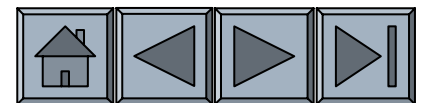




# MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ

---

## Bölüm 9 – Katı Çözeltiler ve Faz Diyagramları



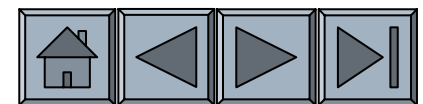
## Hedefler

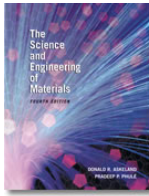
- Maddenin yapısı ile ilgili fiziksel kavramları tanımlamak,
- Mühendislik malzemelerinin özellikleri ile bağlar-atomların yapısı arasındaki ilişkiyi incelemek,
- Yapıların değişik seviyeleri hakkında bilgi sahibi olmak, ör: atom yapısı, nanoyapı, mikroyapı ve makroyapı.



# İçerik

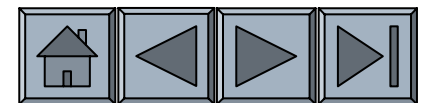
- 9.1 Fazlar ve faz diyagramları
- 9.2 Çözünürlük ve katı çözeltiler
- 9.3 Limitsiz katı çözeltiler için koşullar
- 9.4 Katı çözelti mukavemetlendirme
- 9.5 İzomorfoz faz diyagramları
- 9.6 Özellikler ve faz diyagramları arasındaki ilişkiler
- 9.7 Katı çözelti alaşımların katılaşması
- 9.8 Dengesiz katılaşma ve segregasyon





## Bölüm 9.1 Fazlar ve Faz Diyagramları

- **Faz** – Sistemin herhangi bir kısmı, sistemin tümünü de içerebilir, bu kısım kendi içinde fiziksel olarak homojen ve bir yüzey ile bağlıdır ki diğer kısımlardan mekanik olarak ayrılabilin.
- **Gibbs faz kuralı** – Serbestlik derecesinin sayısını tanımlar veya fazın sıcaklık ve kompozisyonunu belirlemek için değişken sayılarını sabitleyen ( $2+C=F+P$  basınç ve sıcaklık değişebilir,  $1+C=F+P$  basınç veya sıcaklık sabit),
- **F-S diyagramı** – Değişik sıcaklık ve basınç koşullarında fazların termodinamik kararlılığını tanımlar. (tekli faz diyagramları gibi).



- ❑ Malzemelerin mekanik özellikleri özellikle arayer ve yeralan atomlarının oluşturduğu nokta hatalarının ilavesi ile kontrol edilebilir.
- ❑ Nokta hataları, kafes içerisindeki atom diziliş düzenini bozar, dislokasyonların hareketleri veya kayma ile kesişir.
- ❑ Nokta hataları malzemelerin katı eriyik mukavemetlenmesine neden olur.

Faz Diyagramları  
ile  
belirlenmektedir.

□ Nokta hatalarının katılması malzemenin kimyasal bileşimini değiştirir ve katılma davranışlarını etkiler.

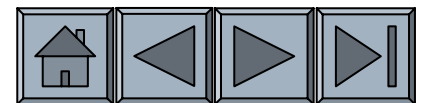
# Fazlar, Erime ve Eriyebilirlik

- ❑ Tek Fazlı Alaşımlar
- ❑ Çok Fazlı Alaşımlar



# Faz Özellikleri

- ❑ Bir fazın her yerinde yapı ve atomik diziliş aynıdır.
- ❑ Bir faz kabaca her yerinde aynı kimyasal bileşim ve özelliklere sahiptir.
- ❑ Bitişik veya civar fazlar arasında kesin bir arayüzey vardır.



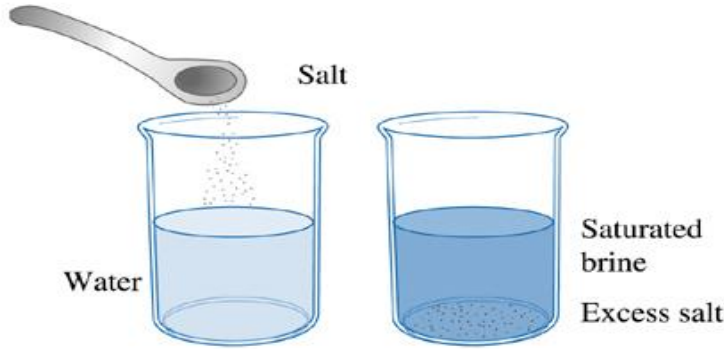




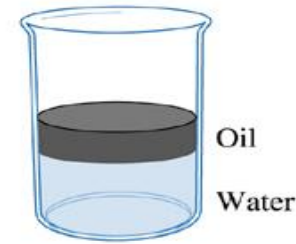
(a)



(b)



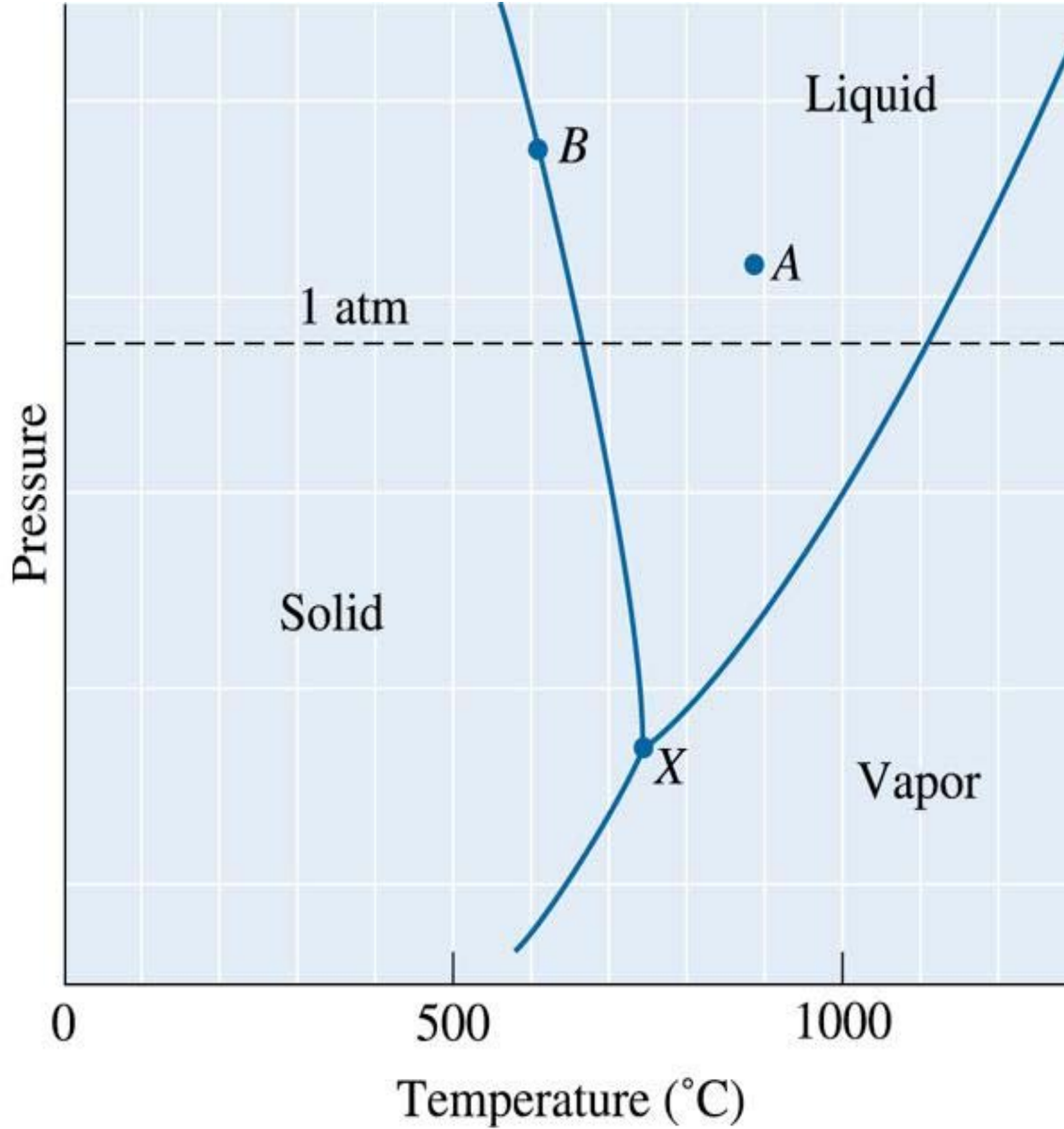
(c)



