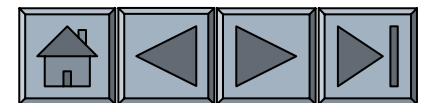
- ❑ Malzeme atmosfere tekrar girdiğinde (1600°C - 1700°C) sıcaklığa dayanabilecek
- ❑ Araçta hasar toleransını sağlayacak şekilde süneklik gerekmektedir. Son olarak da malzeme düşük yoğunlukta olmalıdır.
- ❑ TiAl ve Ni_3Al yüksek sıcaklık dayanımı, oksidasyon dayanımı ve biraz süneklığe sahiptir.
- ❑ **Karbon veya aramid fiber-matris kompozitler** (kevlar esaslı™), oksidasyonu önleme amaçlı kaplanabilirler, uzay uygulamaları için iyi bir seçim olabilir.





Bölüm 10.3 İki Faz Reaksiyonu İçeren Faz Diyagramları

- **Peritektik** – Katlaşmada, katı ve sıvının birleşerek başka bir katı oluşturdukları üçlü reaksiyonlardır.
- **Monotektik** –Katılaşmada, bir sıvının bir katı ve başka bir sıvıya dönüştüğü üç fazlı reaksiyondur.
- **Miscibility boşluğu** – Faz diyagramında aynı yapıya sahip iki fazın birbirine karışmadığı hiçbir çözünürlüklerinin olmadığı bölgedir.
- **Yarı kararlı miscibility boşluk** – Likidüsün aşağısına uzanan veya tamamıyla liküdüs altında olan miscibility boşluğudur.



Üçlü Faz Reaksiyonlarını İçeren Faz Diyagramları

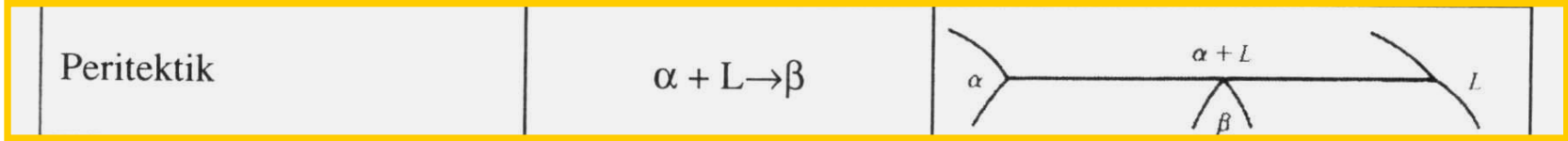
- ❑ Faz diyagramı üzerinde yatay bir çizgi çizilir.
- ❑ Yatay çizgi üzerine üç farklı nokta yerleştirilir.
- ❑ Merkez noktasının üzerine bakılır ve mevcut faz veya fazlar belirlenir.

Eutectic	$L \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritectic	$\alpha + L \rightarrow \beta$	
Monotectic	$L_1 \rightarrow L_2 + \alpha$	
Eutectoid	$\gamma \rightarrow \alpha + \beta$	
Peritectoid	$\alpha + \beta \rightarrow \gamma$	

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning_{sm} is a trademark used herein under license.

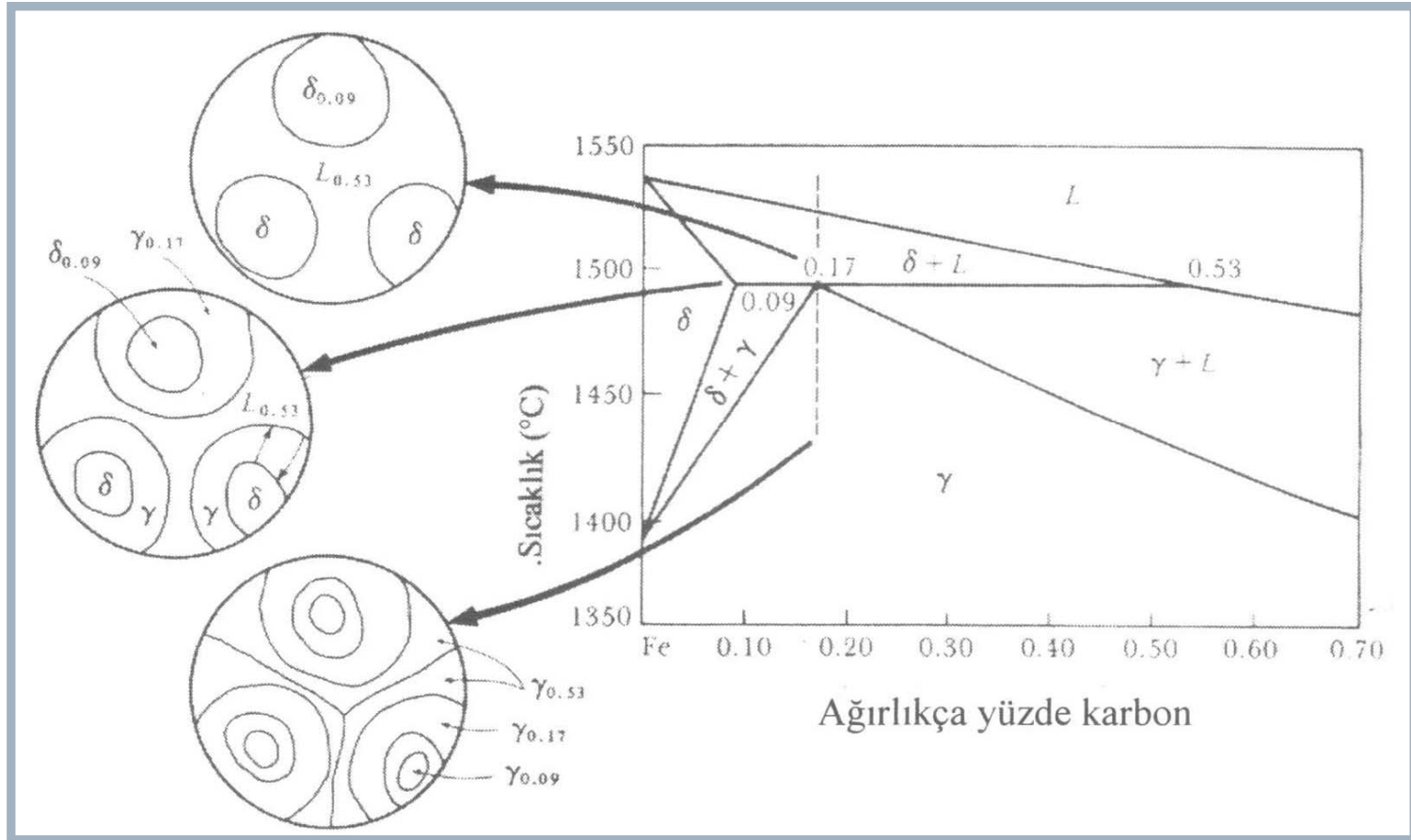
İkili faz sistemlerinde beş önemli üç faz reaksiyonu.

Peritektik Reaksiyon



- ❑ Peritektik reaksiyonlar, az karbonlu çelikleri de içeren çeşitli alaşımlarda bulunur.
- ❑ Çeliklerde peritektik reaksiyon sırasında segregasyon çok aşırı bir problem değildir. Çoğu çelikler segregasyon etkisini azaltan ısıtma ve etkili plastik şekil değiştirmeye maruz bırakılır.

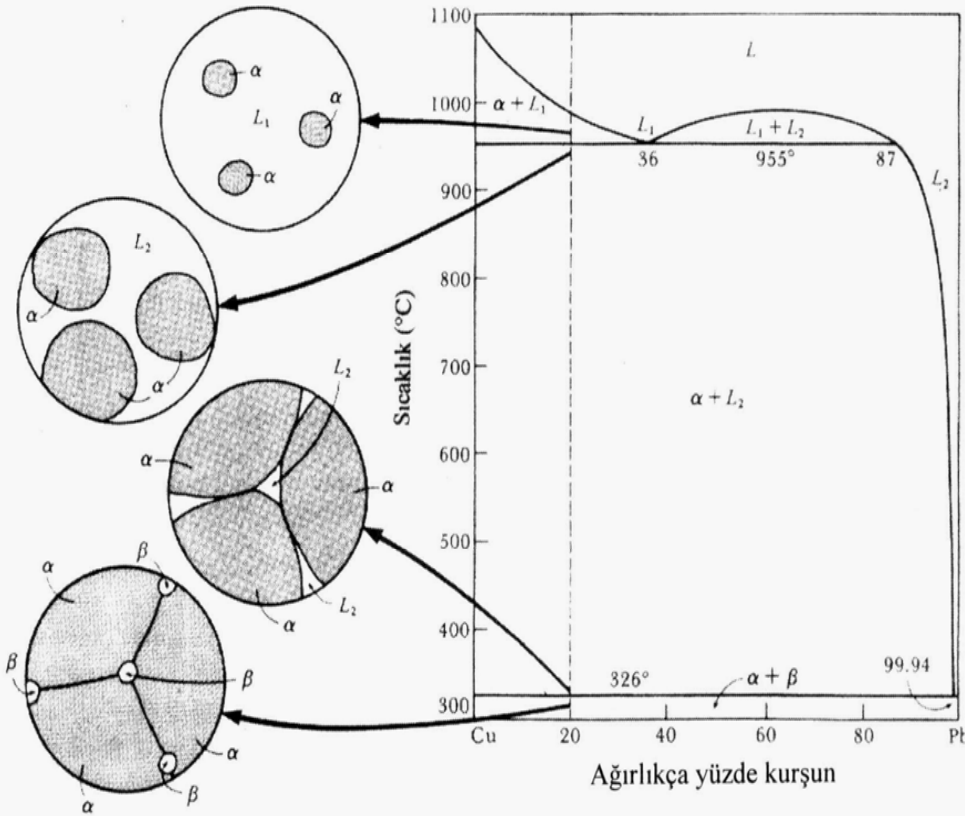
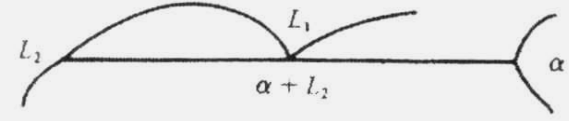
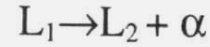
Peritektik reaksiyon sonucu gelişen katılaşma ve mikroyapı



Monotektik Reaksiyon

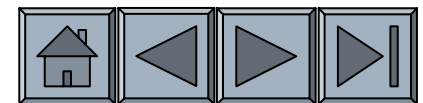


Monotektik

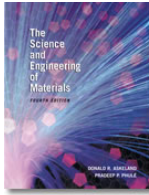


%36 ve %87 arasında kurşun içeren alaşımlar soğuma sırasında 2 sıvıya ayrılırlar.

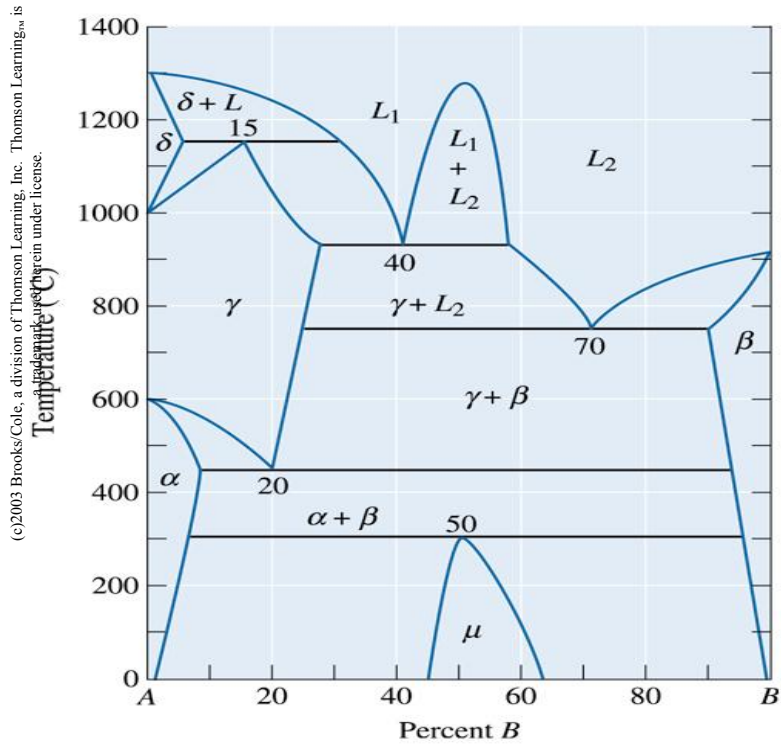
İki sıvı eritilemezlik aralığında ve kubbede birlikte yer alırlar.



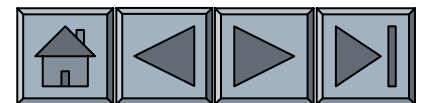
Örnek 10.2. Üç Faz Reaksiyonlarının Tanımlanması



Aşağıdaki ikili denge diyagramındaki üç fazlı reaksiyonları belirtiniz.



Hipotetik faz diyagramı



ÇÖZÜM



Yatay çizgiler 1150°C, 920°C, 750°C, 450°C, 300°C de karşımıza çıkmakta.

1150°C: de %15 B arasında $\delta + L$ fazları mevcut üstünde, γ var. Reaksiyon



920°C: reaksiyon %40 B de



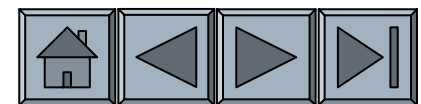
750°C: reaksiyon %70B de



450°C: reaksiyon %20B de:



300°C: reaksiyon %50Bde



Bölüm 10.4 Ötektik Faz Diyagramı

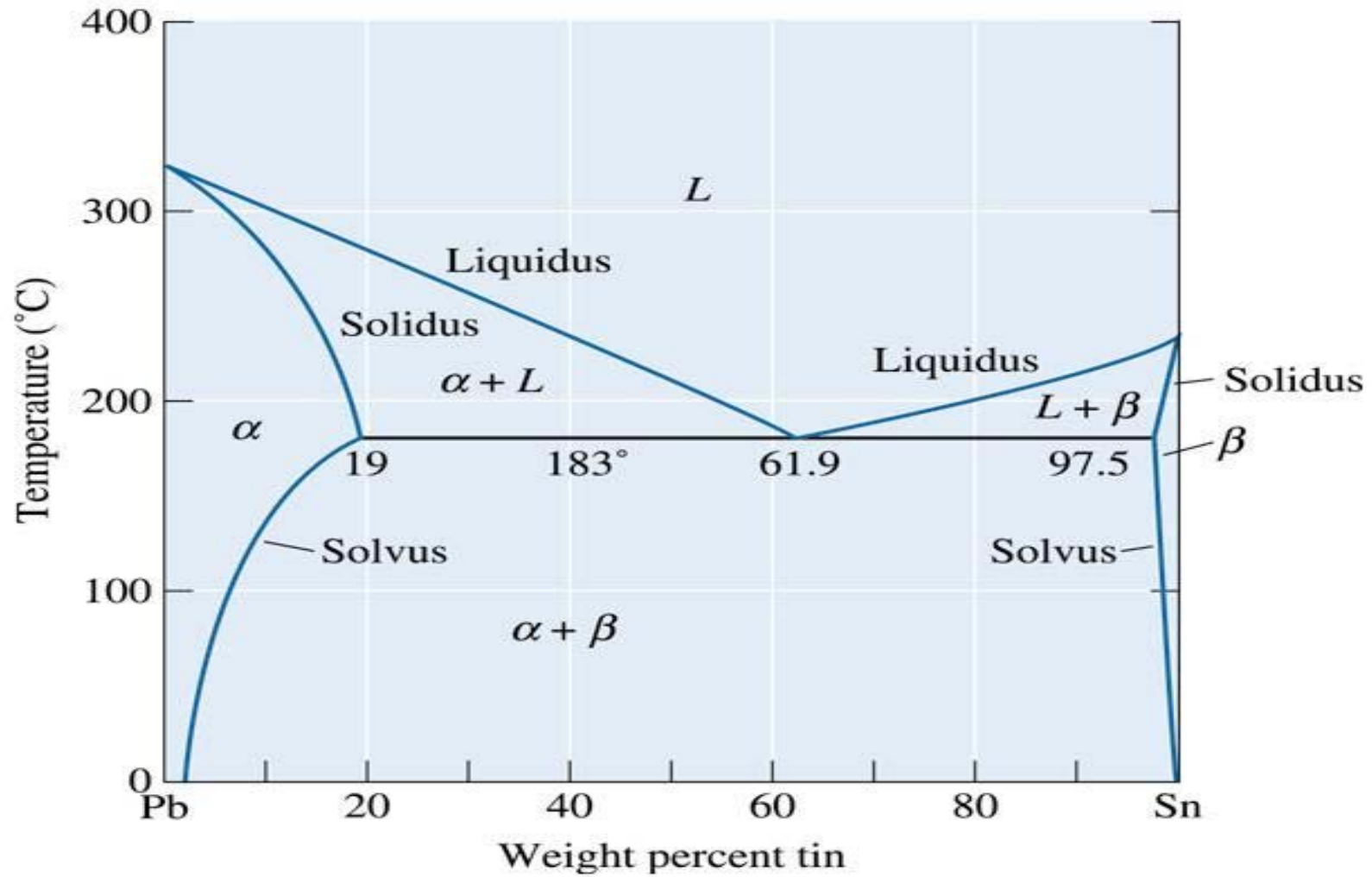
- **Solvüs** – Faz diyagramında iki katı faz bölgeden tek fazlı bölgeyi ayırt eden çözünürlük eğrisidir.
- **Izoplet, Isopleth** –Faz diyagramlarında sabit kimyasal kompozisyonu gösteren çizidir.
- **Hipoötektik alaşım** – Ötektik reaksiyon ve ötektik kompozisyonu tanımlayan bağ çizgisinin sol tarafında yer alan alaşım kompozisyonudur.
- **Hiperötektik alaşımlar** - Ötektik reaksiyon ve ötektik kompozisyonu tanımlayan bağ çizgisinin sağ tarafında yer alan alaşım kompozisyonudur.

Ötektik Alaşımların Mukavemeti

- ❑ Ötektik alaşımlarda, her faz, belirli bir katı eriyik mukavemetlenmesi düzeyine sahiptir.
- ❑ Uygun aşılama veya tane incelticiler ilave edilerek, tane boyutu kontrol edilebilir.
- ❑ Buna karşın ötektik içindeki iki katı fazın miktar, boyut, şekil ve dağılımı kontrol edilerek, özellikler en iyi şekilde değiştirilebilir.

Ötektik Tane Boyutu

- ❑ Ötektik tanelerin her biri bağımsız olarak çekirdeklenir ve büyür.
- ❑ Her bir tane içindeki ötektik mikrouluşumda lamellerin yönlenmesi (oriyantasyonu) benzerdir.
- ❑ Ötektik bir tanenin sınırını geçerken yönlenme değişebilir.
- ❑ Ötektik tane boyutu inceltilebilir ve sonuç olarak aşılama ile ötektik alaşımın dayanımı iyileştirilebilir.

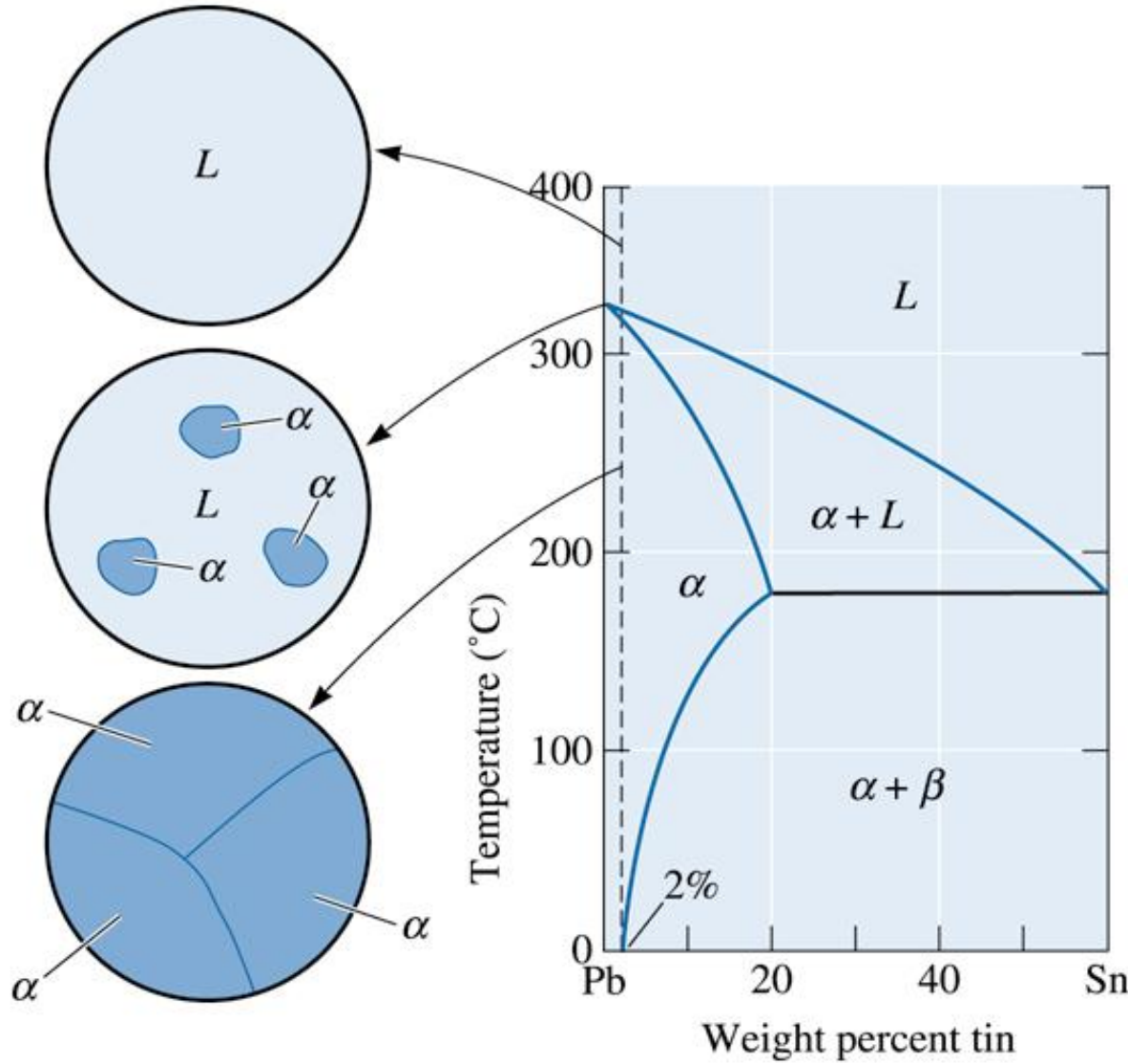


(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, Inc. is a trademark used herein under license.