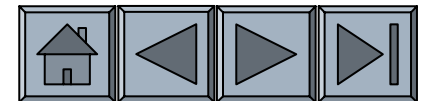
(d)

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

**Fazların ve çözünürlüğün gösterimi (a) Suyun üç hali – gaz, sıvı, ve katı – her biri bir faz. (b) Su ve alkol limitsiz çözünürlüğe sahiptir. (c) Tuz ve su limitli çözünürlüğe sahiptir. (d) Yağ ve su hiçbir çözünürlüğü yoktur.**



**Magnezyumun tekli faz diyagramı 1 atm basınçta ergime ve kaynama sıcaklıklarını göstermektedir.**



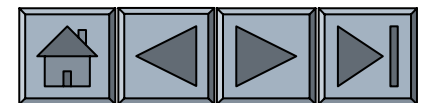


# Örnek 9.1. Uzay Aracı Bileşenlerinin Tasarımı

Magnezyum düşük yoğunluğa sahip bir malzemedir. ( $\rho_{Mg} = 1.738 \text{ g/cm}^3$ ), bu yüzden uzay araçlarında kullanılması önerilmektedir. Bu fikrin iyi bir fikir olup olmadığını tartışınız.

## ÇÖZÜM

- Uzayda basınç düşüktür. Çok düşük sıcaklıklarda dahi katı magnezyum buharlaşabilmekte ve uzay aracına zarar verecek metal kayıplarına sebep olmaktadır.
- Yüksek kaynama noktasına sahip düşük yoğunluk malzemesi uygundur.
- Diğer faktörler:Yük taşıyıcı elemanlarda sadece yoğunluk değil aynı zamanda rölatif mukavemette göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden, elastik modül/yoğunluk veya akma mukavemeti/yoğunluk oranı değişik malzemelerin karşılaştırılmasında daha iyi bir parametre olabilir.

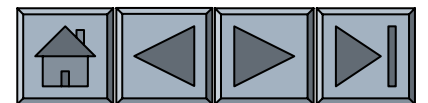




## Örnek 9.2.Seramik Süperiletkenlerin Donmuş Kuru Sentezlemesi

Birçok seramikler değişik oksit ve karbonatları kullanarak üretilirler. Bu yüzden seramikler yüksek sıcaklıklarda ergirler ve gevrek davranış sergilerler. Örneğin,  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 'in sentezi, süperiletken olarak bilinen *YBCO*, karıştırma ve reaktif toz ( $Y_2O_3$ ), bakır oksit ( $CuO$ ), ve baryum karbonat ( $BaCO_3$ ). Baryum karbonat yüksek sıcaklıkta  $BaO$ 'ya parçalanır ve yttriya ve bakır oksitle değişik fazlar oluşturmak üzere reaksiyona girerler.

Bu proses “oksit karıştırma” tekniği olarak bilinir ve kaba seramik tozlar üretilir. Başka istenmeyen fazlarda oluşabilir ve bu empüriteler ürünle bir araya gelebilir.





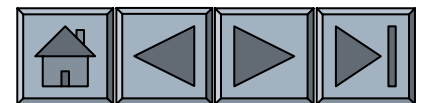
## Örnek 9.2 (devam)

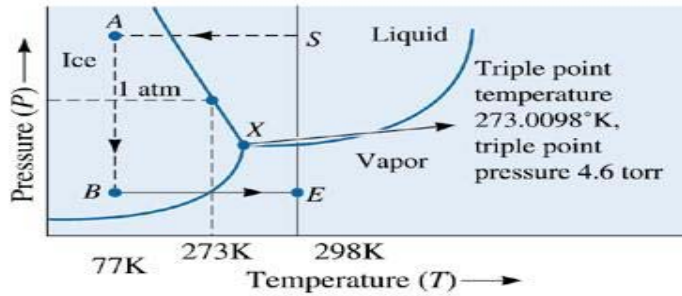
Diğer taraftan, yüksek saflıkta kimyasalların kullanıldığı kimyasal teknikler daha iyi ürünler ortaya çıkarabilir (büyük ihtimalle de maliyetleri yüksektir).

Böyle bir kimyasal proses gıda endüstrisinde kullanılır ve **donma kurutma** olarak bilinir. Örneğin: donmuş kuru kahve çekirdeklerinden kahvenin yapılıp daha sonra donma kuruma prosesinin kullanılarak kahveden suyun uzaklaştırılması ile üretilir.

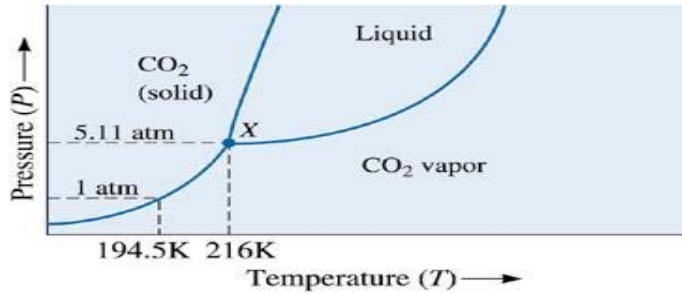
Mühendisler su bazlı çözeltileri YBCO süperiletkeninin sentezlenmesinde donma-kurutma prosesini geliştirmek için kullanmışlardır.

Suyun tek fazlı diyagramını kullanarak yüksek saflıkta ve kimyasal olarak homojen YBCO tozlarının üretiminde kullanılacak değişik basamakları açıklayınız?

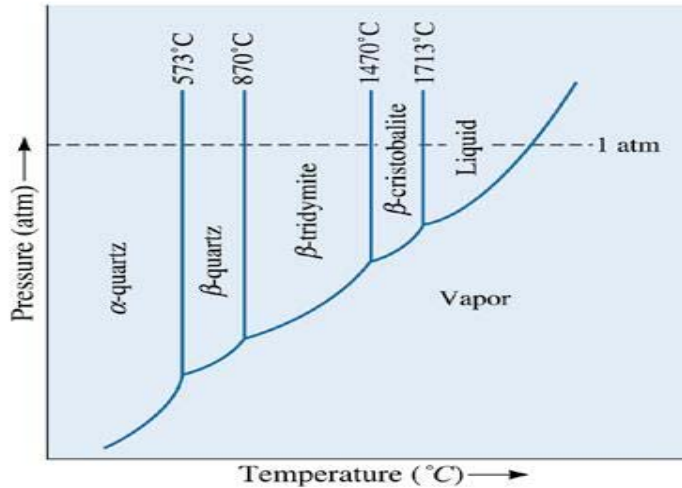




(a)

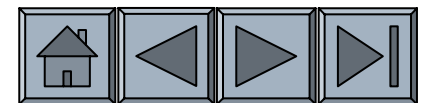


(b)



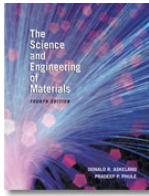
(c)

**(a)** Su için basınç-sıcaklık diyagramı. Üçlü noktadaki sıcaklık 273,0098 K ve üçlü noktadaki basınç 4,6 torr'dur. Katı-sıvı çizgisinin sola doğru eğildiğini farkediniz. Normal basınçta (1 atm or 760 torr), ergime sıcaklığı 273 K'dir. Olası donma S noktası ile başlar ve kesikli çizgi ile sola doğru ilerler. **(b)** CO<sub>2</sub>'nin basınç sıcaklık eğrisi. Çoğu araştırmacı süper kritik karbondioksitin solvent olarak kullanıldığı plastik ve ecza uygulamalarını incelemektedir. **(c)** SiO<sub>2</sub>'nin basınç-sıcaklık diyagramı. Noktalı çizgi 1atm basıncı göstermektedir.



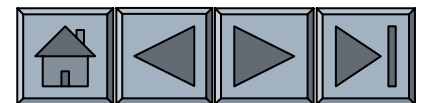
## ÇÖZÜM

- Yitrium, baryum ve bakırın nitratlarını uygun katyon stokiometrisinde içeren bir solüsyon hazırlayınız.
- Basıncı yaklaşık  $10^{-2}$  torr (B noktası ) değerine indirerek herhangi bir ergimeye sebep olmaksızın nitrik asit ve suyu uzaklaştırın.
- Düşük basınçta kalarak buz ve nitrik asidin sublime olmasını sağlayarak sıcaklığı yükseltin.
- Karışmış metal ve nitrat tozu daha sonra dikkatlice ısıtılır ve nitratlar seramik tozuna dönüşürler.

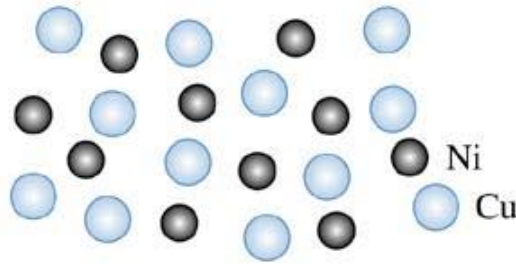


## Bölüm 9.2 Çözünürlük ve Katı Çözeltiler

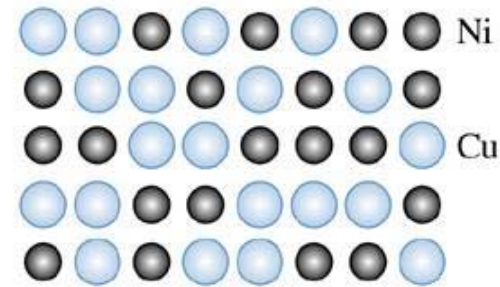
- **Çözünürlük** – Bir malzemenin bir miktarının ikinci bir malzemedeki ikincil faz oluşumuna sebep olmaksızın tamamen erimesidir.
- **Sınırsız çözünürlük** – Bir malzemenin diğer malzemedeki hiçbir zaman ikincil faz oluşturmaksızın çözünmesidir.
- **Sınırlı çözünürlük** – Çözücü malzemedeki sadece maksimum miktarda çökeltinin çözünmesidir.
- **Kopolimer** – İki veya daha fazla değişik tür monomerin özelliklerinin karışması fikrinden hareketle birleşmesi ile oluşan polimerdir. Ör: Dylark™ maleik anhidrid ve siteren.



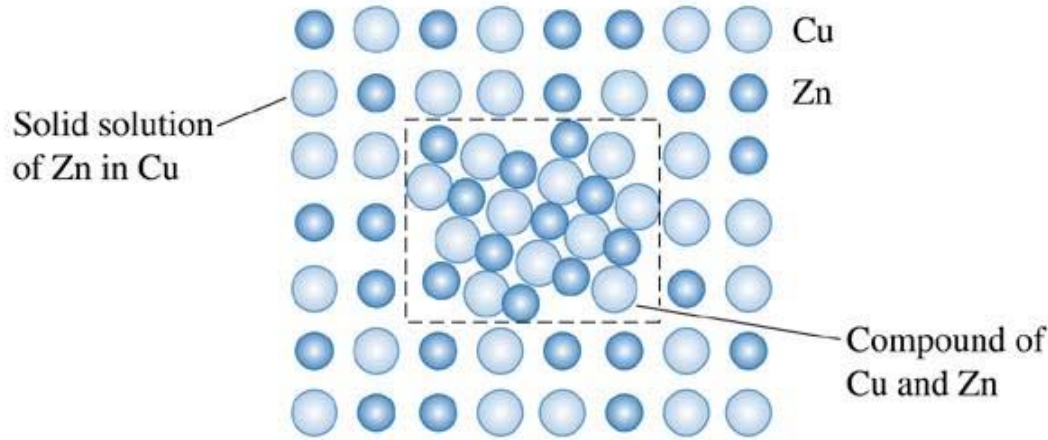




(a)