Kurşun-kalay denge faz diyagramı.

Katı Eriyik Alaşımlar

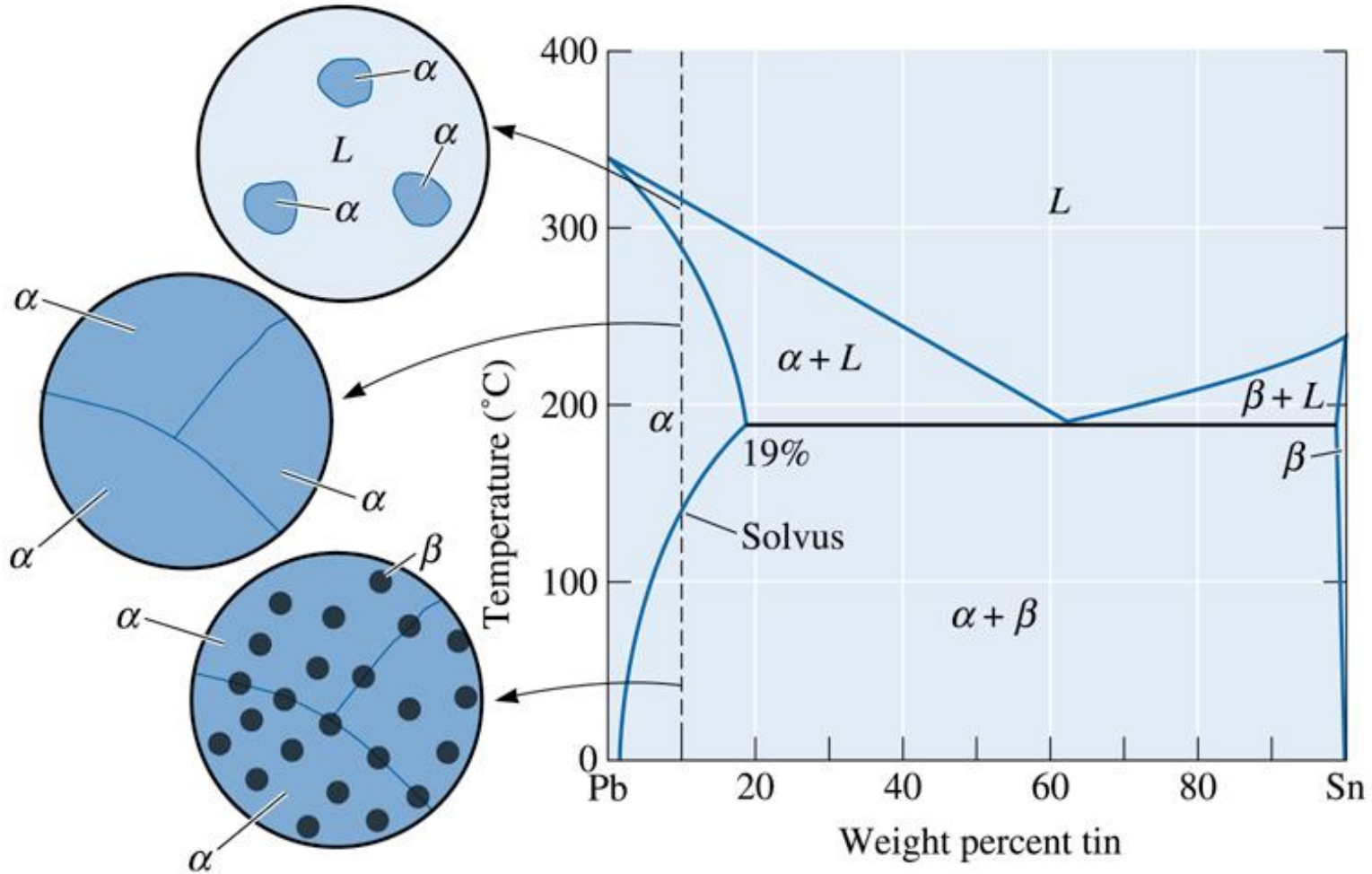
□ Katılaşma esnasında bir tek katı eriyik fazı olan α fazını oluşturarak ve oda sıcaklığına soğutulduktan sonra aynen kalan alaşımlar, katı eriyik, pekleşme ve tane yapısını incelten katılaşma işleminin kontrolü ile sertleştirilir.



Pb-%2 Sn alaşımının katılaşma ve mikroyapısı. Alaşım tek fazlı katı eriyiktir.

Eriyebilirlik Sınırını Aşan Alaşımalar

- ❑ %2 ve %19 Sn içeren alaşımlar katılaştığında tek bir katı eriyik olan α oluşturmak üzere katılaşır.
- ❑ Buna karşın alaşım soğumaya devam ederken, oluşan katı hal reaksiyonu, orijinal α fazından ikinci bir katı faz olan β 'nin çökmesini sağlar.



(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning™ is a trademark used herein under license.

Pb-% 10Sn katılaşma, çökelti ve mikroyapısı. Bazı dispersiyon sertleştirmesi katı β çökeltileri ile oluşur.

Örnek 10.3. Kurşun-Kalay (Pb-Sn)Faz Diyagramı

(a) 100°C'de kalay çözünürlüğünü, (b) katı kalayda kurşunun maksimum çözünürlüğünü, (c) Pb-10% Sn alaşımı katılaştığında 0°C'de oluşan β miktarını hesaplayınız (d) α ve β fazları içindeki kalay kütlesini, (e) α ve β fazlarında kurşun miktarını hesaplayınız. Toplam Pb-10% Sn alaşımının 100 gram olduğunu varsayınız.

ÇÖZÜM

(a) 100°C de yatay çizgi ile solvüs eğrisi %5 Sn'de kesilir. Bu yüzden kalayın (Sn) kurşundaki çözünürlüğü (Pb) 100°C'de %5 tir.

(b) Kalay içinde maksimum kurşun çözünürlüğü faz diyagramının Sn zengin bölgesine bakılarak 183°C'de %97.5 Sn'dir.

(c) 0°C'de %10 Sn alaşımı için çizilen bağ çizgisi ile manivela kuralı uygulandığında:

$$\% \beta = \frac{10 - 2}{100 - 2} \times 100 = 8.2\%$$



ÇÖZÜM (devam)

$$(d) \alpha \text{ fazı için Sn kütlesi} = \%2 \text{ Sn} \times 91.8 \text{ g} (100-8,2) \\ = 1.836 \text{ g.}$$

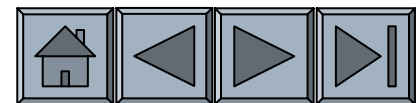
Kalay hem α ve hem β fazında olduğu için, β fazında kalayın kütlesi = $(10 - 1.836) \text{ g} = 8.164 \text{ g.}$

(e) α fazında Pb'nin kütlesi

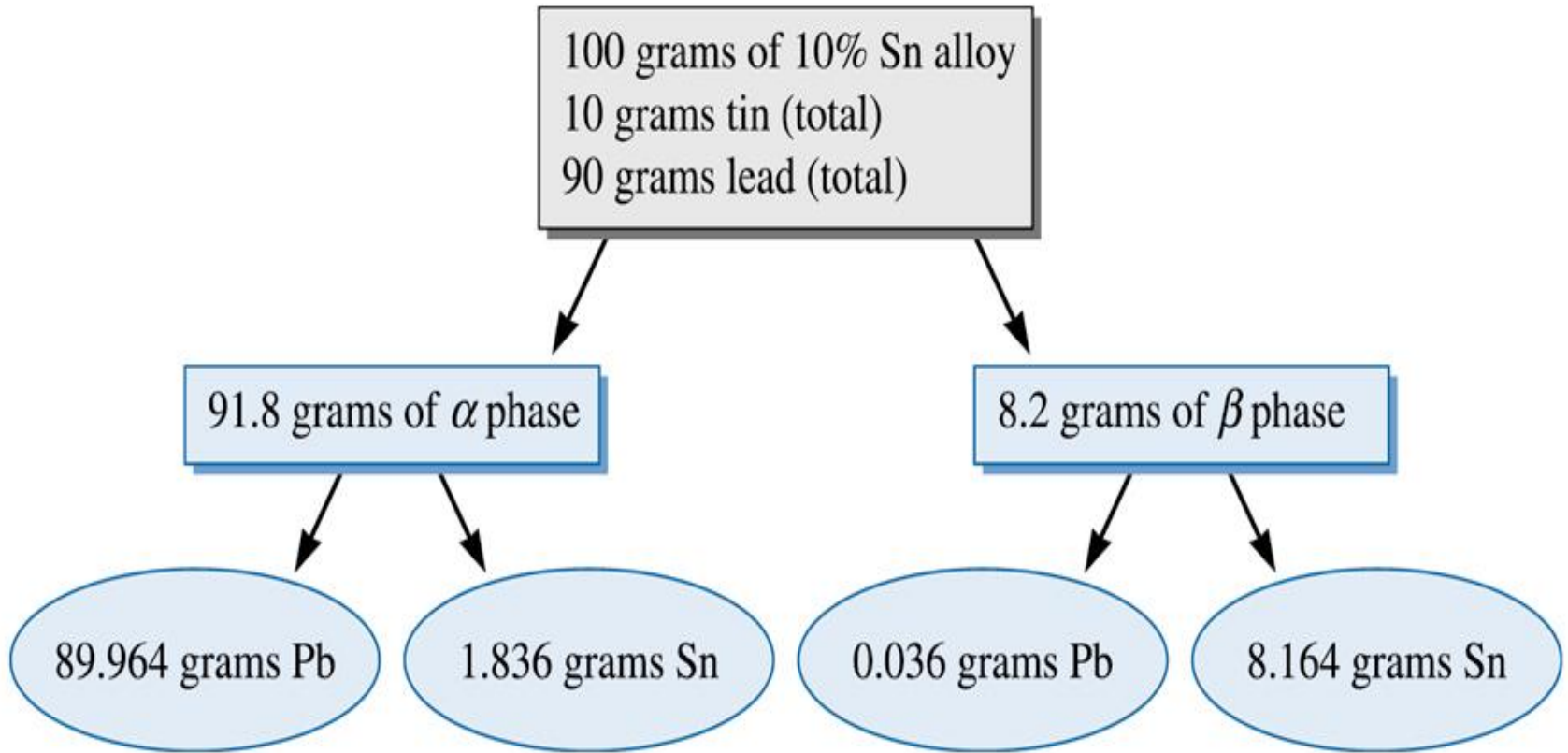
$$= \%98 \text{ Sn} \times \alpha \text{ fazının } 91.8 \text{ g} = 0.98 \times 91.8 \text{ g} = \\ 89.964 \text{ g}$$

β fazında Pb

$$= 90 - 89.964 = 0.036 \text{ g.}$$



ÇÖZÜM (devam)



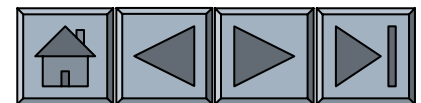
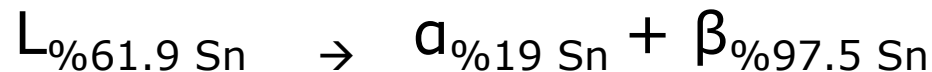
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning,™ is a trademark used herein under license.

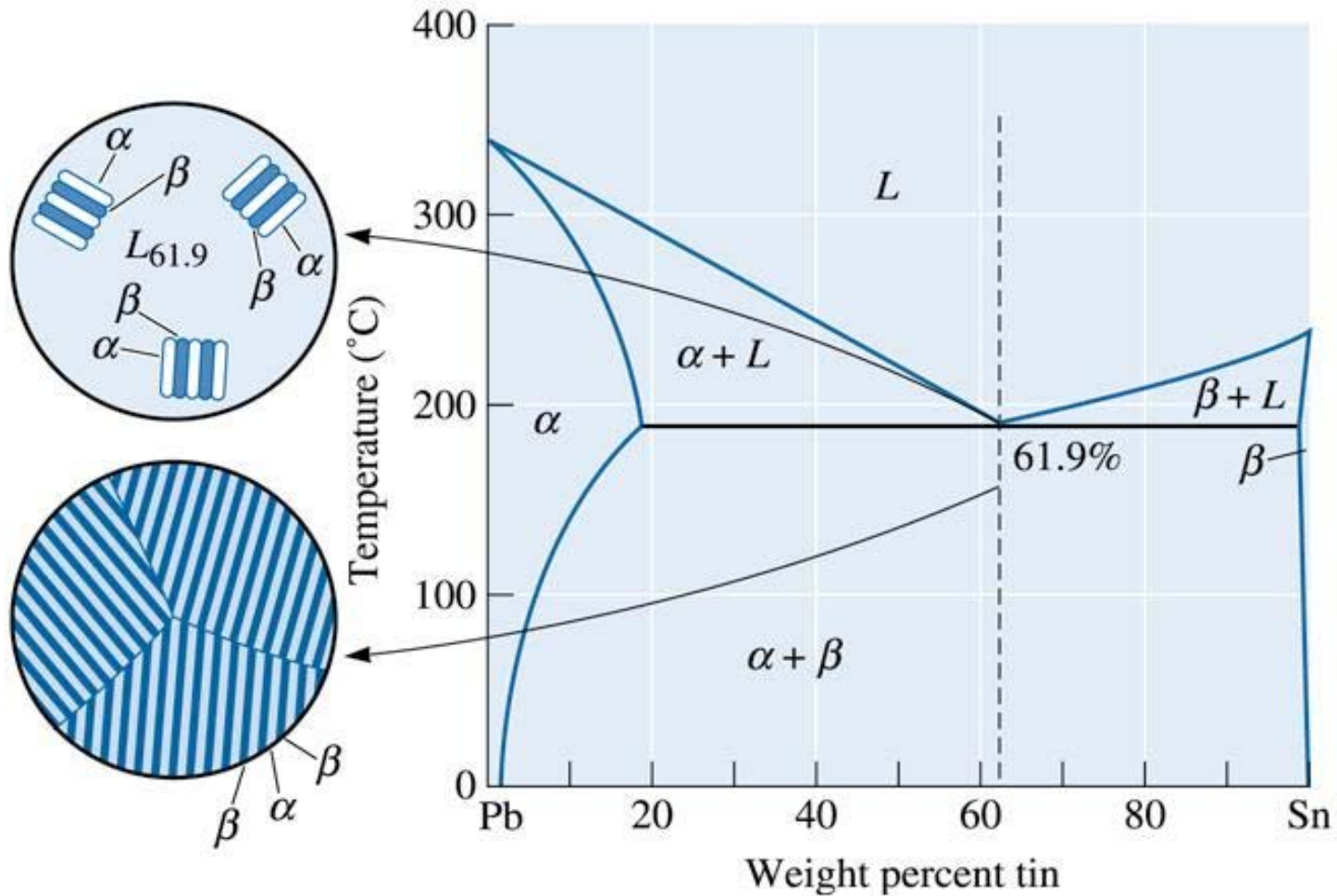
Hesaplamanın özeti



Ötektik Alaşımalar

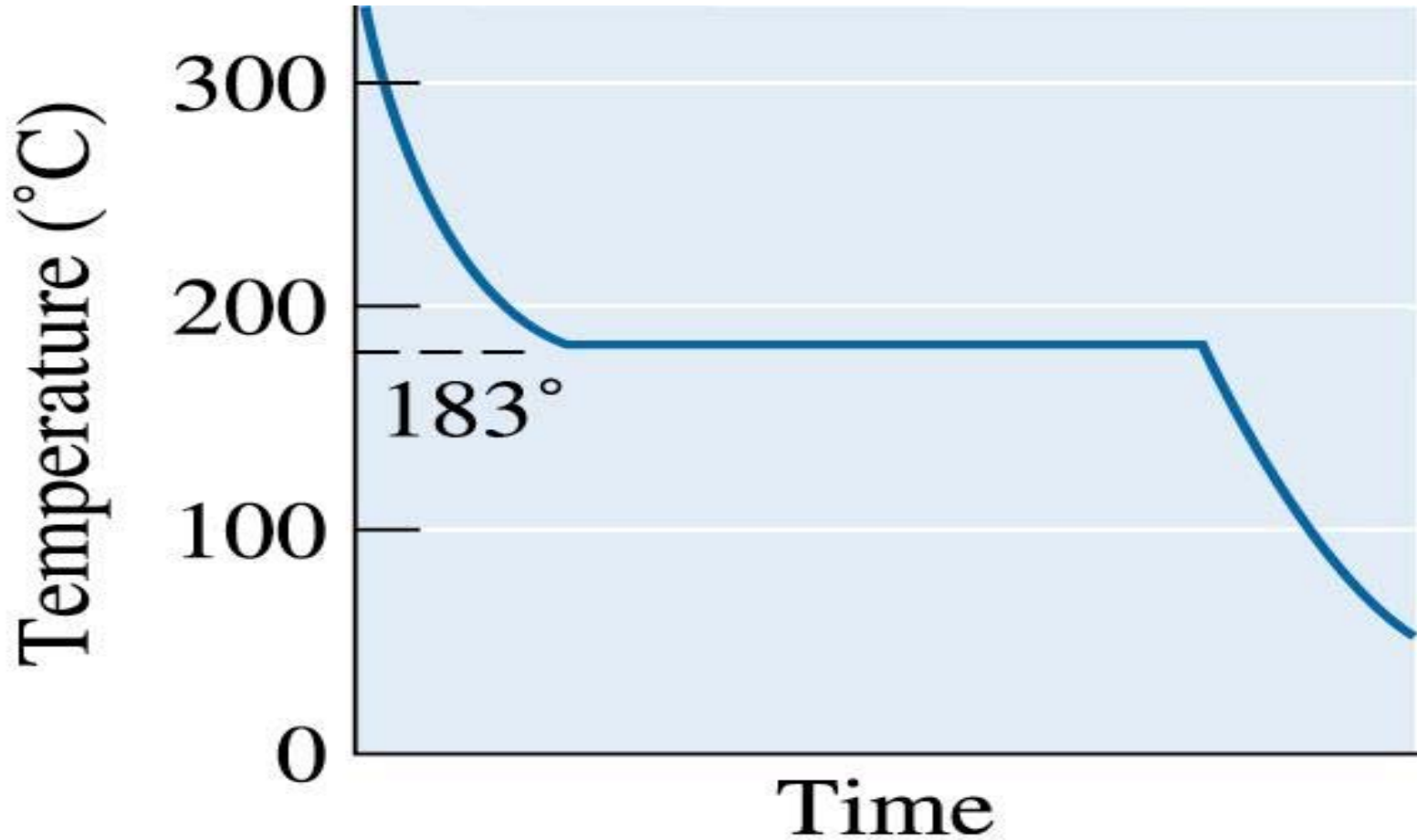
- ❑ %61.9 Sn içeren alaşımlar ötektik kompozisyona sahiptir.
- ❑ 185°C'nin üzerinde alaşım tamamen sıvıdır ve bu nedenle %61.9 Sn içermek zorundadır.
- ❑ Sıvı 185°C'ye soğuduktan sonra ötektik reaksiyon başlar.