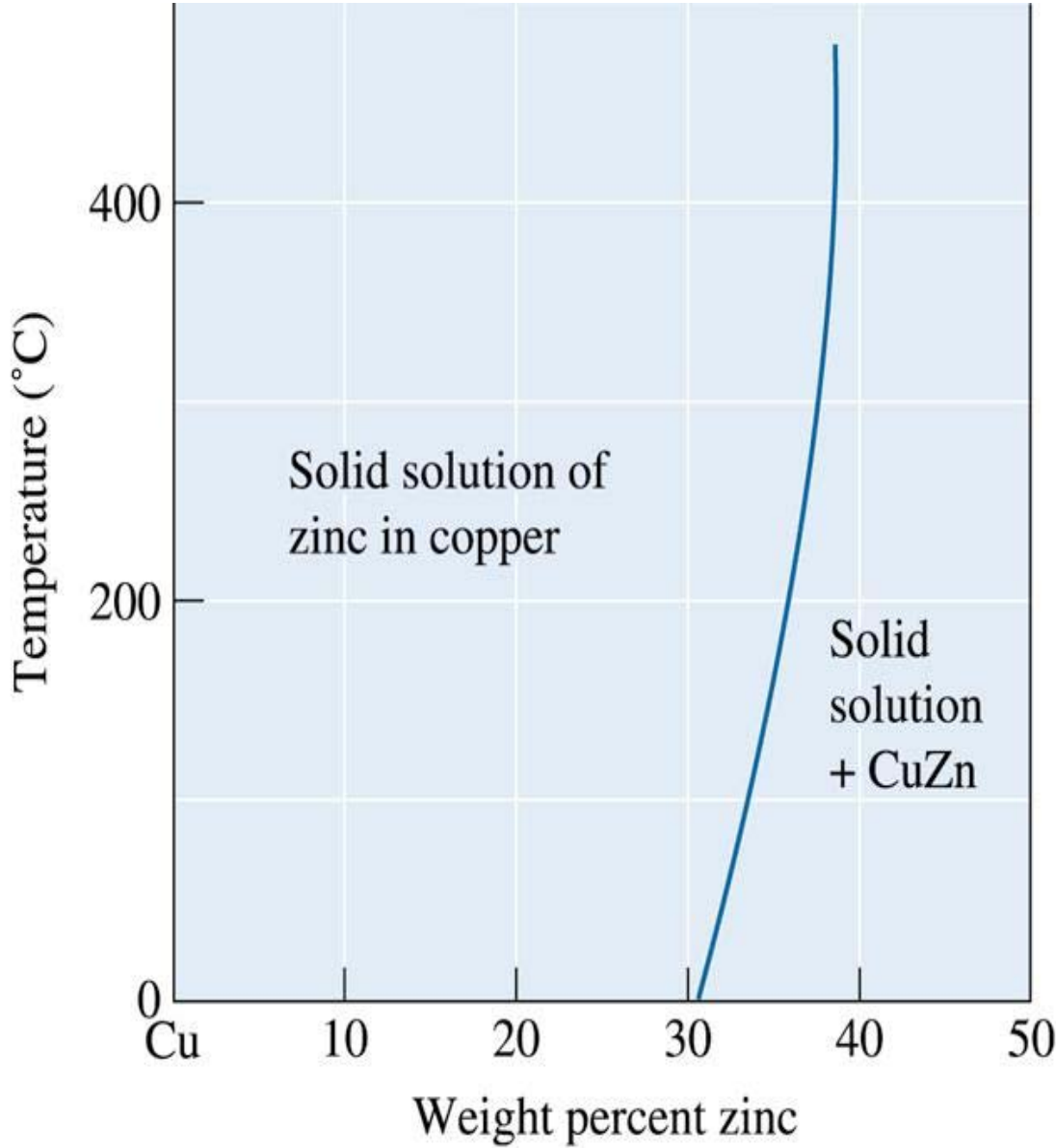
(b)



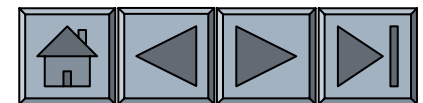
(c)

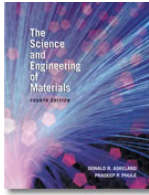
©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning,™ is a trademark used herein under license.

**(a)** Sıvı bakır ve sıvı nikel birbiri içinde tam çözünürdür. **(b)** Katı bakır-nikel alaşımları tam katı çözünürlük gösterir bakır ve nikel atomları rastgele latis noktalarında yeralırlar. **(c)** Bakır-çinko alaşımları %30 dan fazla çinko içerirse ikinci faz oluşur çünkü bakır içinde çinko çözünürlüğü sınırlıdır.



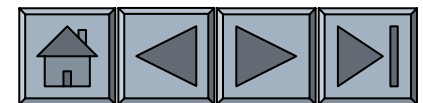
**Bakırda çinkonun çözünürlüğü. Mavi çizgi çözünürlük sınırı belirler, fazla çinko eklendiğinde çözünürlük limiti aşılır ve iki faz birlikte var olur.**





## Bölüm 9.3 Sınırsız Eriyebilirlik/Çözünürlük Koşulları

- **Hume-Rothery kuralları** –Limitsiz katı çözünürlük gösteren alaşım ve seramik sistemlerin durumlarını belirler. Hume-Rothery kuralları gerekli ancak limitsiz katı çözünürlük gösteren malzemeler için yeterli değildir.
- **Hume-Rothery kuralları:**
  - Boyut faktörü
  - Kristal yapısı
  - Valans
  - Elektronegativite