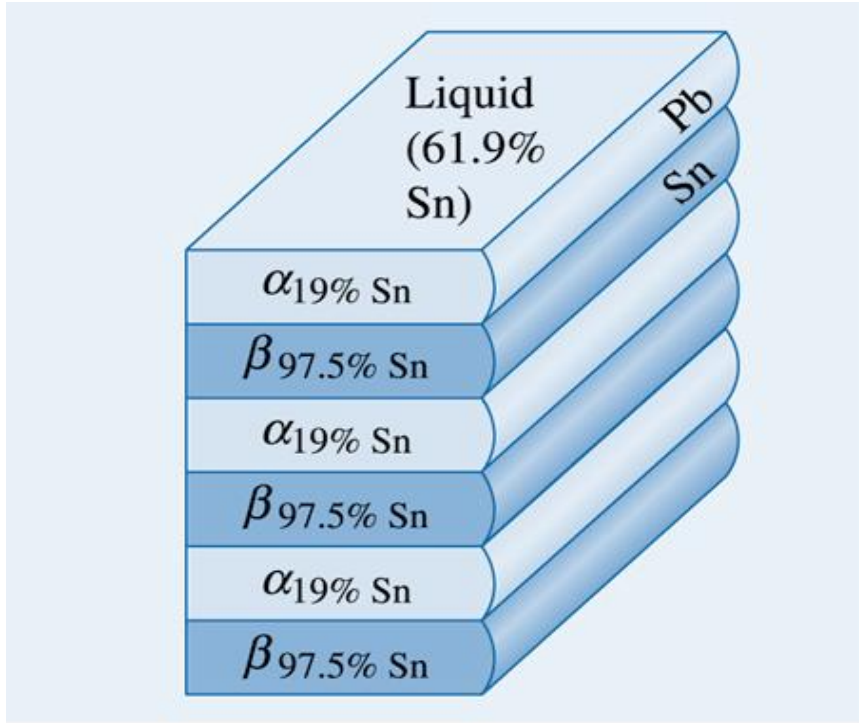
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Pb-61.9% Sn ötektik alaşımın katılaşması ve mikroyapısı.

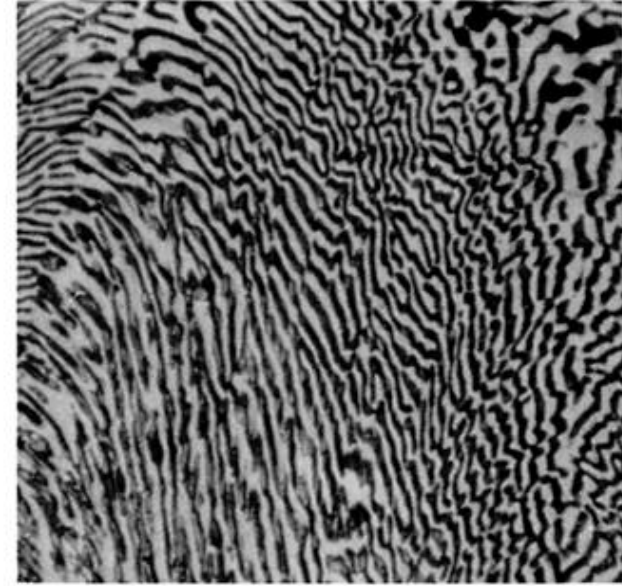


(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Ötektik alaşımın soğuma eğrisi. Ötektik alaşımlar tek bir sıcaklıkta katılaşır veya ergirler.



(a)



(b)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

(a) PB-Sn ötektiğinin lamelar büyümesi esnasında atom dağılımı. Kalay atomları β plakalarına tercihli olarak yayılırlar, ve kurşun atomları α plakalarına difüze olurlar. (b) Kurşun-kalay ötektik mikro partiküllerinin fotoğrafı (x400).



Örnek 10.4. Ötektik Alaşımda Fazların Miktarı

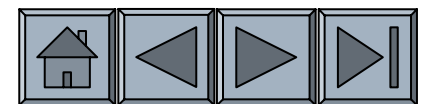
(a) Pb-Sn alaşım ötektik kompozisyonunda her bir fazın kompozisyonu ve miktarının belirlenmesi. (b) Bulunan fazların kütlelerinin hesaplanması. (c) 200g alaşım olduğunu varsayarak her fazda Pb ve Sn miktarını hesaplayınız?

ÇÖZÜM

(a) Ötektik alaşım %61.9 Sn içerir.

$$\alpha : (Pb - 19\% Sn) \quad \% \alpha = \frac{97.5 - 61.9}{97.5 - 19.0} \times 100 = 45.35\%$$

$$\beta : (Pb - 97.5\% Sn) \quad \% \beta = \frac{61.9 - 19.0}{97.5 - 19.0} \times 100 = 54.65\%$$





ÇÖZÜM (devam)

(b) Ötektik altındaki sıcaklıkta,

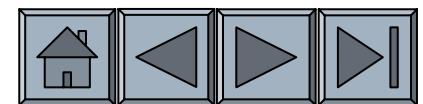
200g alaşımda α fazının miktarı = alaşımın kütesixfazın kesri

$$= 200 \text{ g} \times 0.4535 = 90.7 \text{ g}$$

200g alaşımda β fazının miktarı =

(mass of the alloy - mass of the alfa phase)

$$= 200.0 \text{ g} - 90.7 \text{ g} = 109.3 \text{ g}$$



ÇÖZÜM (devam)

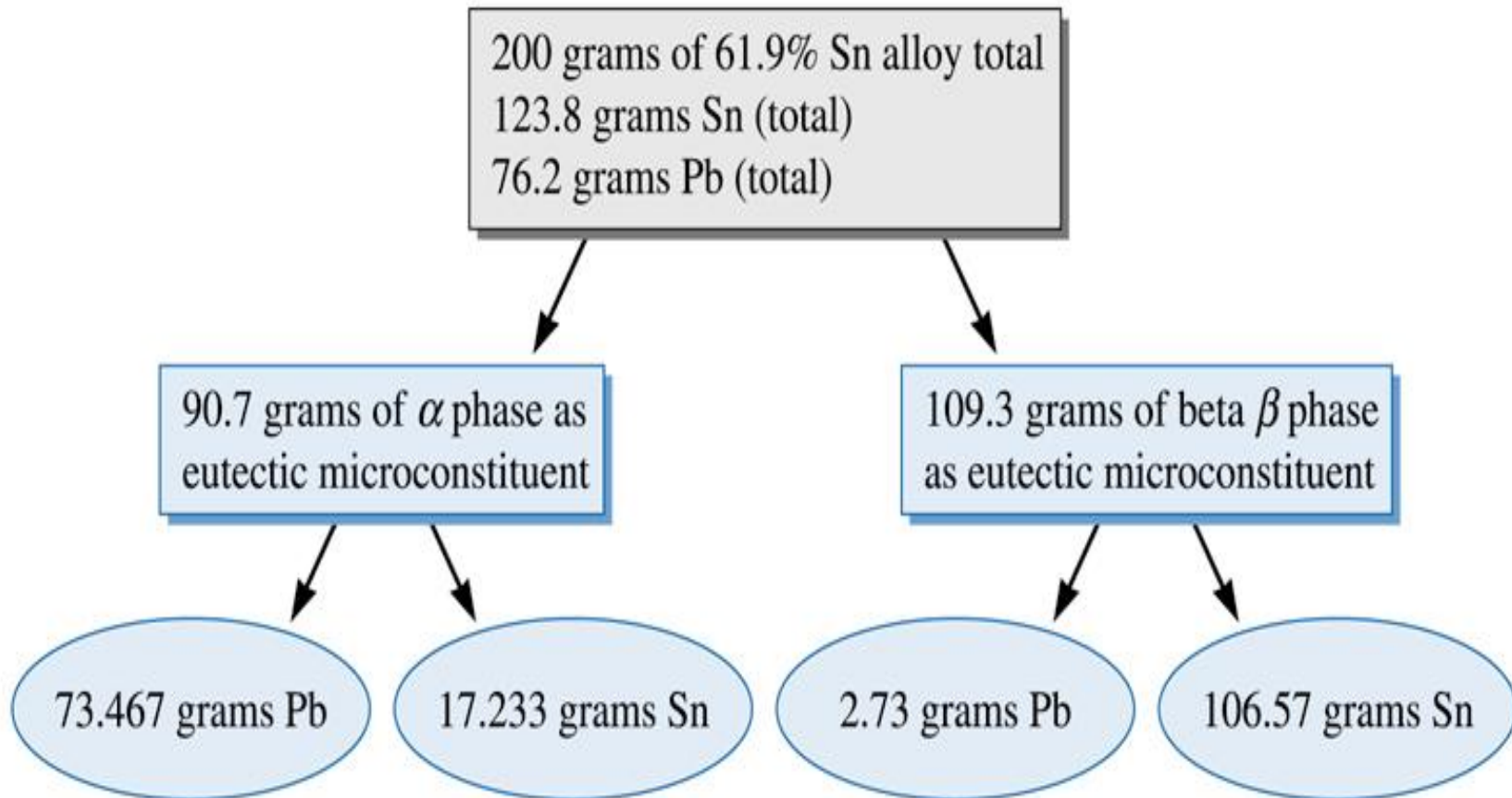
- α fazında Pb'nin miktarı = 200 g'da alfa fazının miktarı \times (α da Pb nin konsantrasyonu) = $(90.7 \text{ g}) \times (1 - 0.190) = 73.467 \text{ g}$

- α fazında Sn'nin kütlesi = alfa fazının kütlesi - alfa fazında Pb'nin kütlesi = $(90.7 - 73.467 \text{ g}) = 17.233 \text{ g}$

- β fazında Pb'nin kütlesi = 200 g'da betanın kütlesi \times (β 'da Pb ağı. kesir fraksiyonu) = $(109.3 \text{ g}) \times (1 - 0.975) = 2.73 \text{ g}$

- β fazında Sn'nin kütlesi = Sn'nin toplam kütlesi - α fazında Sn'nin kütlesi = $123.8 \text{ g} - 17.233 \text{ g} = 106.57 \text{ g}$

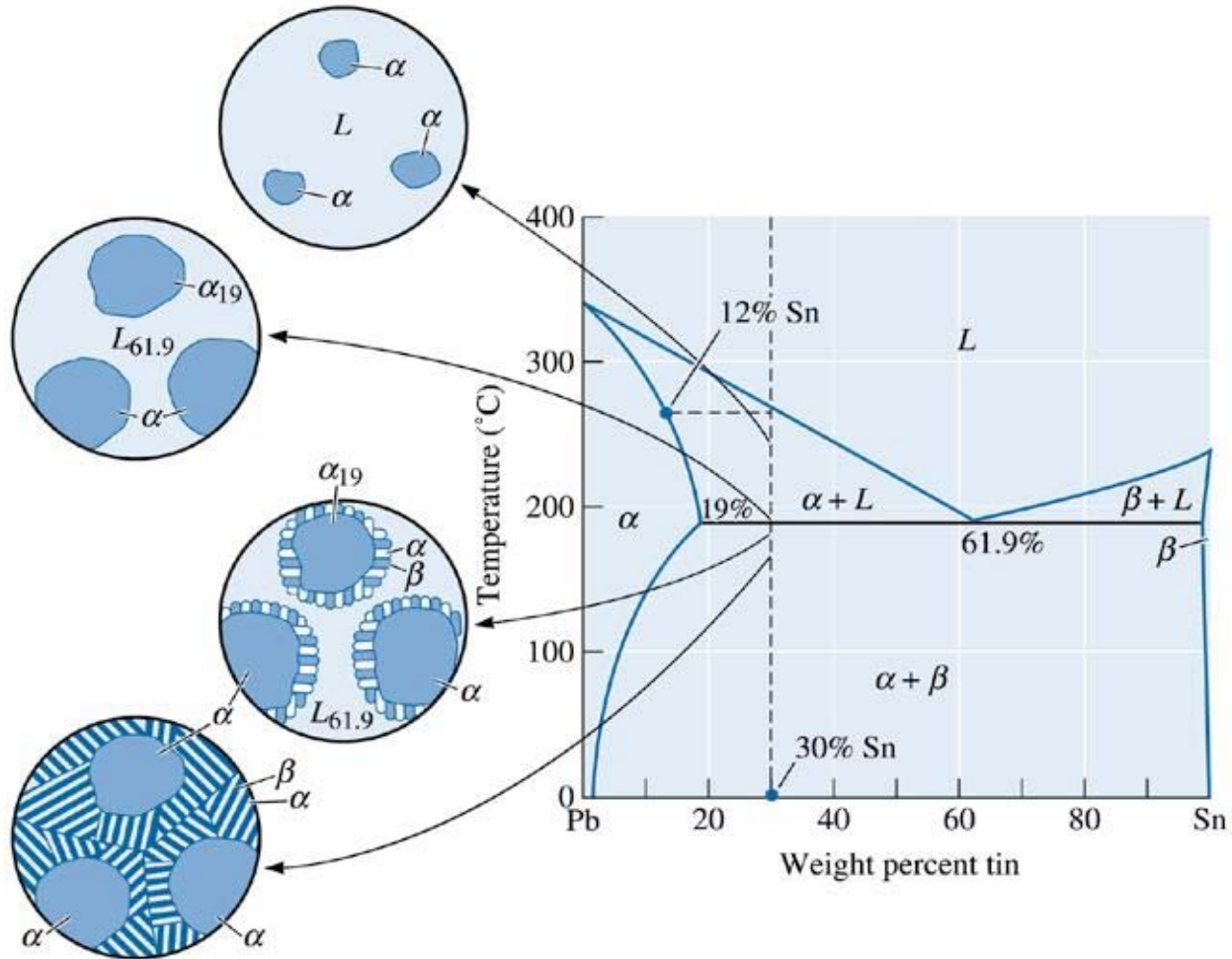
Örnek 10.4 için hesapların özeti.



(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

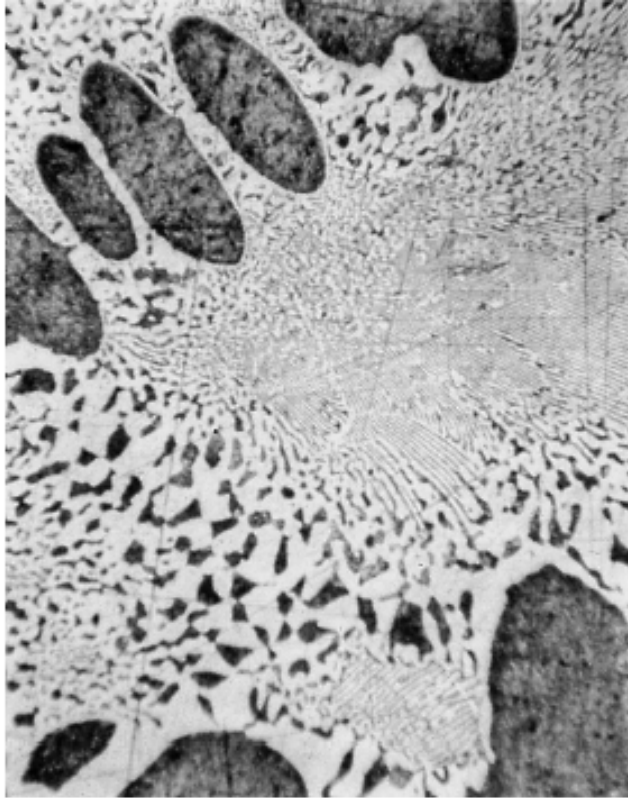
Ötektik Altı ve Ötektik Üstü Alaşımlar

- ❑ %19 ve %61.9 arasında Sn içeren bir alaşım soğurken sıvı likidüs sıcaklığında katılaşmaya başlar.
- ❑ Buna karşın, katılaşma ötektik reaksiyona uğrayarak tamamlanır.

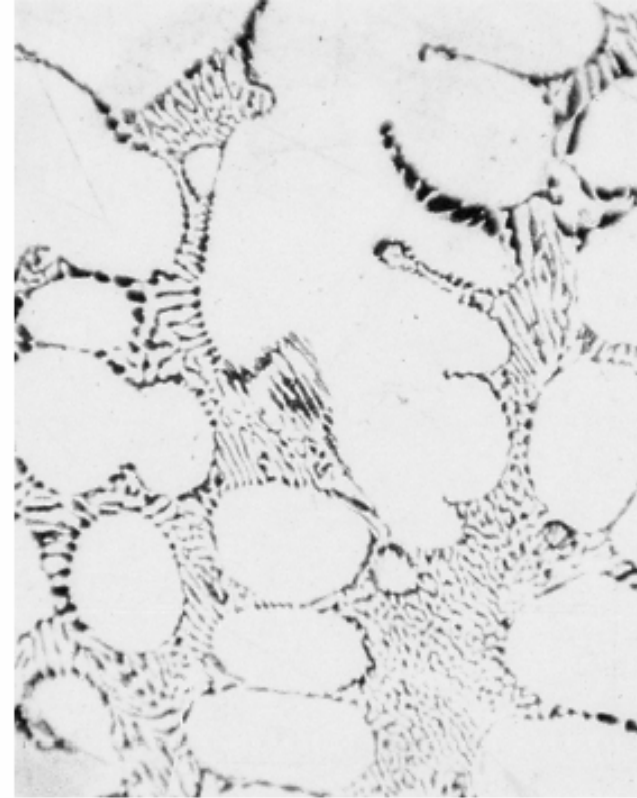


(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Hipoötektik alaşımın mikroyapısı ve katılaşması. (Pb-%30 Sn).



(a)



(b)

(a) Hipoötektik kurşun-kalay alaşımı. (b) Hiper ötektik kurşun-kalay alaşımı. Siyah yapılar kurşun zengin katı α , açık renkli kalay zengin katı β , ve ince levha yapılı ötektik. (x400).

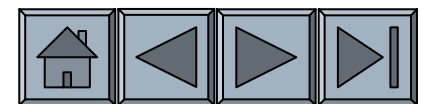
Örnek 10.5. Fazların belirlenmesi ve Hipoötektik Pb-%30Sn alaşımındaki fazların belirlenmesi ve miktarı

300°C, 200°C, 184°C, 182°C, ve 0°C'de Pb-%30 Sn alaşımında bulunan fazları, miktarlarını ve kompozisyonlarını belirleyiniz?

ÇÖZÜM



Temperature (°C)	Phases	Compositions	Amounts
300	L	L : 30% Sn	$L = 100\%$
200	$\alpha + L$	L : 55% Sn α : 18% Sn	$L = \frac{30 - 18}{55 - 18} \times 100 = 32\%$ $\alpha = \frac{55 - 30}{55 - 18} \times 100 = 68\%$
184	$\alpha + L$	L : 61.9% Sn α : 19% Sn	$L = \frac{30 - 19}{61.9 - 19} \times 100 = 26\%$ $\alpha = \frac{61.9 - 30}{61.9 - 19} \times 100 = 74\%$
182	$\alpha + \beta$	α : 19% Sn β : 97.5% Sn	$\alpha = \frac{97.5 - 30}{97.5 - 19} \times 100 = 86\%$ $\beta = \frac{30 - 19}{97.5 - 19} \times 100 = 14\%$
0	$\alpha + \beta$	α : 2% Sn β : 100% Sn	$\alpha = \frac{100 - 30}{100 - 2} \times 100 = 71\%$ $\beta = \frac{30 - 2}{100 - 2} \times 100 = 29\%$



Örnek 10.6. Hipoötektik Alaşımın Mikroyapı Miktarı ve Kompozisyonu



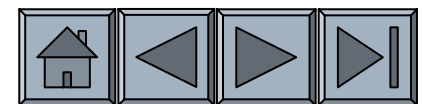
Ötektik reaksiyonun hemen sonrasında Pb-%30Sn alaşımındaki her bir mikroyapının miktar ve kompozisyonunun belirlenmesi.

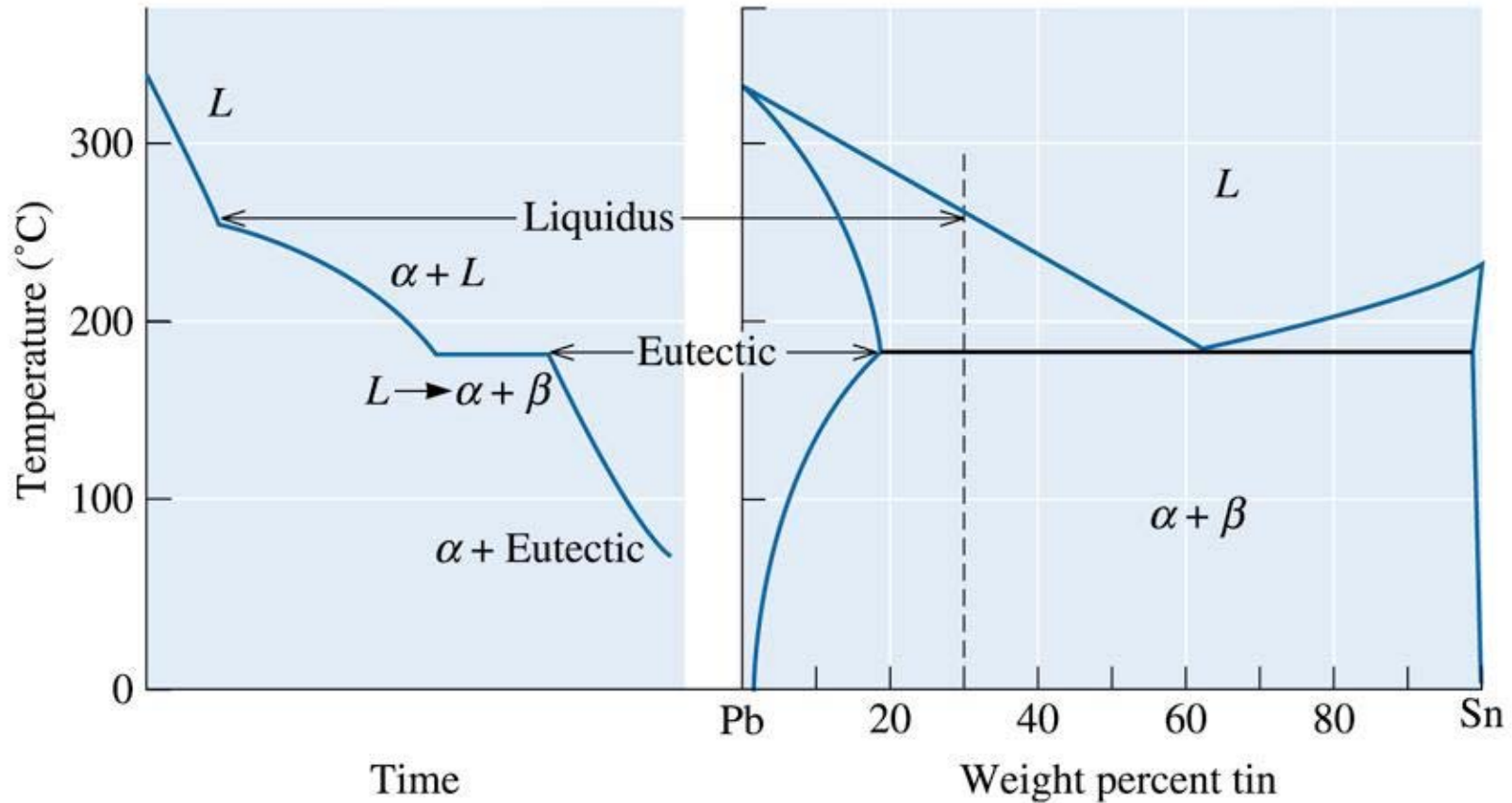
ÇÖZÜM

Ötektik sıcaklığının hemen üstünde mesela 184°C—iki fazın kompozisyon ve miktarları:

$$\alpha : 19\% \text{ Sn} \quad \% \alpha = \frac{61.9 - 30}{61.9 - 19} \times 100 = 74\% = \% \text{ Primary } \alpha$$

$$L : 61.9\% \text{ Sn} \quad \% L = \frac{30 - 19}{61.9 - 19} \times 100 = 26\% = \% \text{ eutectic at } 182^\circ\text{C}$$





(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

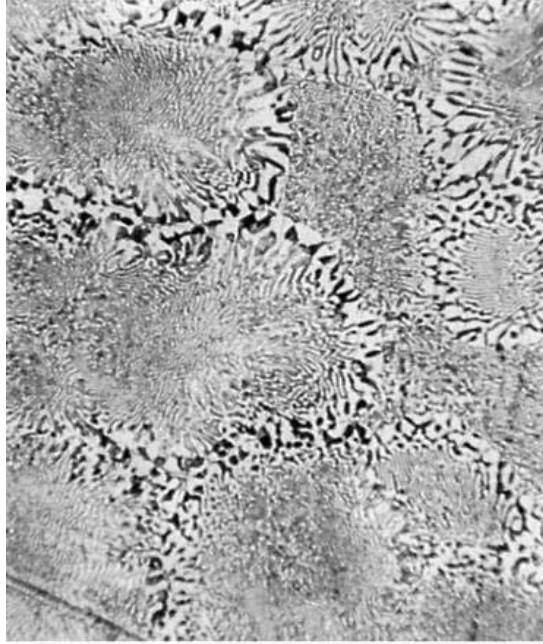
Hipoötektik Pb-%30Sn alaşımının soğuma eğrisi.

Bölüm 10.5. Ötektik Alaşımların Mukavemeti

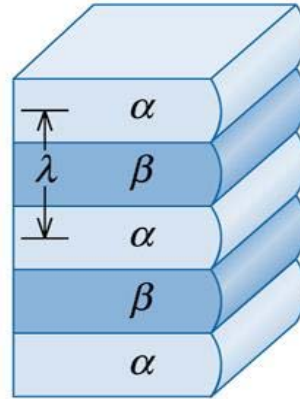
- Ötektik koloni boyutu
- İnterlamelar Mesafe
- Ötektik miktarı
- Ötektik Mikroyapısı

Lameller Arası Mesafe

- Bir ötektiğin lameller arası mesafesi bir α lamelinin merkezinden daha sonraki α lamelinin merkezine olan aralıktır.
- Taneler arası mesafenin küçük olması, her bir lamelin ince ve bunun sonucu olarak da α - β arayüzey alan miktarının büyük olduğunu gösterir.



(a)



(b)

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning,™ is a trademark used herein under license.

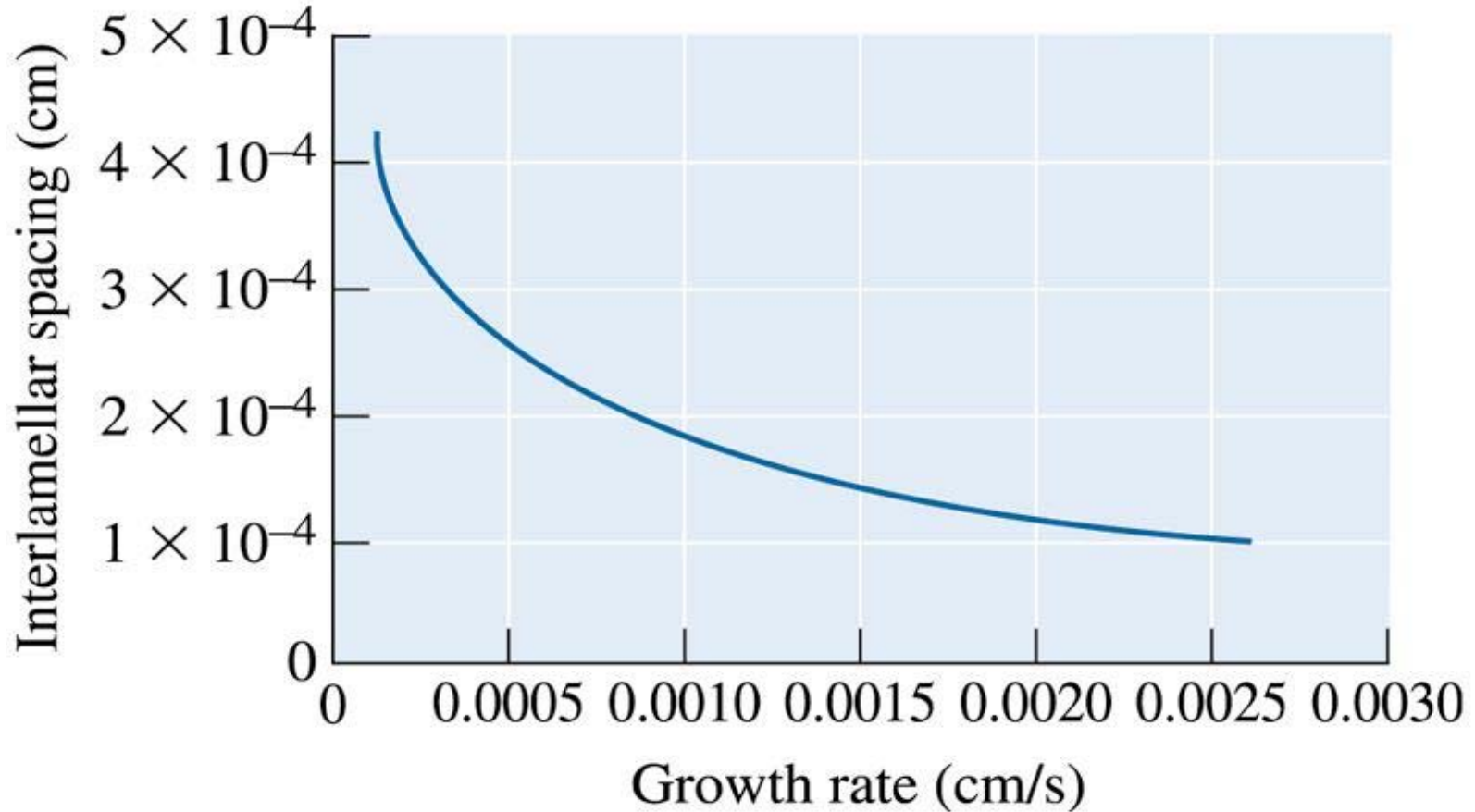
□ Lameller arası aralık ötekiğin büyüme hızı ile belirlenir.

$$\lambda = cR^{-1/2}$$

R: büyüme hızı (cm/s)

c: sabit

(a) Kurşun-Kalay ötektiğinde koloniler. (x300).
(b) Ötektik mikroyapıda interlamelar mesafe.



(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Kurşun-kalay ötektiğinde interlamelar mesafe üzerine büyüme hızının etkisi.

Ötekiğin Miktarı

- ❑ Alaşımın kompozisyonunu değiştirerek ötektik kompozisyondan uzaklaştırılmasıyla ilk mikrouluşum gerçekleşecektir.
- ❑ İlk mikrouluşum ve ötekiğin nispi miktarları kontrol edilerek alaşımın özellikleri kontrol edilebilir.

Ötekiğin Şekli

□ Ötektik mikrouluşum içindeki iki fazın şekli, soğuma hızı, impurite elementlerinin varlığı ve alaşımın özellikleri tarafından etkilenir.



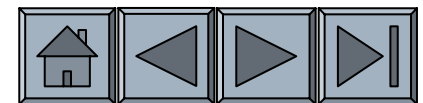
Örnek 10.7. Yönlenmiş Katılaşma Prosesinin Tasarımı

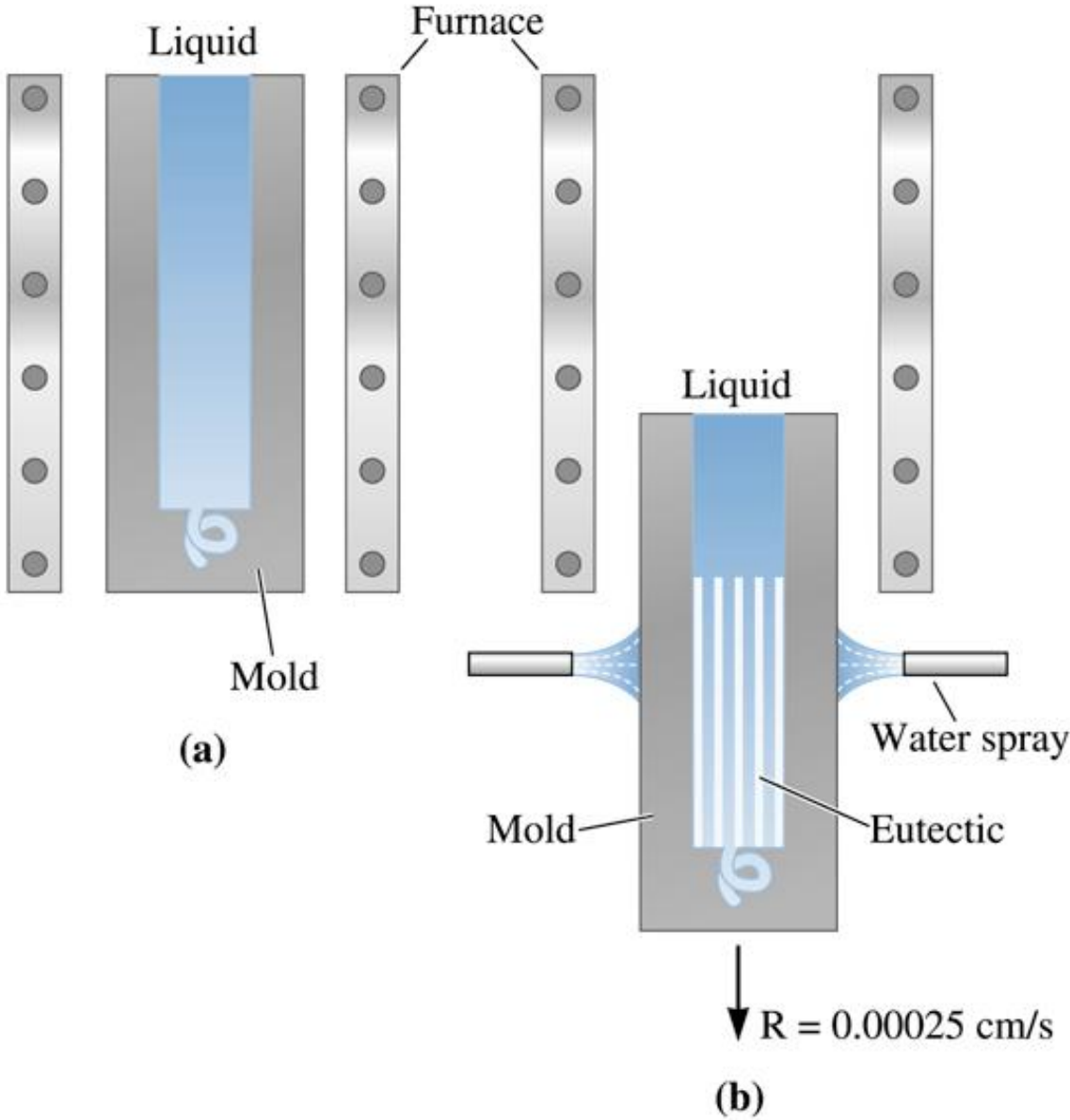
İnterlamelar aralığı 0,00034 cm olan Pb-Sn mikroyapılı tek tane elde etmek için gerekli prosesi tasarlayınız?

ÇÖZÜM

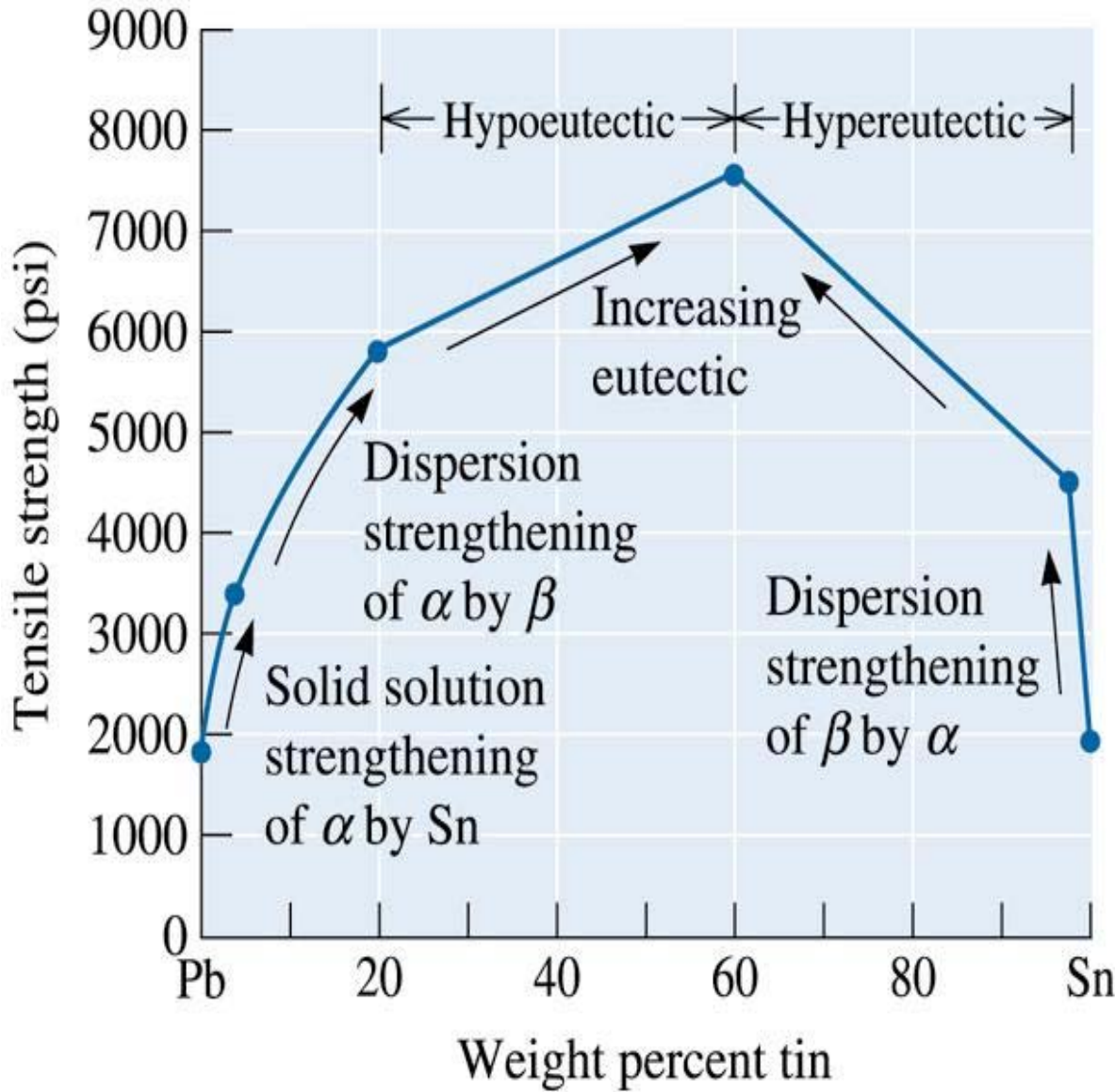
Tek tane oluşturmak için yönlenmiş katılaşma prosesini kullanacağız. Şekilde büyüme hızı verilmiştir.

Pb- %61.9 Sn alaşımı bir kalıpta ergitilecek kalıp fırından 0,00025 cm/s hız ile çıkarılacak kalıp fırından çıkarılırken su ile soğutulacaktır.

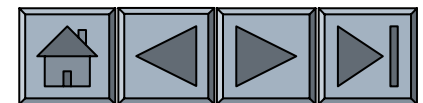


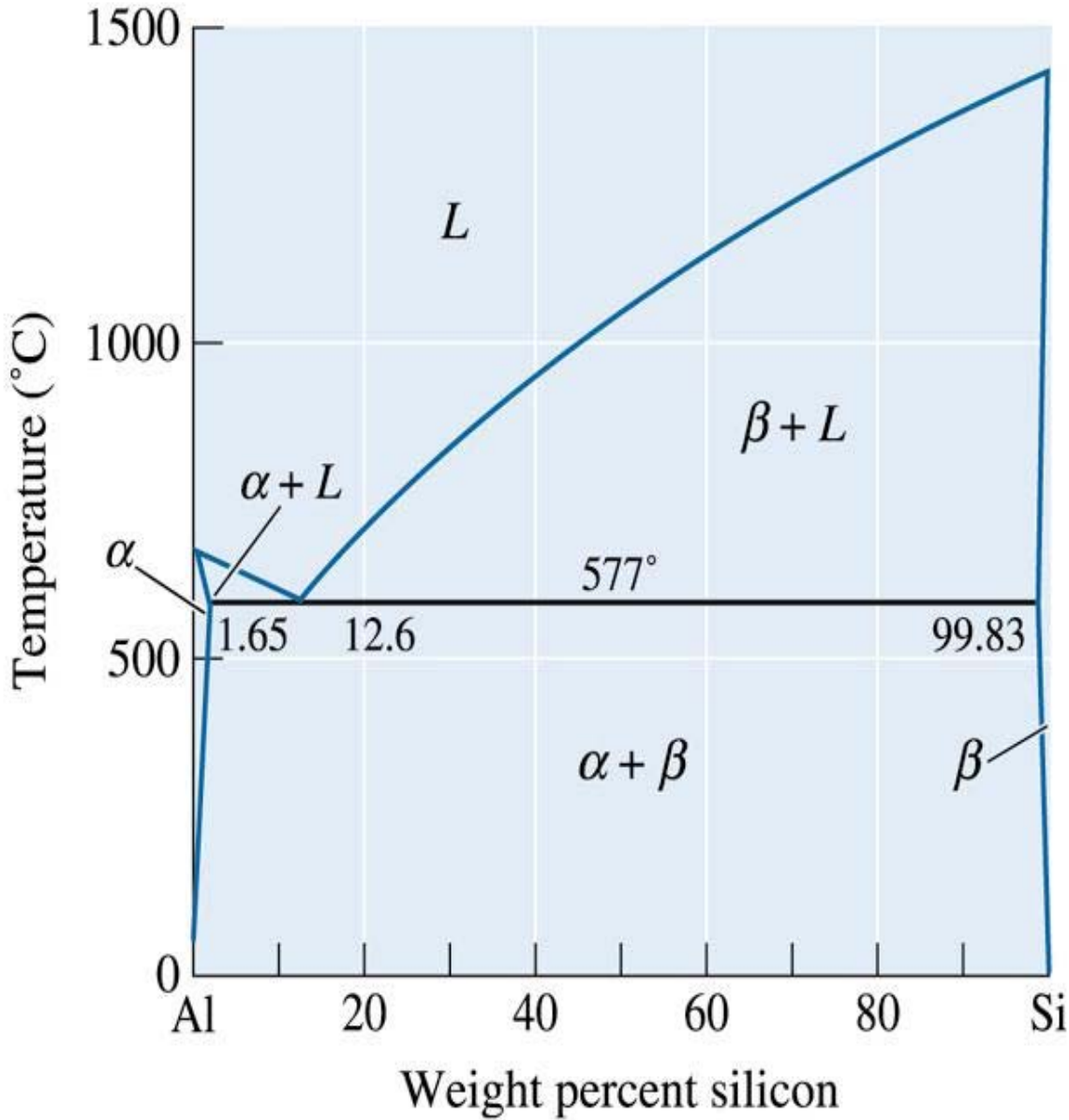


Pb-Sn ötektik alaşımının yönlenmiş katılaşması. (a) Metal fırında ergitilir (b) Kalıp fırından yavaşça çıkarılır ve soğutulur.