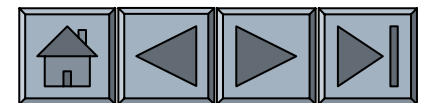


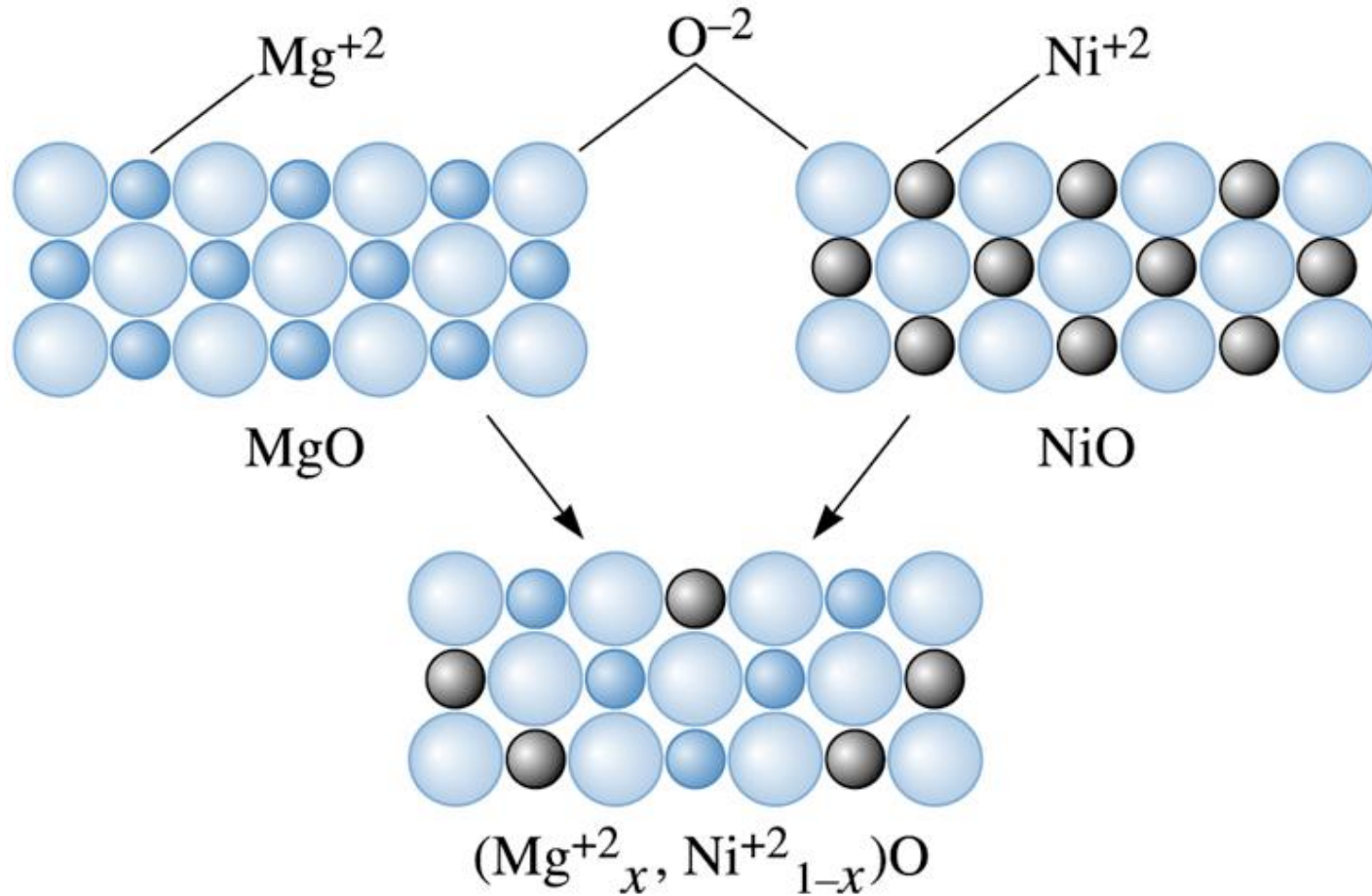


# Metallerde Sınırsız Katı /Çözünebilirlik Eriyebilirlik İçin Şartlar

## Hume-Rothery Şartları

- 1) Metal atomlarının yarıçapları farklı %15'den büyük olmamalıdır.
- 2) Metaller aynı kristal yapıya sahip olmalıdır.
- 3) Metal atomları aynı valansa sahip olmalıdır.
- 4) Metal atomları yaklaşık aynı elektronegatifliğe sahip olmalıdır.





©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning<sub>™</sub> is a trademark used herein under license.

**MgO ve NiO benzer kristal yapıları, iyonik yarıçapları ve valansa sahiptirler bu yüzden katı eriyik/çözelti oluşturabilirler.**

# Örnek 9.3. MgO'nun Seramik Katı Çözeltileri/Eriyikleri

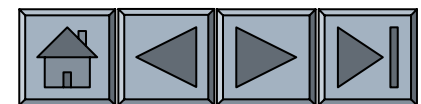


NiO katı çözelti oluşturmak için MgO ya eklenirler. Diğer hangi seramik sistem %100 katı çözelti oluşturabilir.

## ÇÖZÜM

+2 valansa sahip sistemler:

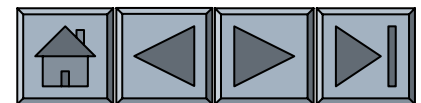
	$r$ (Å)	$\left[ \frac{r_{\text{ion}} - r_{\text{Mg}^{+2}}}{r_{\text{Mg}^{+2}}} \right] \times 100\%$	Crystal Structure
Cd <sup>+2</sup> in CdO	$r_{\text{Cd}^{+2}} = 0.97$	47	NaCl
Ca <sup>+2</sup> in CaO	$r_{\text{Ca}^{+2}} = 0.99$	50	NaCl
Co <sup>+2</sup> in CoO	$r_{\text{Co}^{+2}} = 0.72$	9	NaCl
Fe <sup>+2</sup> in FeO	$r_{\text{Fe}^{+2}} = 0.74$	12	NaCl
Sr <sup>+2</sup> in SrO	$r_{\text{Sr}^{+2}} = 1.12$	70	NaCl
Zn <sup>+2</sup> in ZnO	$r_{\text{Zn}^{+2}} = 0.74$	12	NaCl

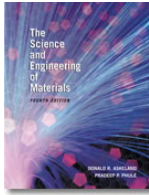




## ÇÖZÜM (devam)

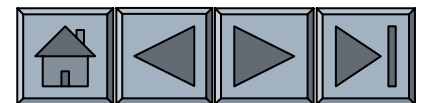
İyonik yarıçap yüzde farkı ve kristal yapılar FeO-MgO sisteminin limitsiz çözünürlük gösterdiğini ve ek olarak CoO ve ZnO sistemlerinin uygun yarıçap ve kristal yapı gösterdikleri tespit edilmiştir.



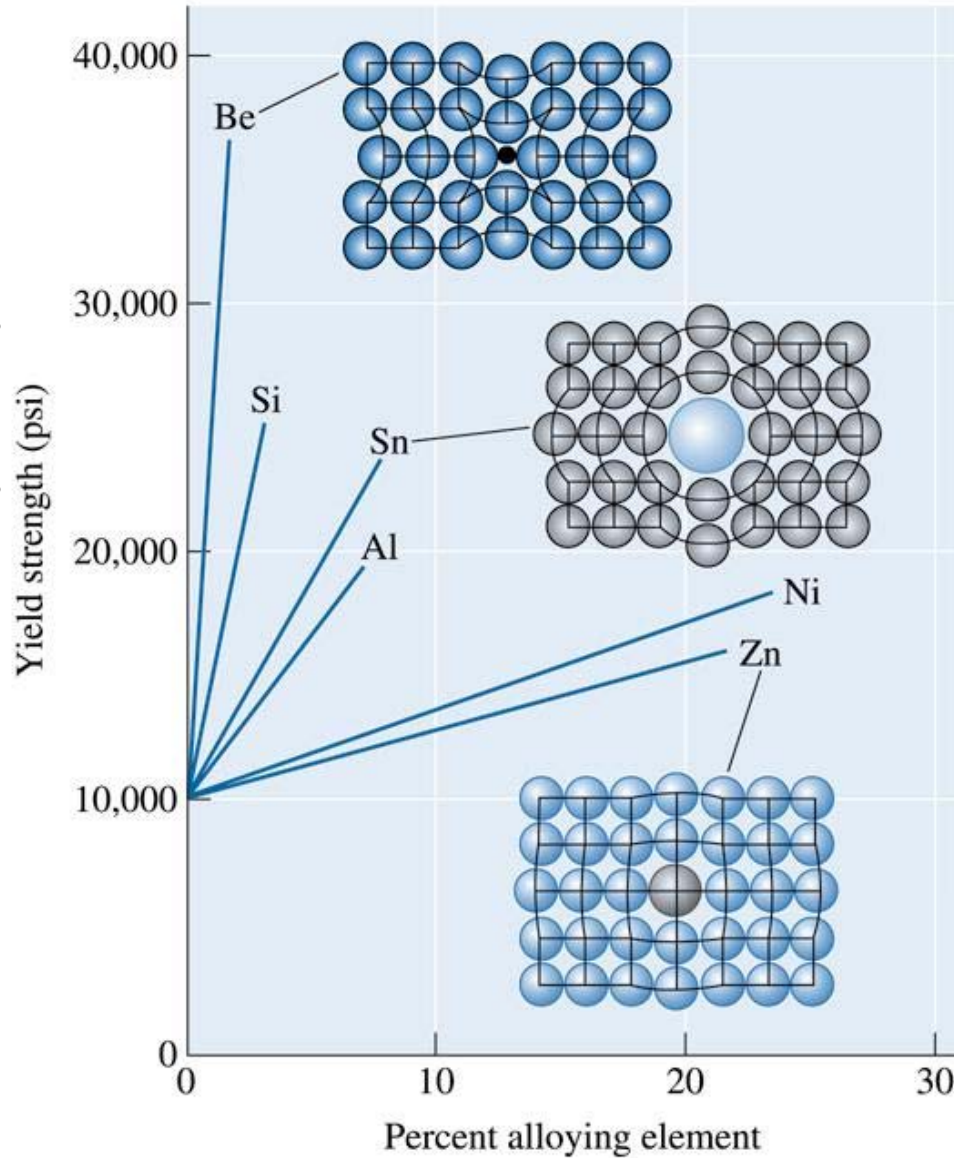


## Bölüm 9.4 Katı-Eriyik (Çözelti) Mukavemetlendirmesi

- **Katı eriyik mukavemetlendirmesi** - Katı eriyik oluşturarak metalik malzemenin mukavemetinin artırılmasıdır.
- **Dispersiyon Mukavemetlendirmesi/sertleştirme** - Metalik malzemelerin ultra-ince dispersiyonları ikincil faz olarak oluşturulması ile mukavemetlendirilmesidir.