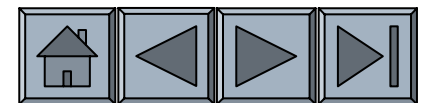


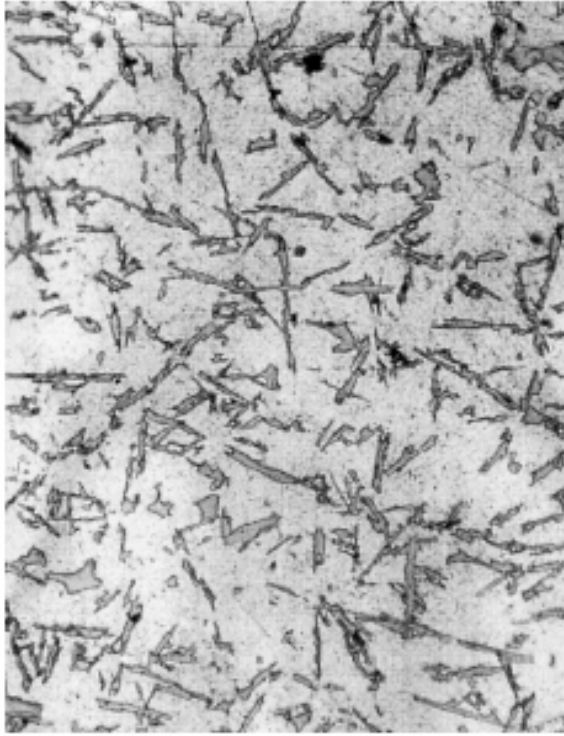
Kurşun -kalay alaşımlarında kompozisyon ve mukavemetlendirme mekanizmasının çekme mukavemetine etkisi.



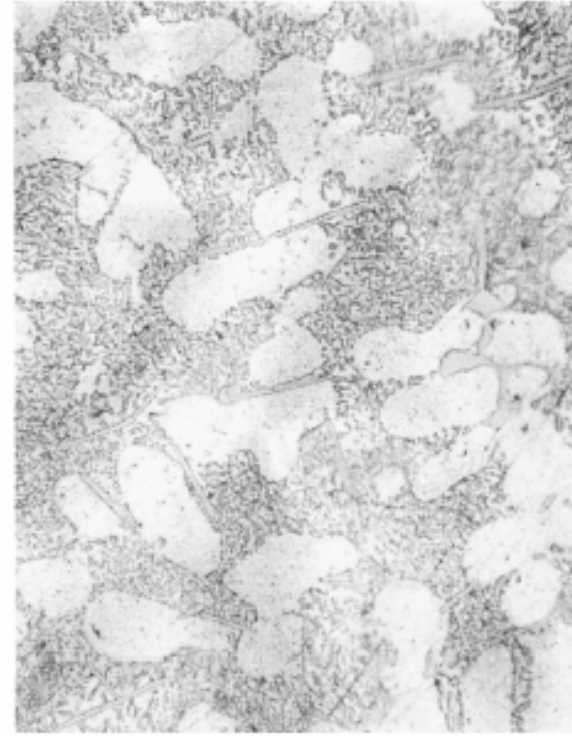


Al-Si faz diyagramı.



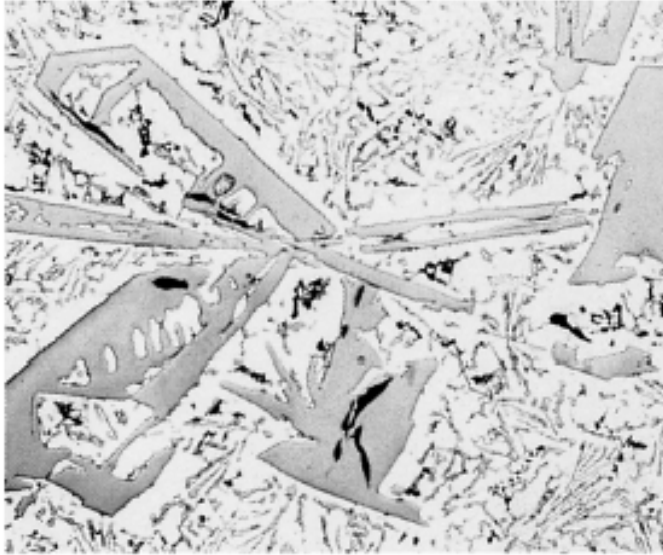


(a)

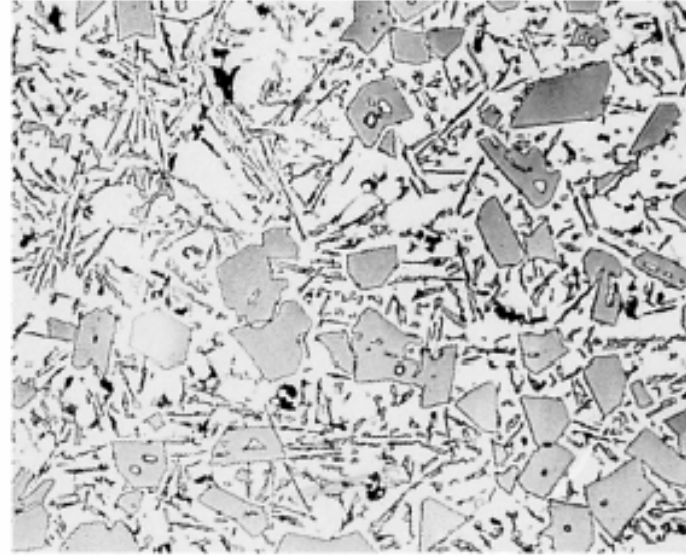


(b)

Tipik ötektik mikroyapıları (a) Al-Si ötektiğinde iğnesel silisyum plakaları (x100), ve (b) modifiye edilmiş alüminyum-silisyum ötektiğinde yuvarlanmış silisyum çubuklar (x100).



(a)



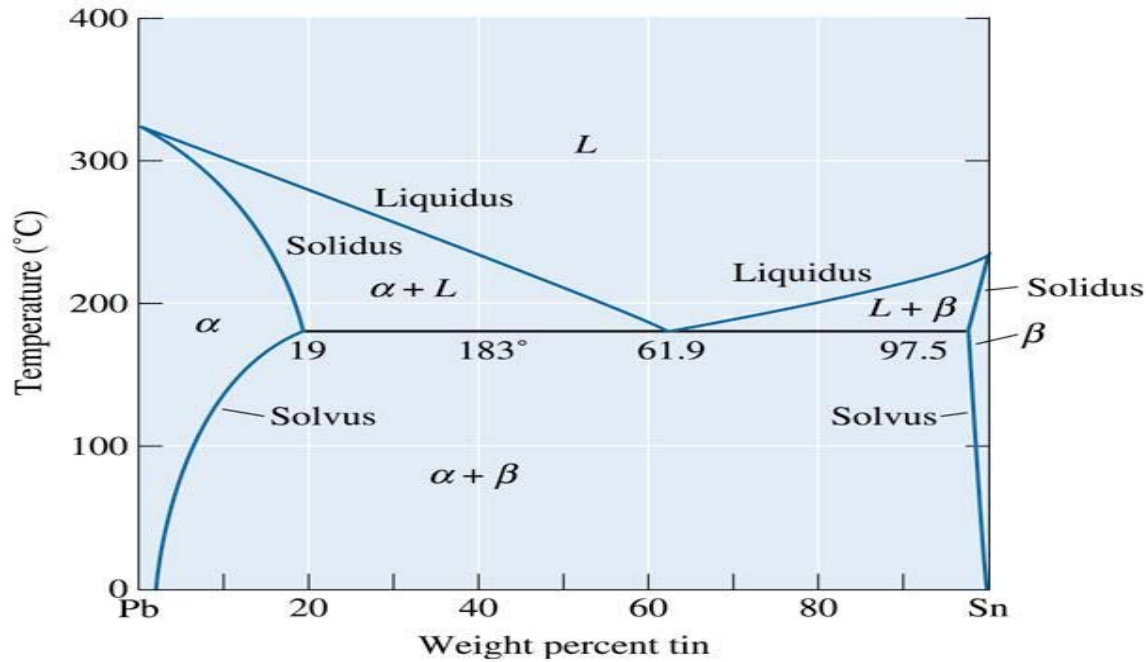
(b)

Hiperötektik Al-Si alaşım mikroyapısı üzerine fosfor ile yapılan sertleştirmenin etkisi. (a) Kaba primer silisyum ve (b) ince primer silisyum fosfor eklenmiş (x75). (From ASM Handbook, Vol. 7, (1972), ASM International, Materials Park, OH 44073.)

Örnek 10.8. Lehim Malzemesi Tasarımı

Metal üzerindeki girintileri tamir etmenin bir yolu bu girintiye yarı katı yarı sıvı malzemenin doldurulup üstünün sıyrılmasıdır. Bu yöntemde sıvı kısım daha sonra katılaştırılır ve girinti kapatılmış olur. Bu uygulamada, doldurulan malzemenin şu özelliklere sahip olması gereklidir: (1) Ergime sıcaklığı 230°C 'nin altında olması, (2) çekme gerilmesinin 6000 psi üstünde olması, (3) uygulama esnasında %60 ile %70% sıvı olması, ve (4) olabildiğince düşük fiyatlı olması.

Bu özellikleri içerecek alaşım ve tamirat prosedürü tasarlayınız?



(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, Inc. is a trademark used herein under license.

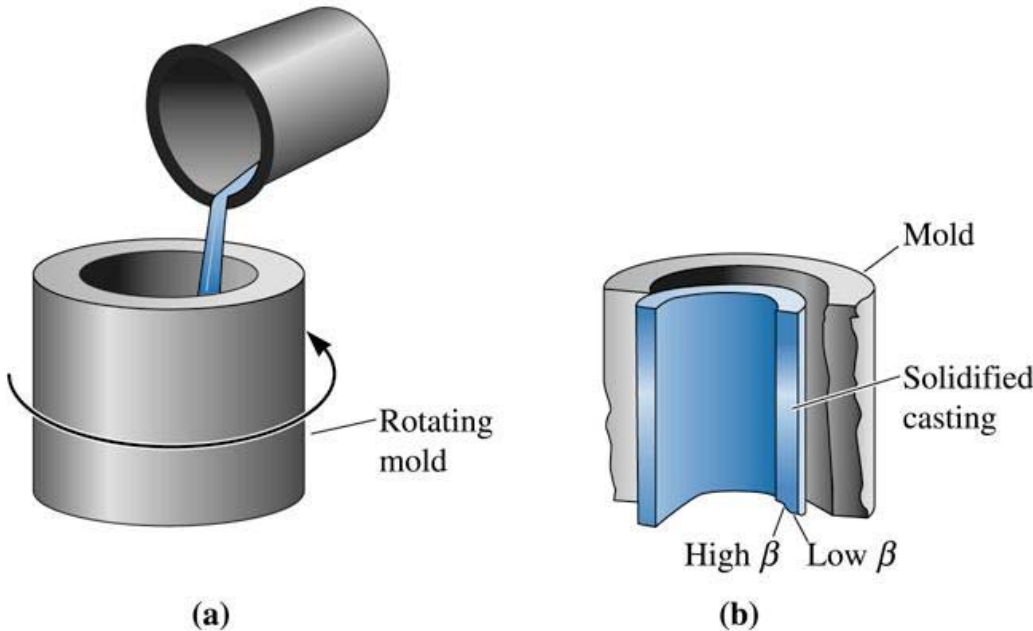
Kurşun-kalay denge faz diyagramı.

ÇÖZÜM

Bizim görüşümüz, Pb-%40 alaşımının kullanılması. 205°C'de %65 sıvı ve %35 primer α vardır.

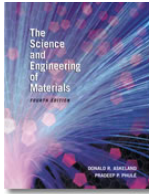
Örnek 10.9. Aşınma Dayanımlı Parçanın Tasarımı

Hafif, iç duvarlarında mükemmel aşınma dayanımına fakat parçanın tümünde belirli bir süneklik ve tokluğa sahip silindirik bir parça tasarlayınız? Bu parça otomobillerin silindirlerinde kullanılabilir.



Al-Si hiperötektik alaşımının santrifüj dökümü. (a) Sıvı alaşım dönen kalıp içine dökülür. (b) katılaşmış döküm iç çapta hiperötektik ve dış çapta ötektiktir.

(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.



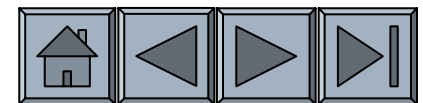
ÇÖZÜM

β içeren hiperötektik Al-Si alaşımını aşınma direnci sağlayabilir ve çeliğin üçte biri daha hafiftir.

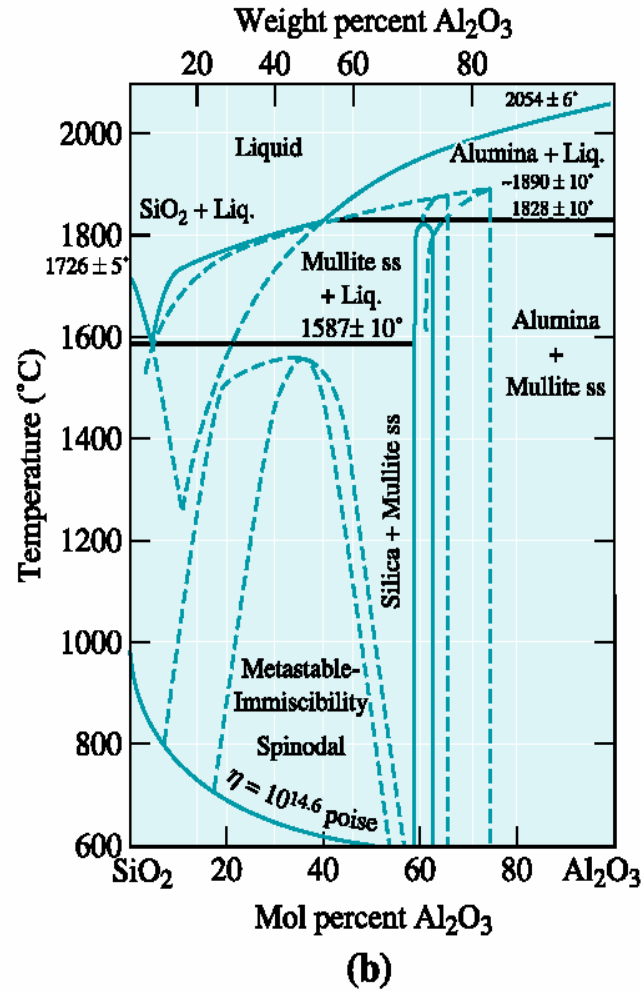
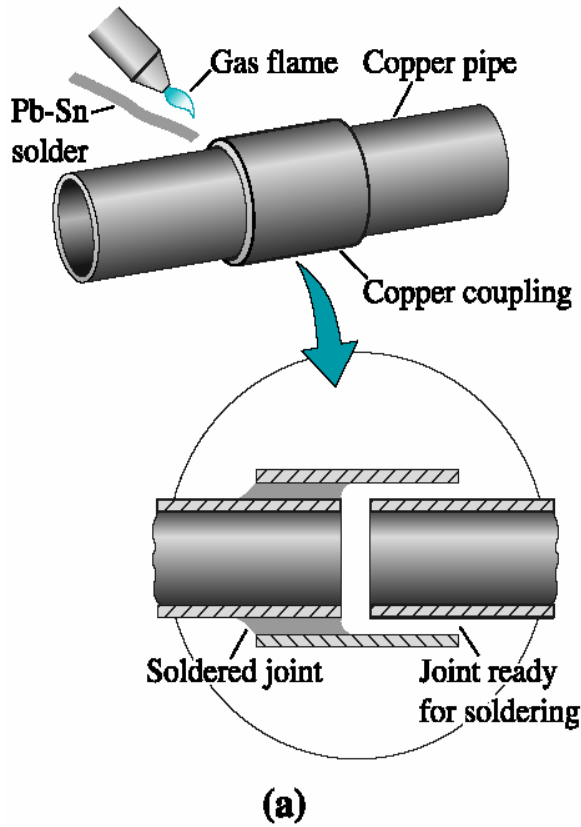
Parçalar santrifüj döküm ile şekillendirilecek.

Bu iş için kullanılacak tipik alaşım Al-%17'dir. Toplam primer β 578°C'de, ötektik sıcaklığın hemen üstü sıcaklıkta:

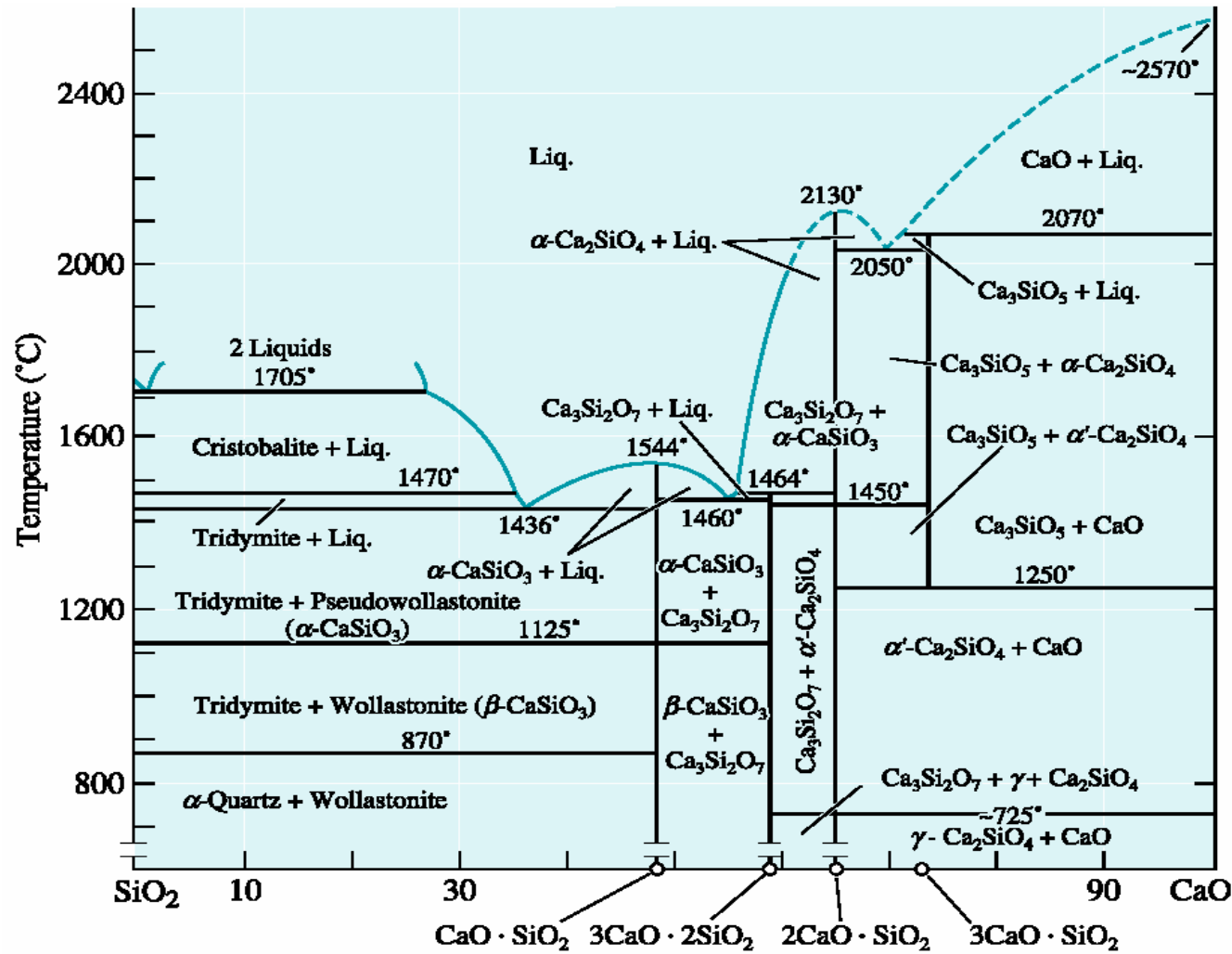
$$\% \text{ Primary } \beta = \frac{17 - 12.6}{99.83 - 12.6} \times 100 = 5.0\%$$



Bölüm 10.6 Ötektikler ve Malzeme İmalatı



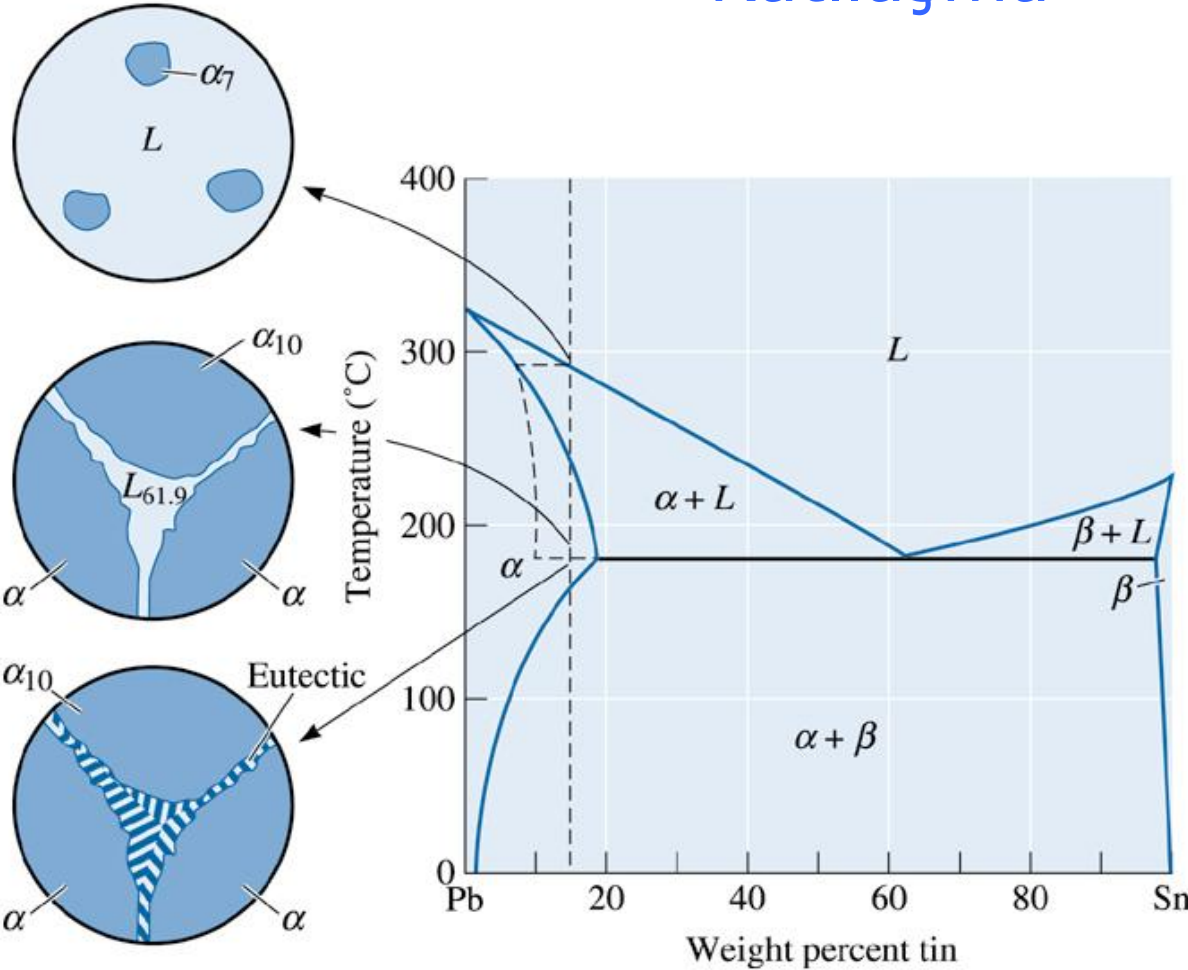
Şekil. (a) Pb-Sn ötektik alaşımı genelde parçaların lehimlenmesinde kullanılır. Isı kaynağı gaz alevi, parçaları ve dolgu malzemeyi ısıtır. Dolgu malzemesi birleşim bölgelerine çekilir ve katılaşır. (b) Al_2O_3 - SiO_2 'nin faz diyagramı (Introduction to Phase Equilibria in Ceramics, by Bergeron, C.G. and Risbud, S.H., The American Ceramic Society, Inc., 1984, p.44.)



(c)

(c) CaO-SiO₂ sistemi faz diyagramı. (Introduction to Phase Equilibria, by C.G. Bergeron and S.H. Risbud, pp. 44 and 45, Figs. 3-36 and 3-37. Copyright © 1984 American Ceramic Society.)

Bölüm 10.7 Ötektik Sistemlerde Dengesiz Katılma



Pb-%15Sn alaşım mikroyapısı ve dengesiz katılma.

Soğuma çok hızlı ise dengesiz ötektik mikroyapılar da oluşabilir.

Ötektik Sistemde Dengesiz Katılma

Dengesiz ötektik bulunması;

Alaşımın sıcak yırtılmasına denge ergime noktasının altındaki sıcaklıklarda ergimesine neden olabilir.

Bölüm 10.8. Üçlü Faz Diyagramları

- **Üçlü alaşım** – Üç element veya bileşenden oluşan alaşım.
- **Üçlü faz diyagramı** – Üç bileşen arasındaki fazları ve değişik sıcaklıklardaki kompozisyonlarını gösteren faz diyagramlarıdır. Bu diyagram üç boyutlu grafik veya üç boyutlu diyagramın iki boyutlu izotermal bölümünü içerir.

Üçlü Faz Diyagramları

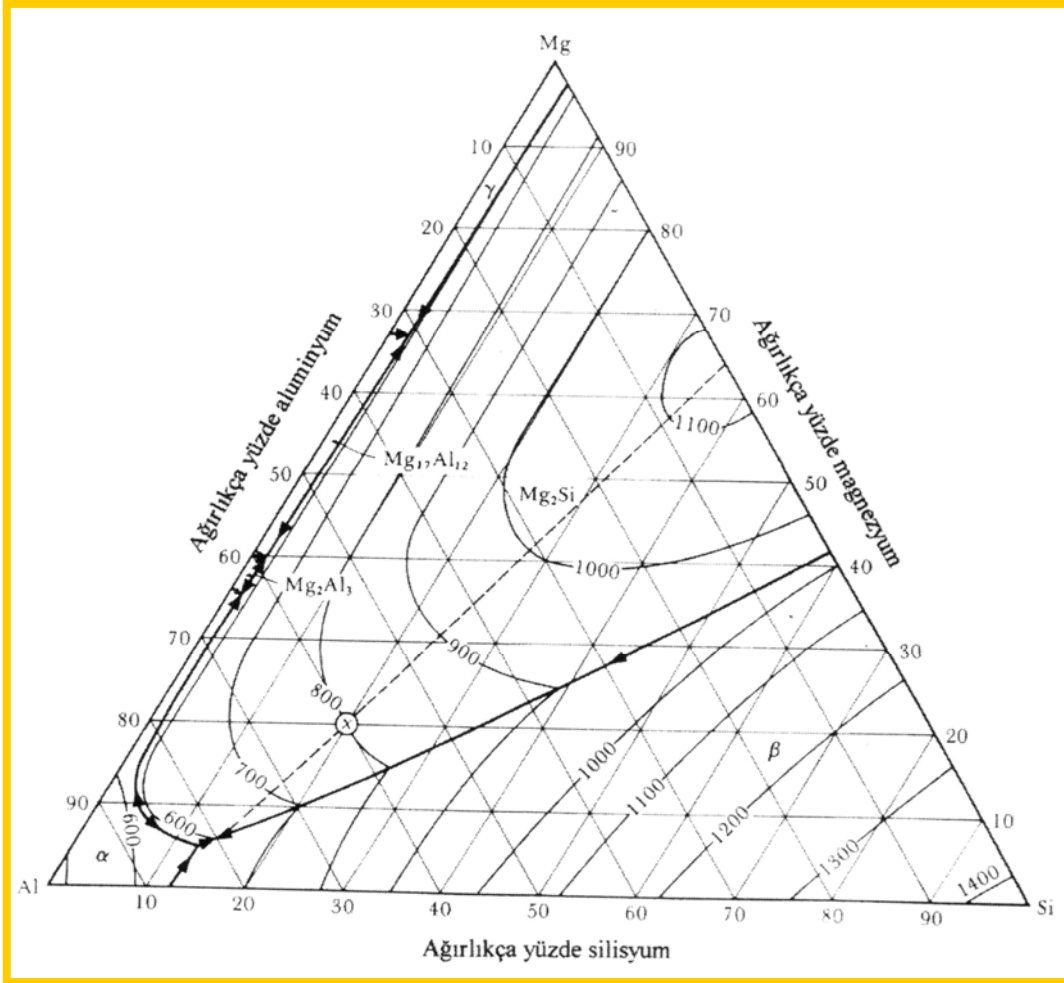
Sistemde üç element bulunduğunda üçlü alaşım oluşur.

Üç farklı teknik ile

- Likidüs
- İzotermal
- İzopleit

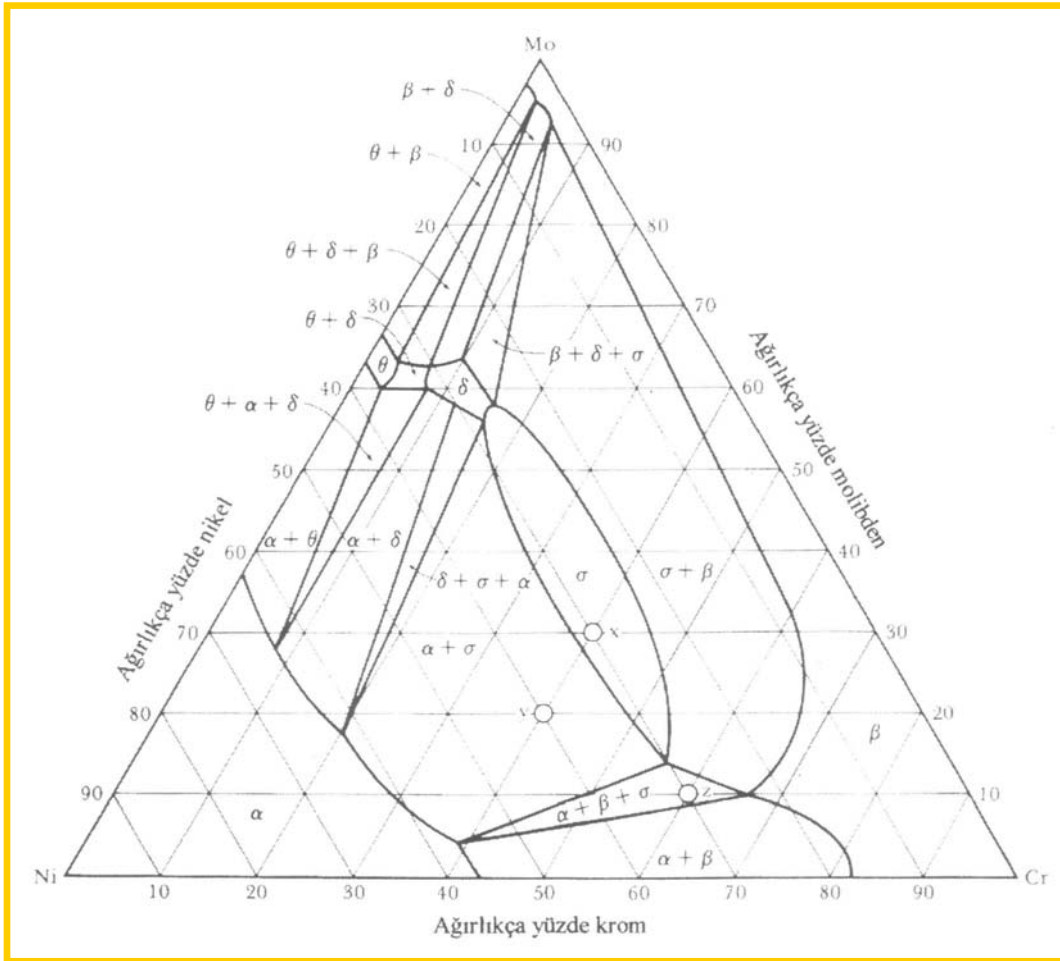
çizimler ile iki boyuttaki üçlü diyagramlarda bilgi edilebilir.

Likidüs Çizimi



Alaşımın katılaşma sıcaklığını belirlemek için faydalıdır.

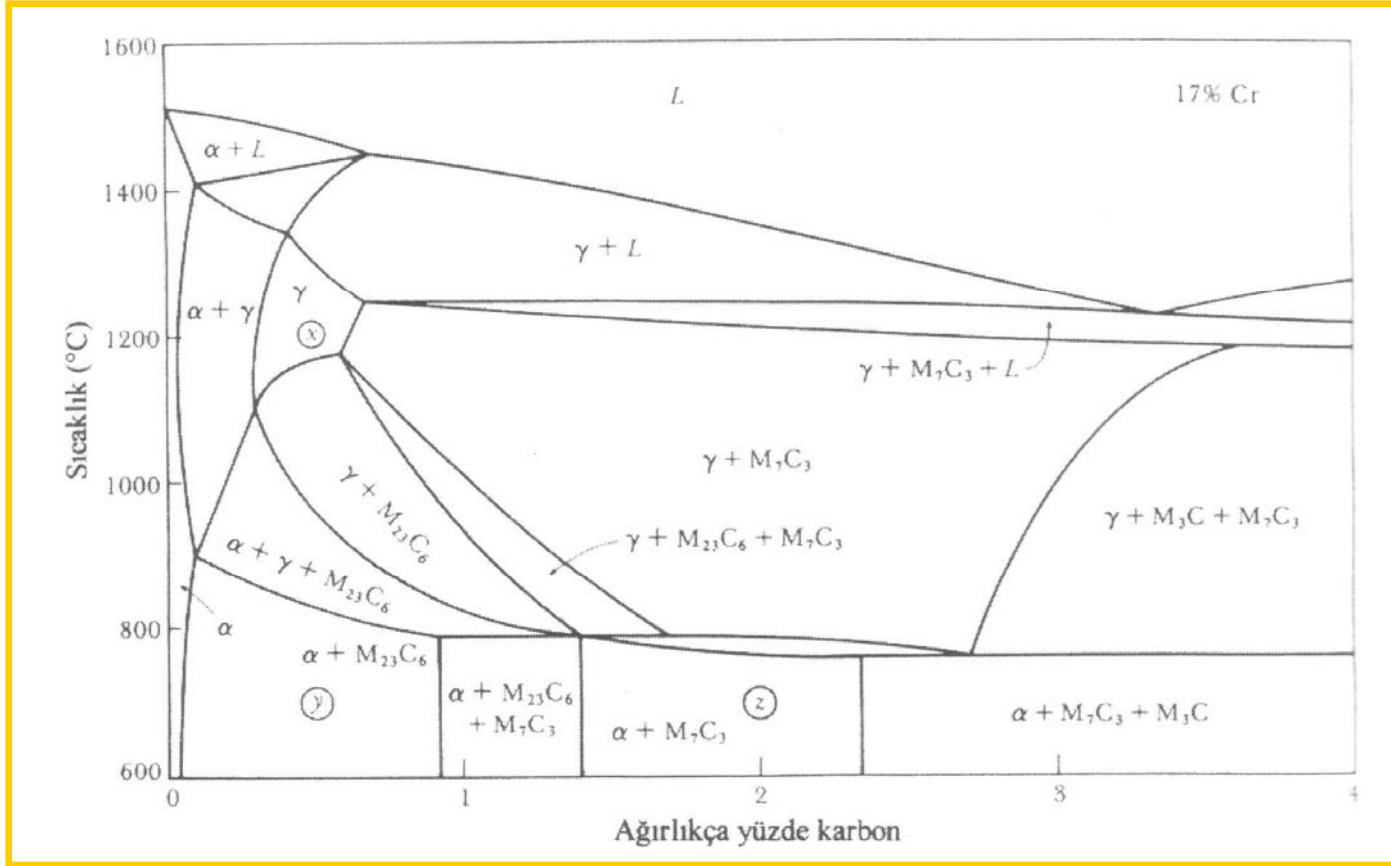
Sabit Sıcaklık (İzotermal) Çizimi



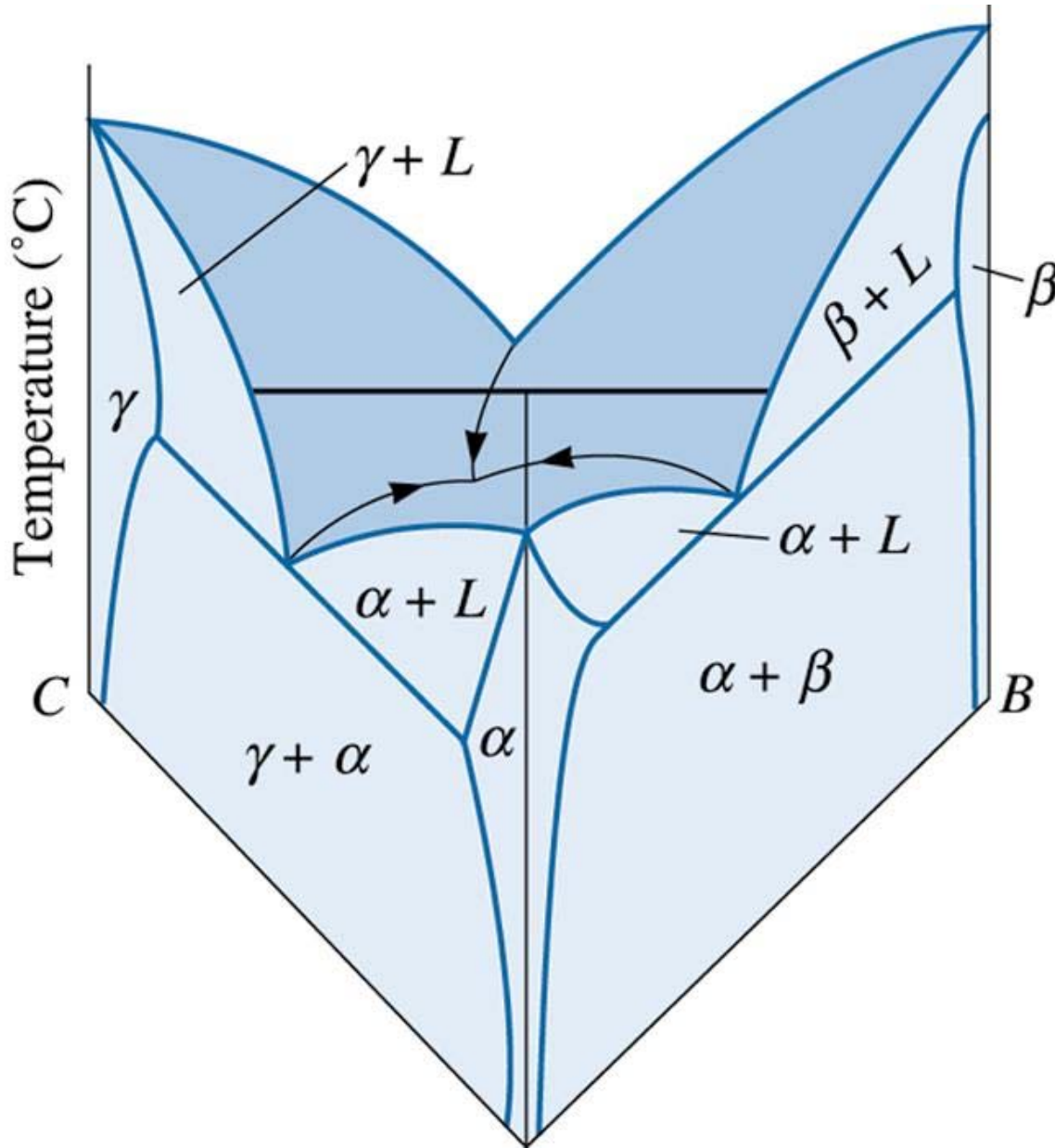
Belirli bir sıcaklıkta alaşımda bulunan fazları gösterir.

Bu sıcaklıktaki fazların miktarlarını ve kompozisyonlarını belirlemede kullanılır.

İzopleit Çizim



Belirli alaşım grupları gösterilebilir. Sıcaklık ve 2 elementin miktarları ayrı ayrı değiştiğinde faz ve yapıların nasıl değiştiğini gösterir.



Hipotetik üçlü faz diyagramı. Üç yüzeyde de ikili diyagramlar mevcuttur.