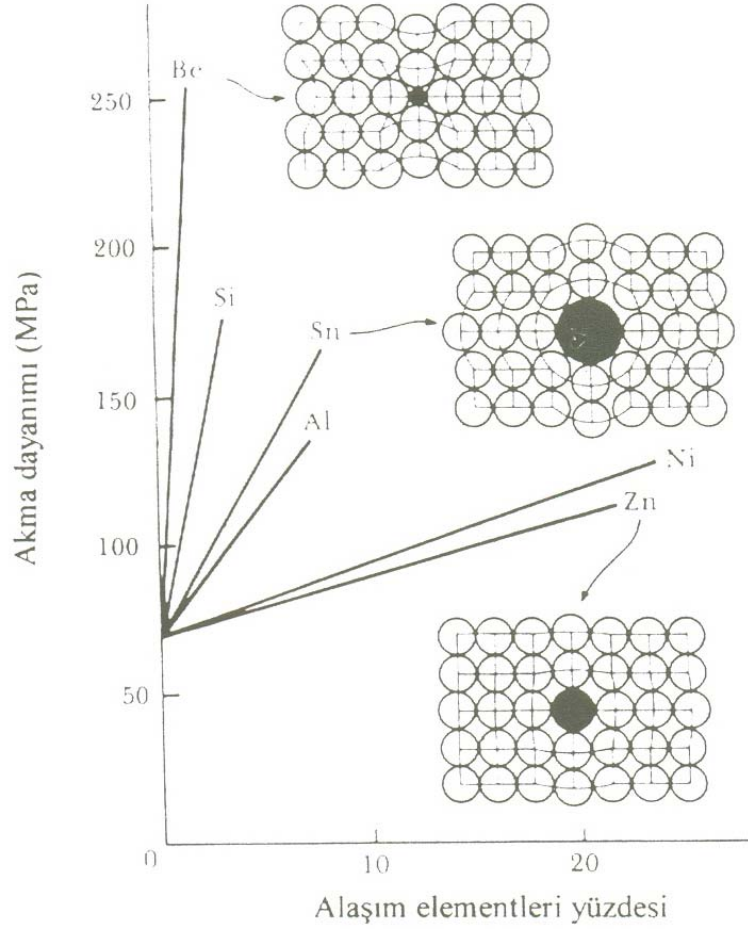
**Bakırın akma mukavemeti üzerine değişik alaşımların etkileri. Nikel ve çinko atomları bakır atomları ile yaklaşık aynı büyüklükte ama berilyum ve kalay oldukça farklı boyutlardadır. Atomik boyutlardaki farklar ve alaşımlama miktarındaki değişim katı-eriyik mukavemetlendirmesini artıracaktır.**

## Katı Eriyik Mukavemetlenmesi

**Cu-Ni sisteminde** orijinal Cu kafesine bilinçli olarak Ni arayer atomları sokulduğu için, Cu-Ni alaşımı saf Cu'dan daha yüksek dayanıma sahiptir.

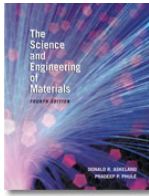
**Cu-Zn sisteminde,** %40'dan daha az çinko bakıra ilave edildiğinde, Zn yeralan atomu olarak davranır, Cu-Zn alaşımını mukavemetlendirir.

# Çeşitli Alaşım Elementlerinin Bakırın Akma Dayanımı Üzerine Etkisi



Atom boyutları arasındaki fark ve alaşımın yüzde miktarı katı eriyik mukavemetlenmesini artırır.

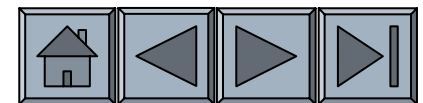
# Katı Eriyik Mukavemetlenmesinin Düzeyi



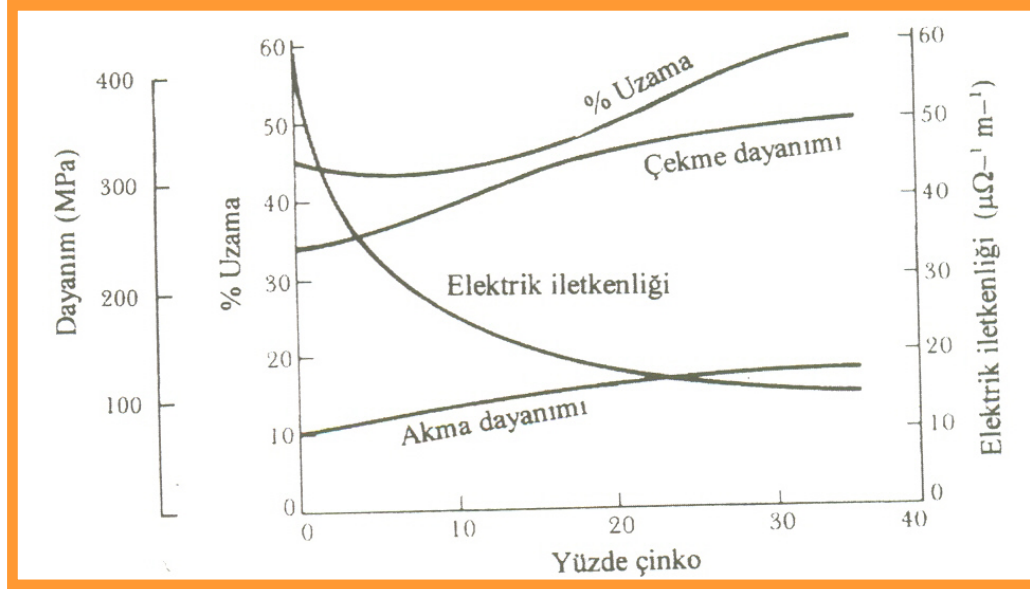
Orijinal (eriten) ve ilave (eriyen) atomlar arasındaki boyut farkı mukavemetlenme etkisini arttıracaktır.