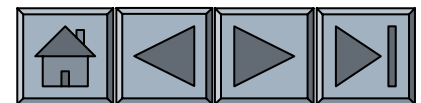
Örnek 10.10. Üçlü Faz Diyagramlarında Likidüsün Belirlenmesi

Diğer sayfadaki şekilleri kullanarak likidüs sıcaklıklarını belirleyiniz. Katılma esnasında ilk fazı ve oda sıcaklığında aşağıda verilen fazları belirleyiniz?

x : %10 B , %10 C , kalan A

y : %10 B , %60 C , kalan A

z : %40 B , %40 C , kalan A



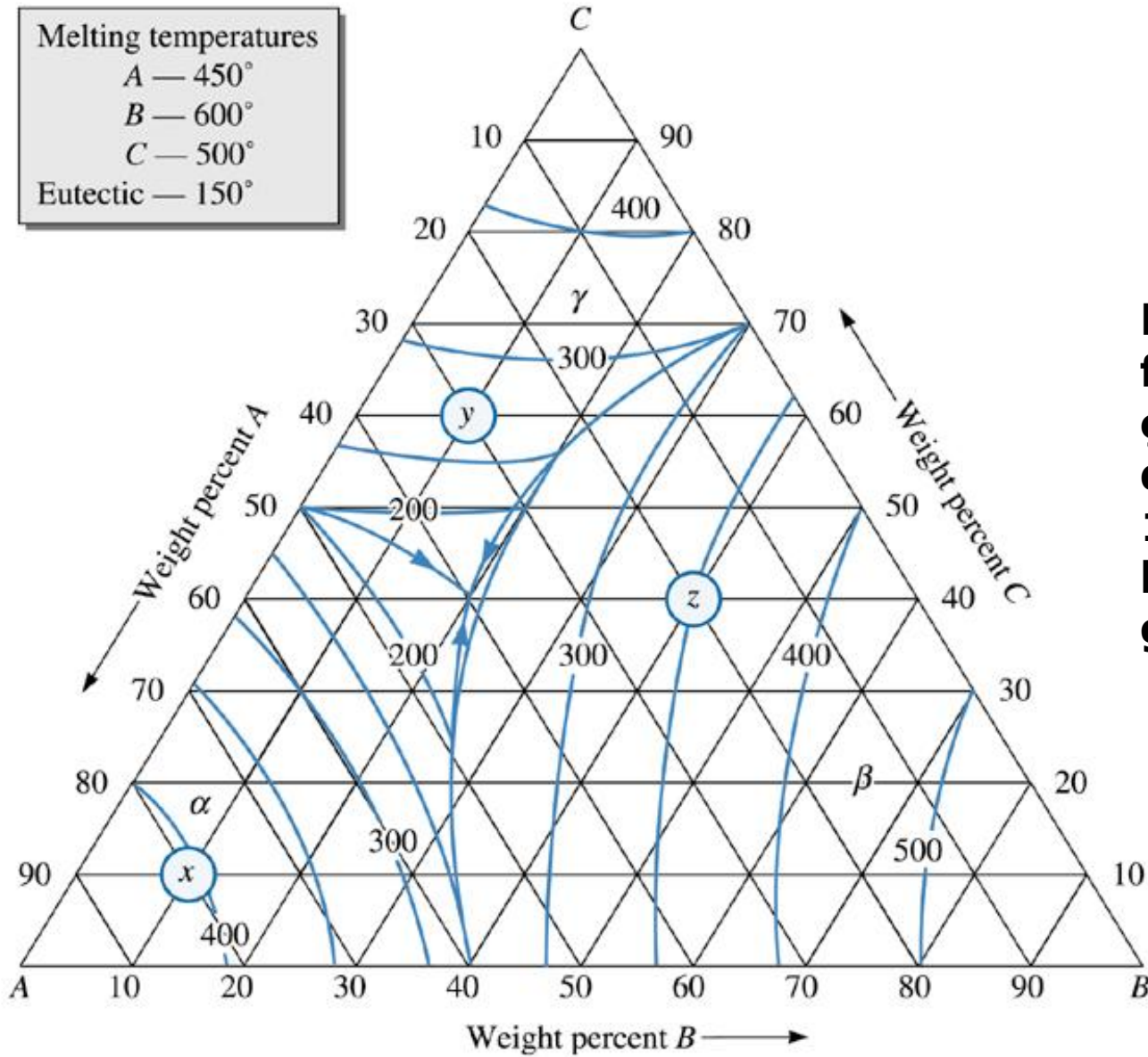
Melting temperatures

A — 450°

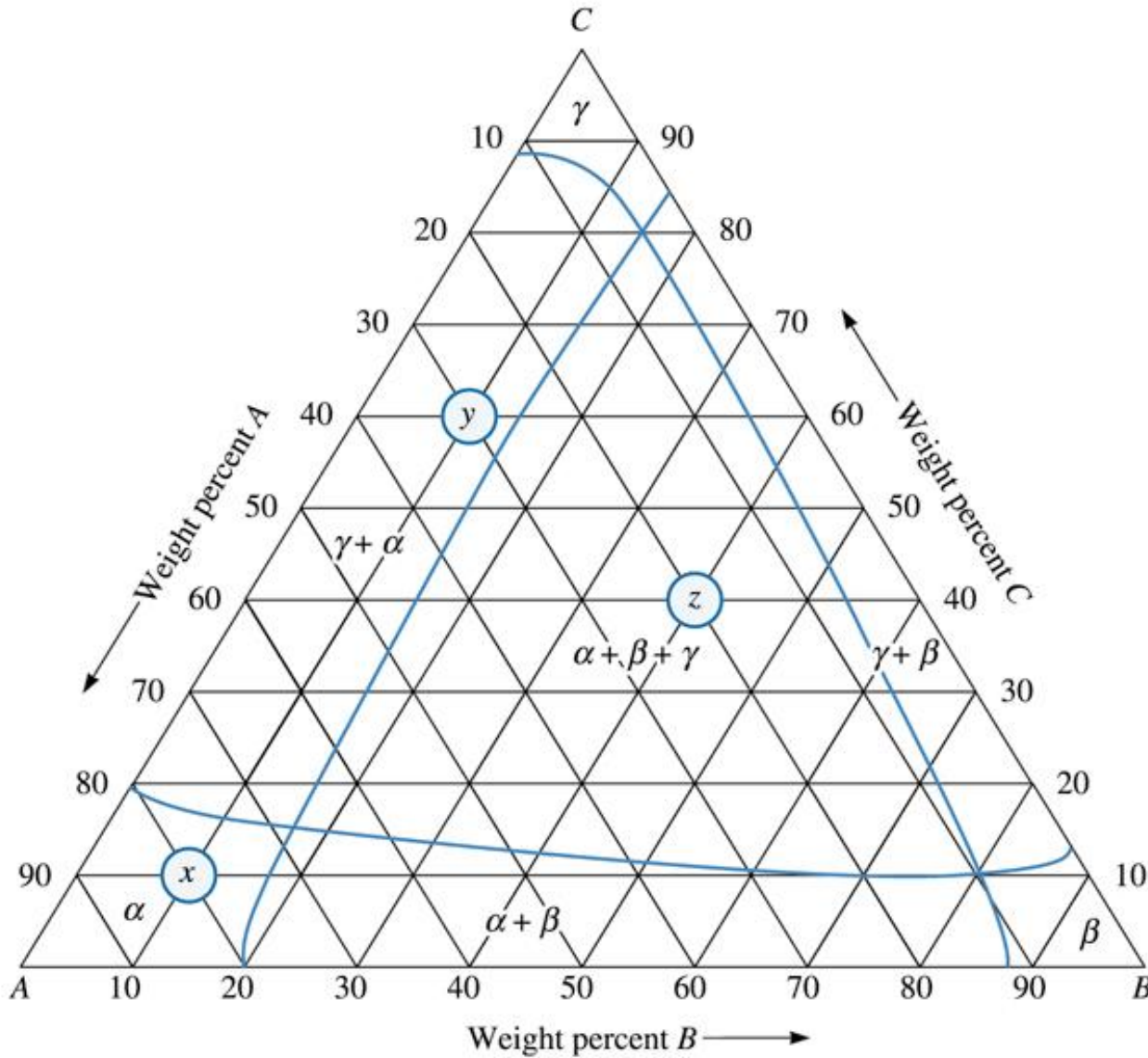
B — 600°

C — 500°

Eutectic — 150°



Hipotektik üçlü fazın likidüs çizgisi. x, y, z daireleri Örnek 10.10'da istenen kompozisyonları gösterir.



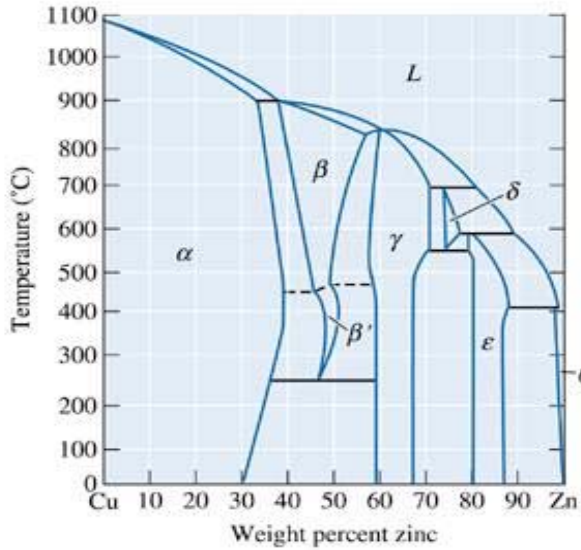
Örnek 10.10'da tartışılan $x, y,$ ve z için değişik kompozisyonlar.

ÇÖZÜM

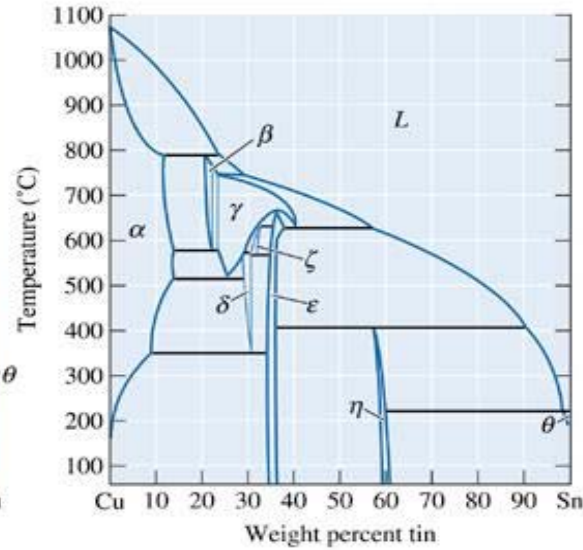
x kompozisyonu için en yakın izoterm likidüs sıcaklığını gösterir: 400°C . İlk faz α . Sonuç yapı α .

y için: izoterm interpolate edildiğinde likidüs sıcaklığı 270°C . İlk faz γ , oda sıcaklığında α ve γ .

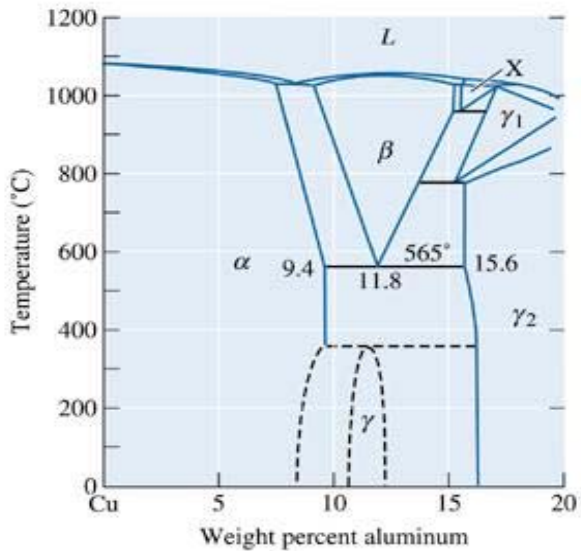
z için; likidüs sıcaklığı 350°C , ilk faz β . Oda sıcaklığında α , β , ve γ .



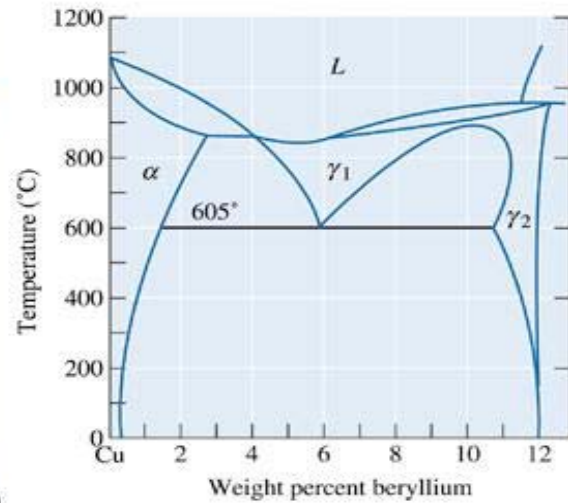
(a)



(b)

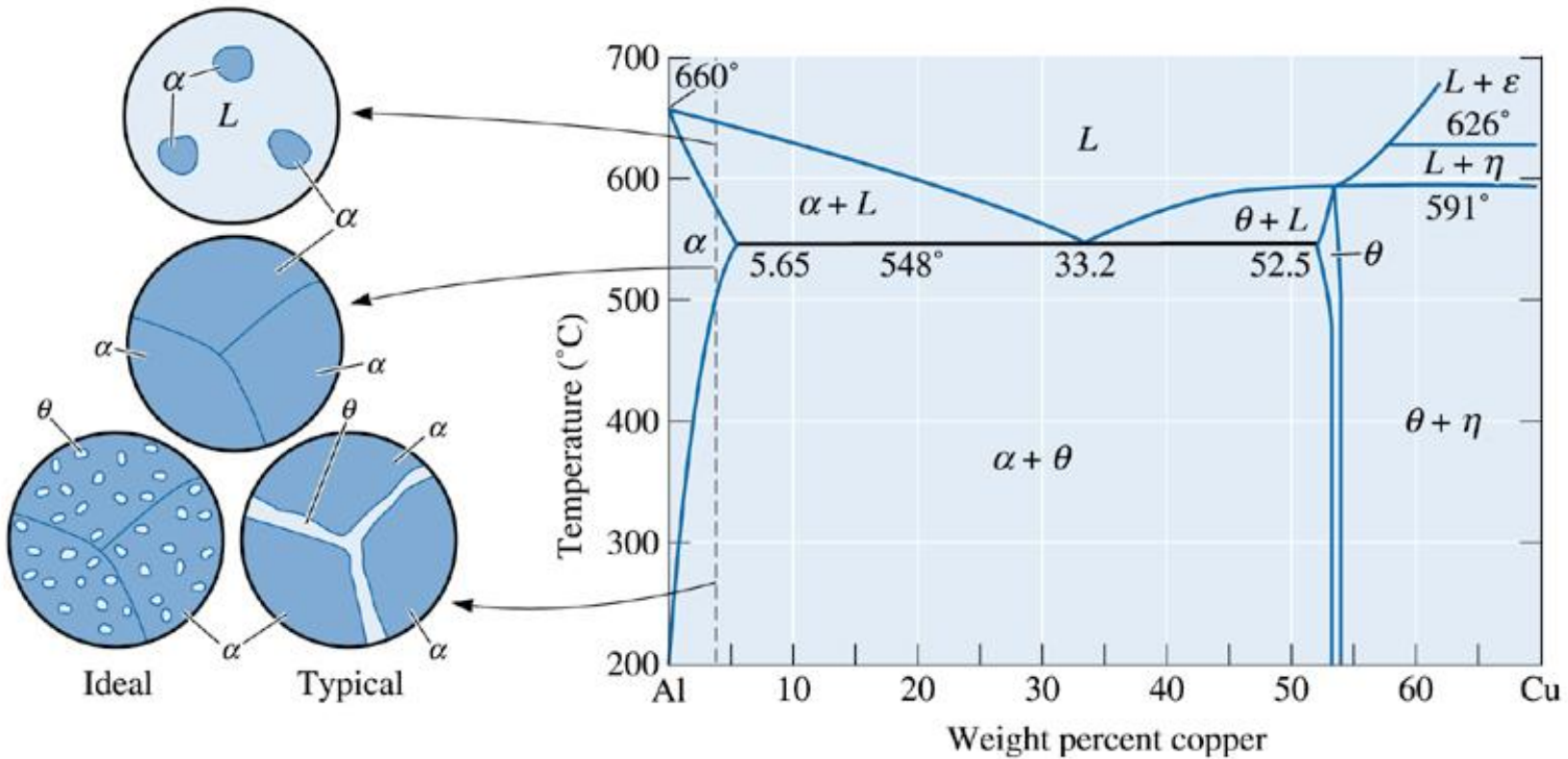


(c)



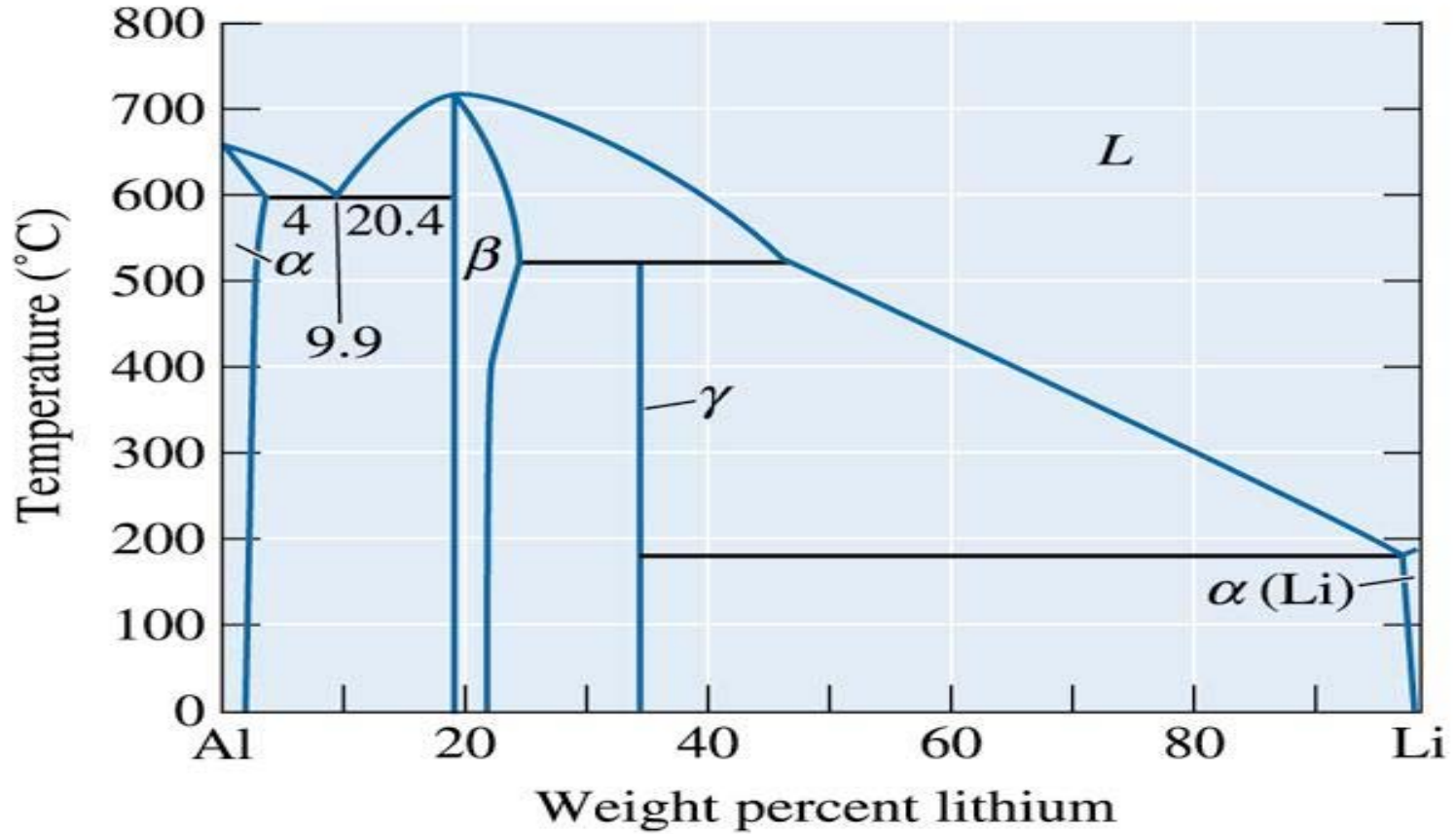
(d)

İkili faz diyagramları (a) Cu-Zn, (b) Cu-Sn, (c) Cu-Al, ve (d) Cu-Be



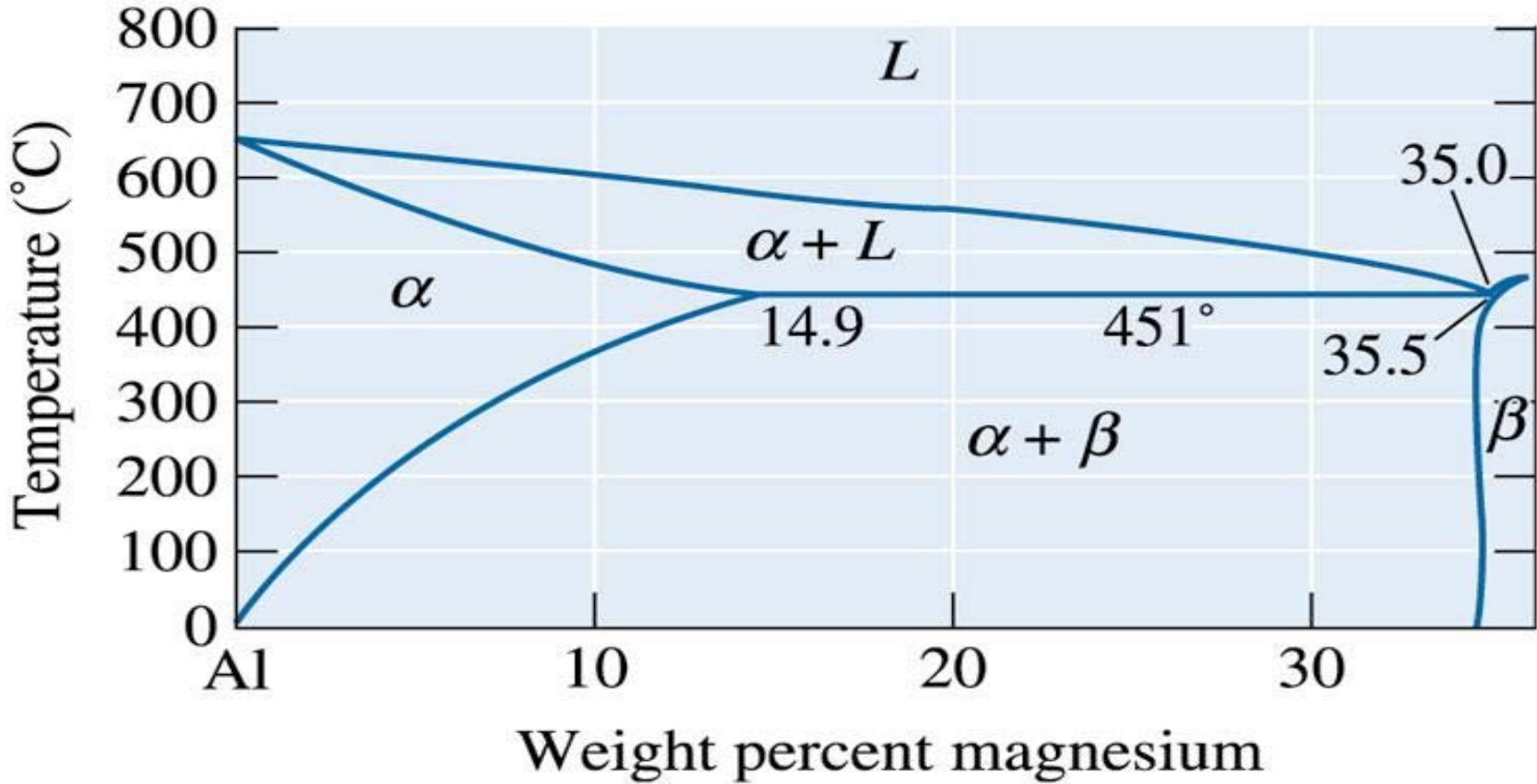
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning,™ is a trademark used herein under license.

Al-Cu faz diyagramı Al-%4Cu alaşımı için mikroyapı gelişimi.



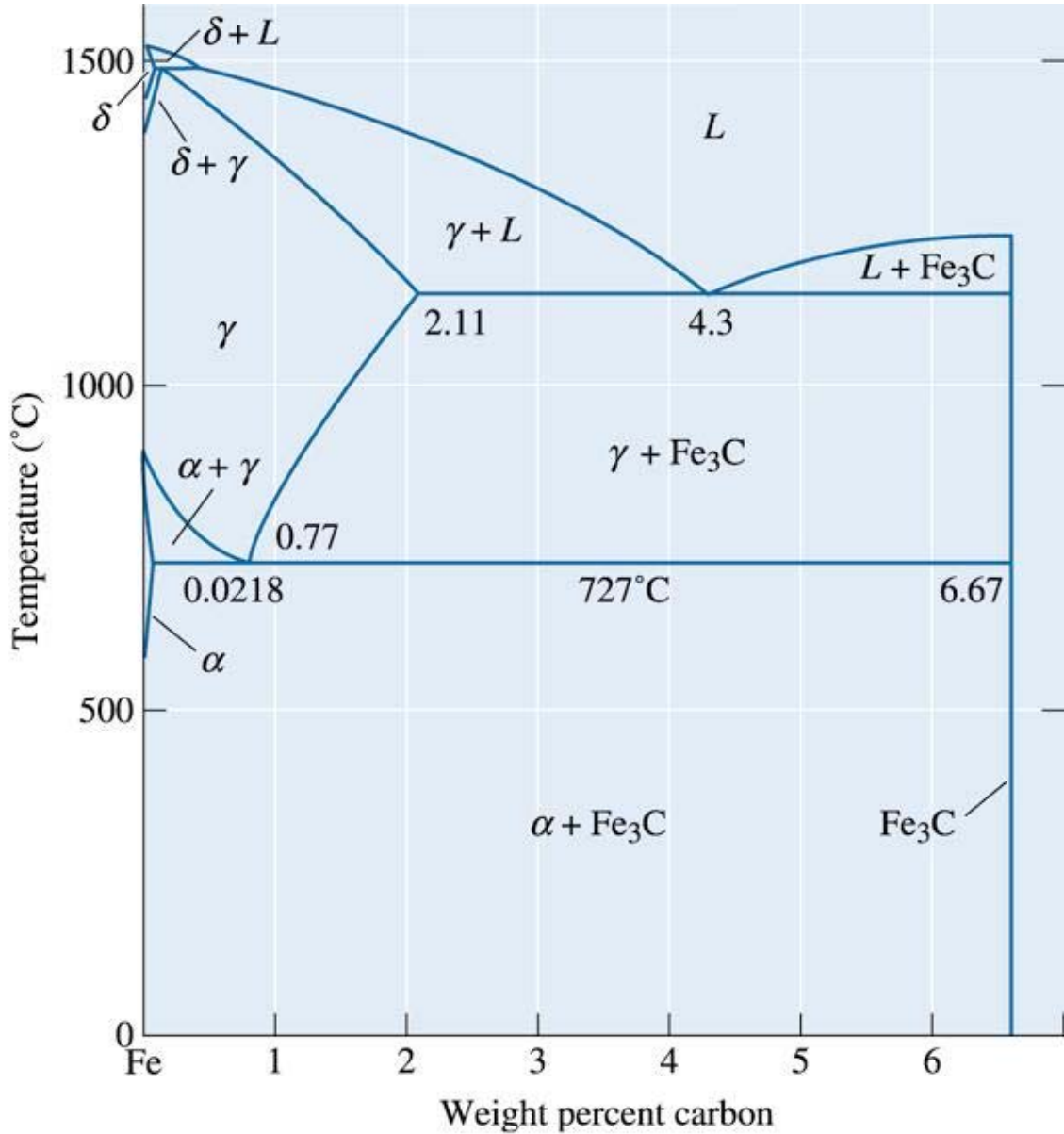
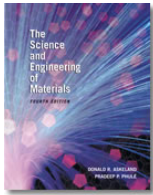
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Al-Li faz diyagramı

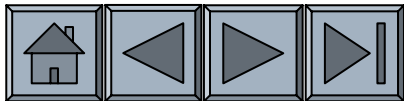


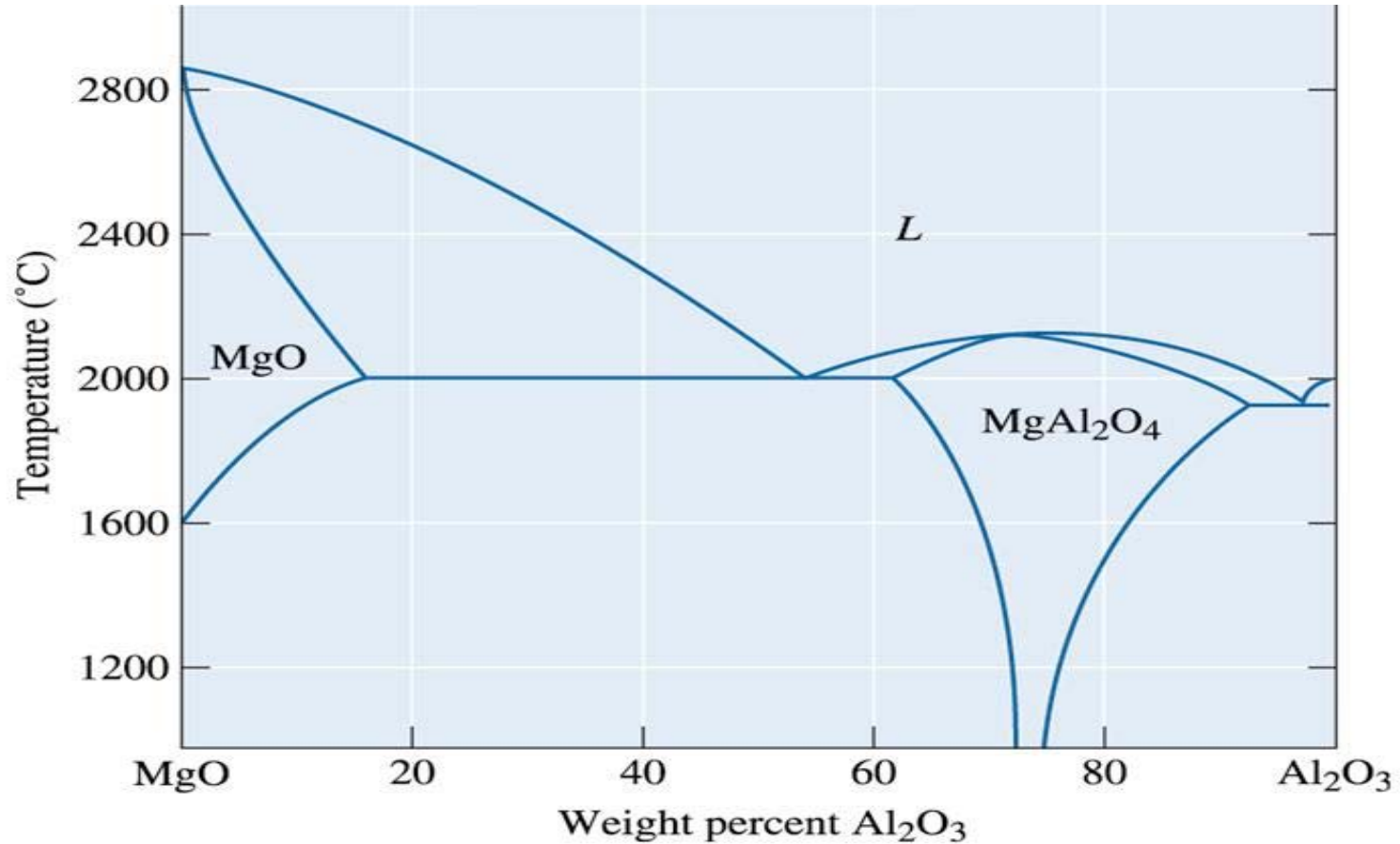
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Al-Mg faz diyagramı.



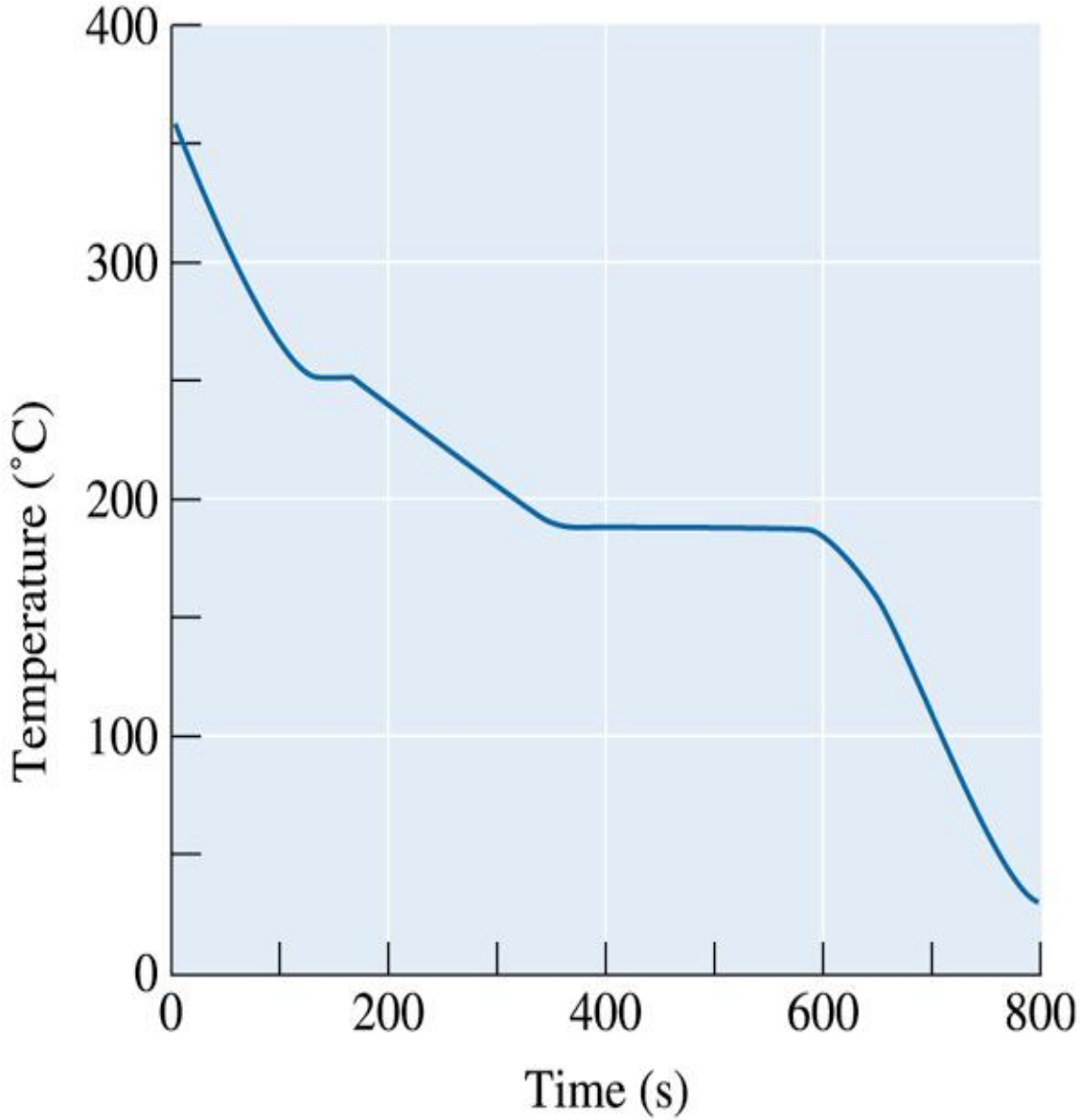
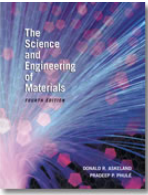
Fe-Fe₃C faz diyagramının bir bölümü.



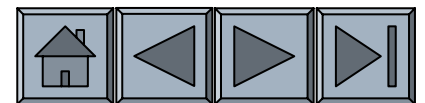


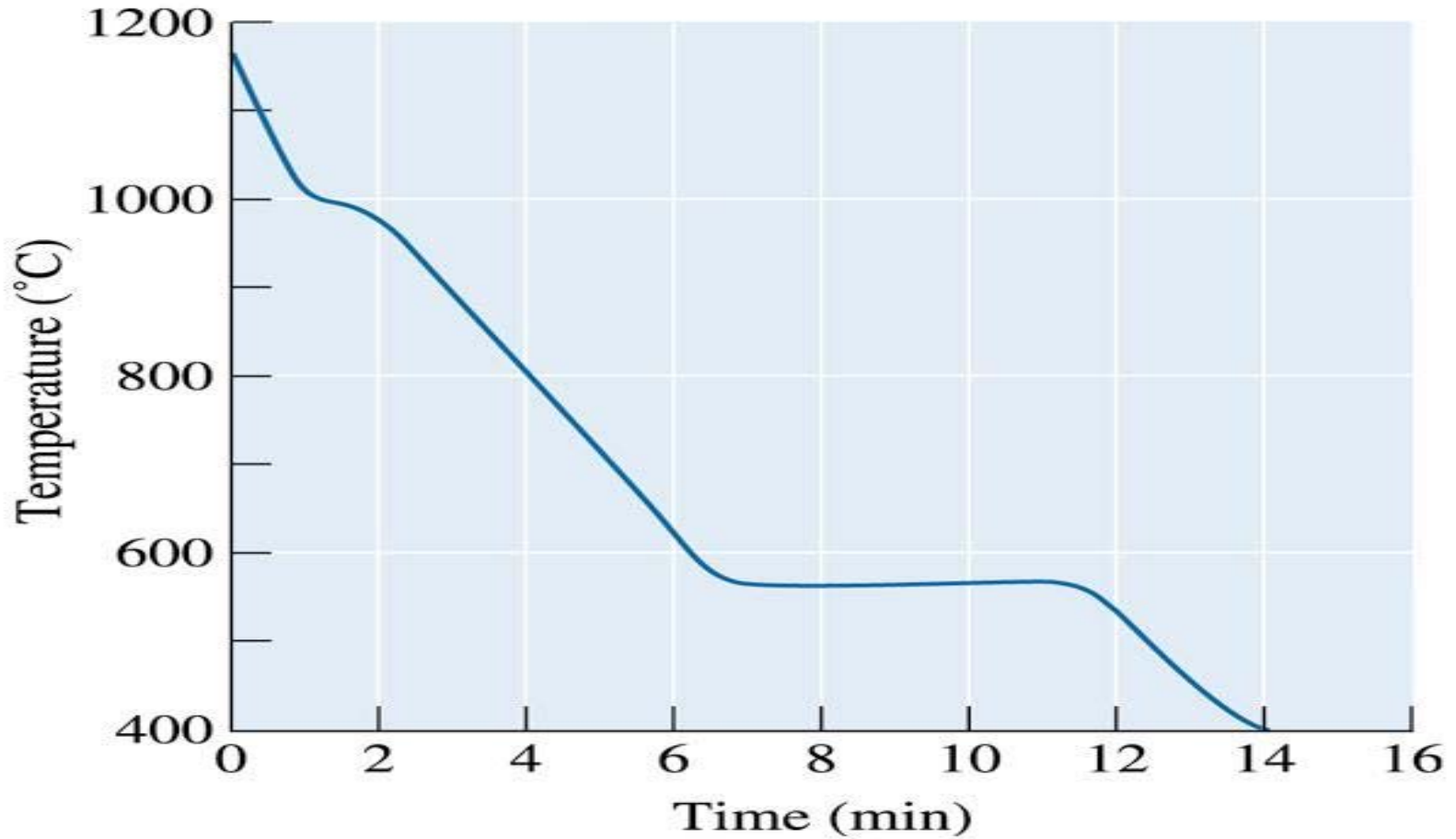
(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

MgO-Al₂O₃ faz diyagramı, sınırlı katı eriyik ve MgAl₂O₄ veya spinelini gösteriyor.



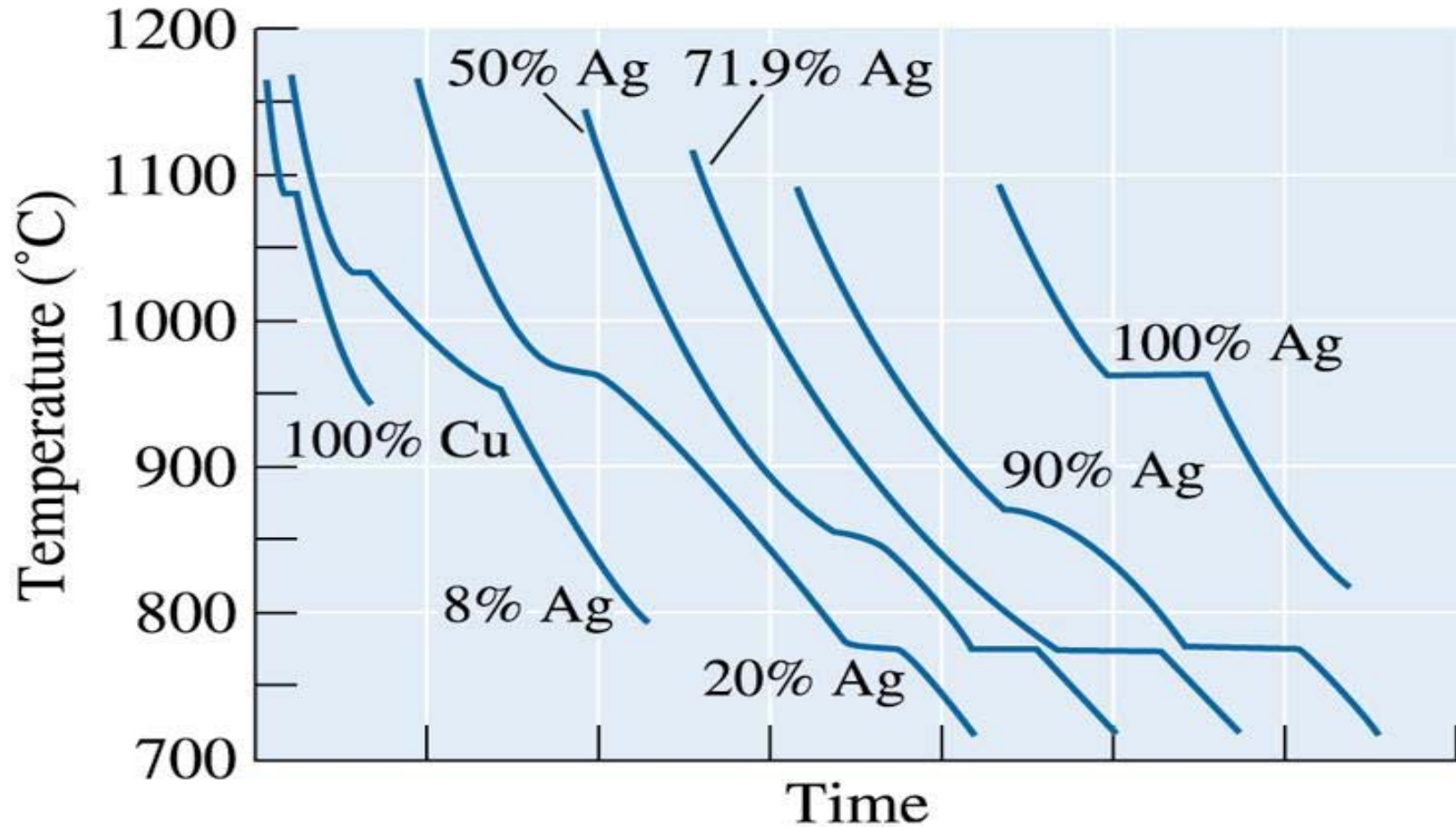
Pb-Sn'nin soğuma eğrisi.





(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning_® is a trademark used herein under license.

Al-Si alaşımı için soğuma eğrisi



(c)2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning[™] is a trademark used herein under license.

Cu-Ag alaşımının soğuma eğrisi