Boyut Farkı ↑ Dislokasyon hareketleri zorlaşır Mukavemet ↑

Alaşım Elementi Miktarı ↑ Mukavemet ↑

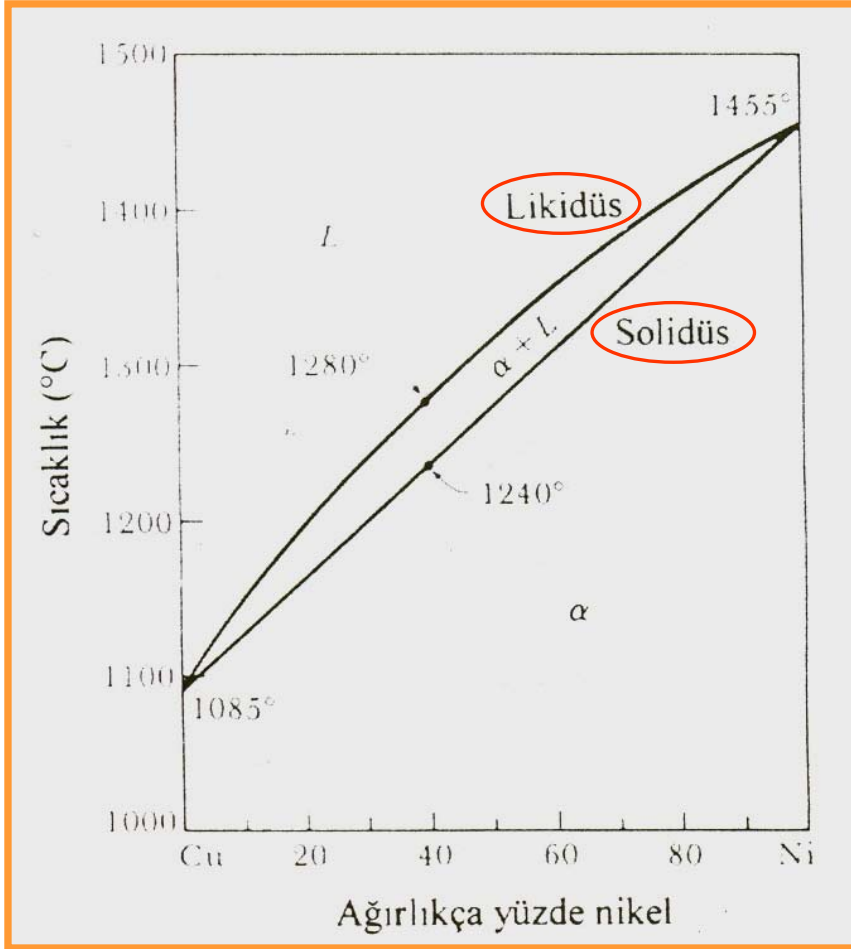


# Katı Eriyik Mukavemetlenmesinin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi



- ❑ Alaşımlandırma ile
- ❑ Çekme, akma ve sertlik değerleri artar.
- ❑ Süneklik genellikle azalır (bazı Zn-Cu alaşımları hariç).
- ❑ Elektrik iletkenliği azalır.

# Sınırsız Katı Eriyebilirlik Sergileyen (İzomorf) Faz Diyagramları

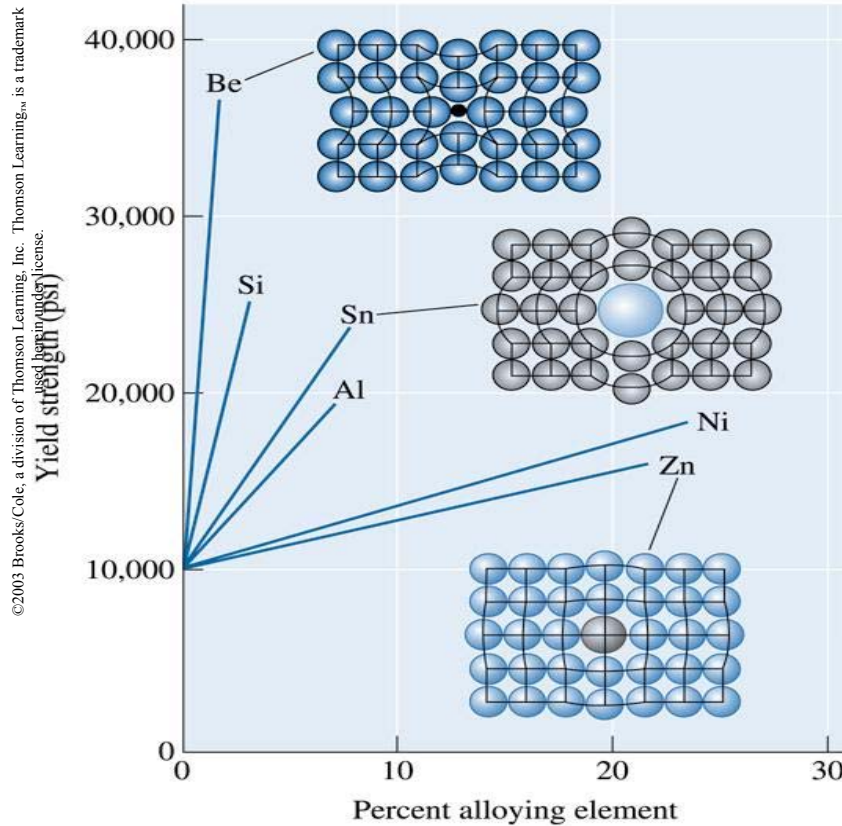


Katılaşma Aralığı = likidüs ile solidüs arasındaki sıcaklık farkı

$\alpha$  : Katı, bakır ve nikel atomlarının katı eriyiğidir.

# Örnek 9.4. Katı Eriyik Mukavemetlendirmesi

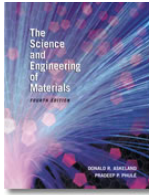
Atomik yarıçaptan, bakır atomları arasındaki boyut farkından ve alaşım atomlarından mukavemetlenme miktarı doğru olarak tahmin edilebilir. (aşağıdaki şekle bakınız)



**Bakırın akma dayanımına alaşım elementlerinin etkisi.**

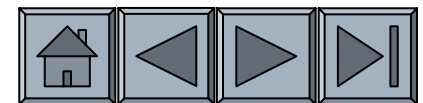
# ÇÖZÜM

Atomik yarıçap ve % farklar aşağıda verilmiştir:

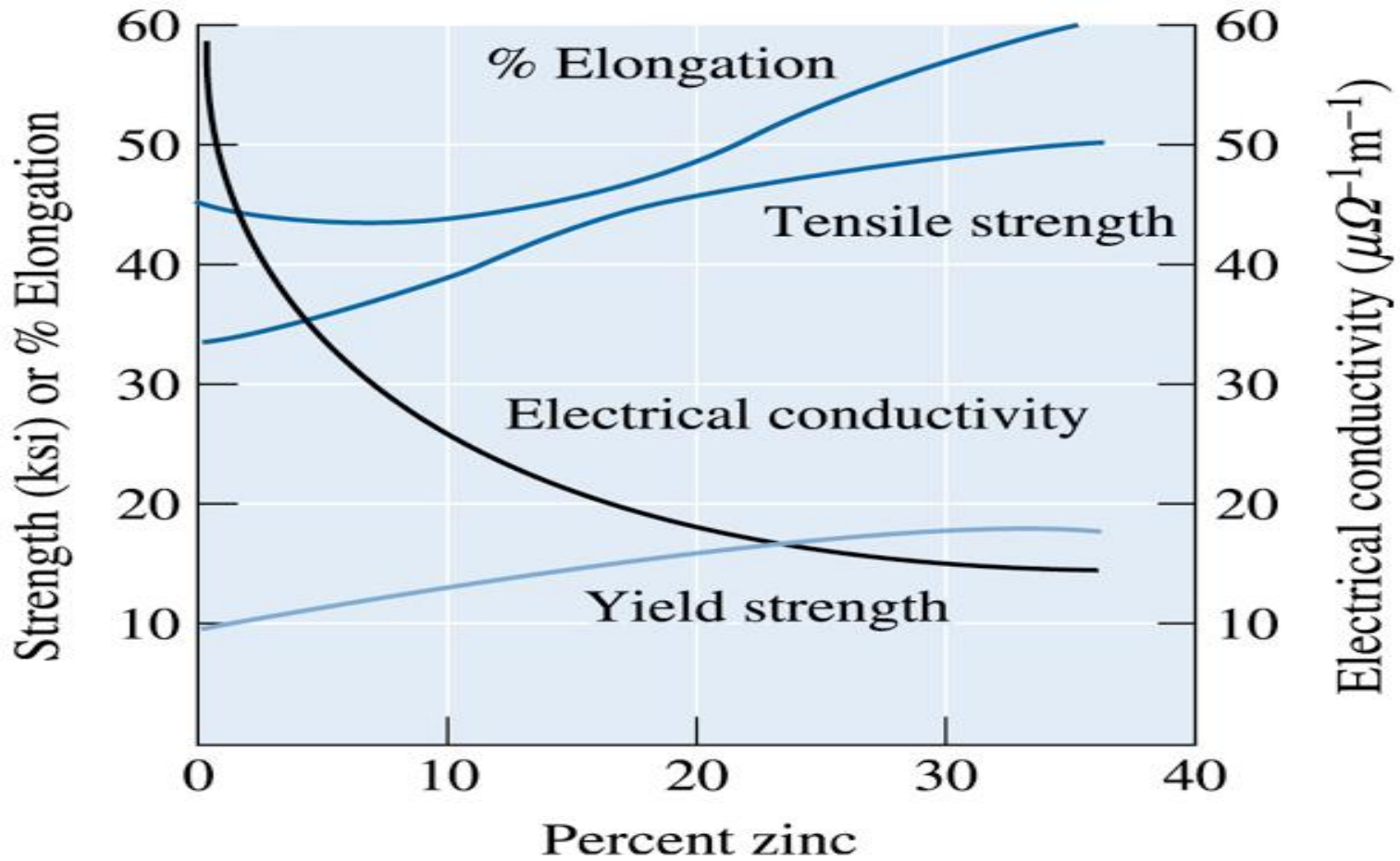


Metal	Atomic Radius (Å)	$\left[ \frac{r - r_{\text{Cu}}}{r_{\text{Cu}}} \right] \times 100\%$
Cu	1.278	0
Zn	1.332	+4.2
Al	1.432	+12.1
Sn	1.509	+18.1
Ni	1.243	-2.7
Si	1.176	-8.0
Be	1.143	-10.6

Bakırdan büyük olanlar—çinko, alüminyum ve kalay. – boyut farkındaki artış mukavemetlendirmede artışa sebep olur.







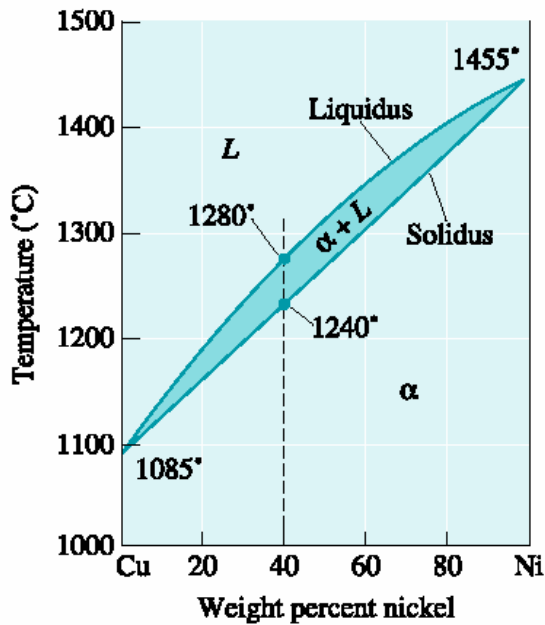
©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

Bakıra çinko eklemenin katı eriyik mukavemetlendirilmiş alaşım üzerine etkisi.

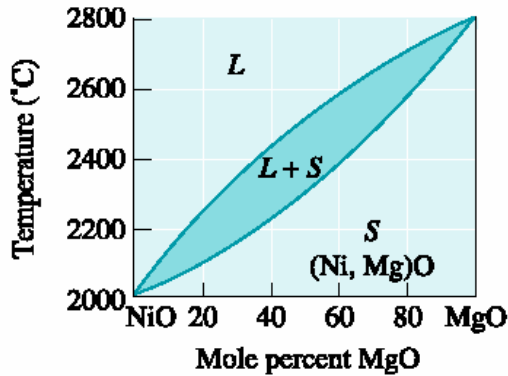
Artan çinko miktarı ile % uzamadaki artış katı eriyik mukavemetlendirmesi ile ilgili değildir.

## Bölüm 9.5. Izomorfoz Faz Diyagramları

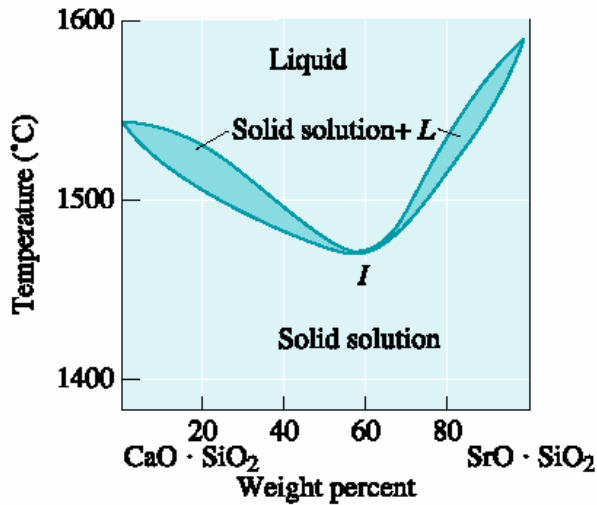
- **İkili faz diyagramları** – İki bileşenli sistemlerin faz diyagramları.
- **Üçlü faz diyagramları** – Üç bileşenli sistemin faz diyagramları.
- **Izomorfoz faz diyagramları**- Bileşenlerin limitsiz çözünürlük gösterdiği faz diyagramlarıdır.
- **Likidüs sıcaklığı** – Katılaşmada ilk katının oluşmaya başladığı sıcaklıktır.
- **Solidüs sıcaklığı** – Alt sıcaklıklarda, tüm sıvının tamamıyla katılaştığı sıcaklıktır.



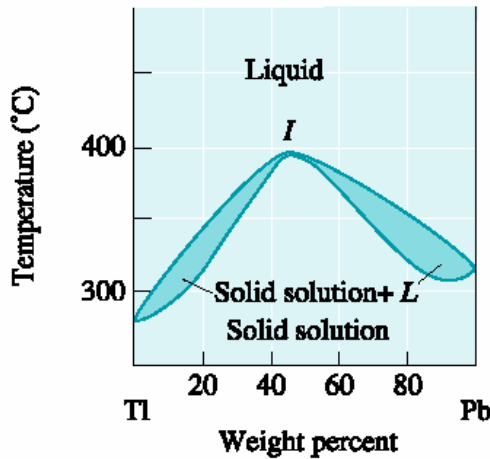
(a)



(b)



(c)

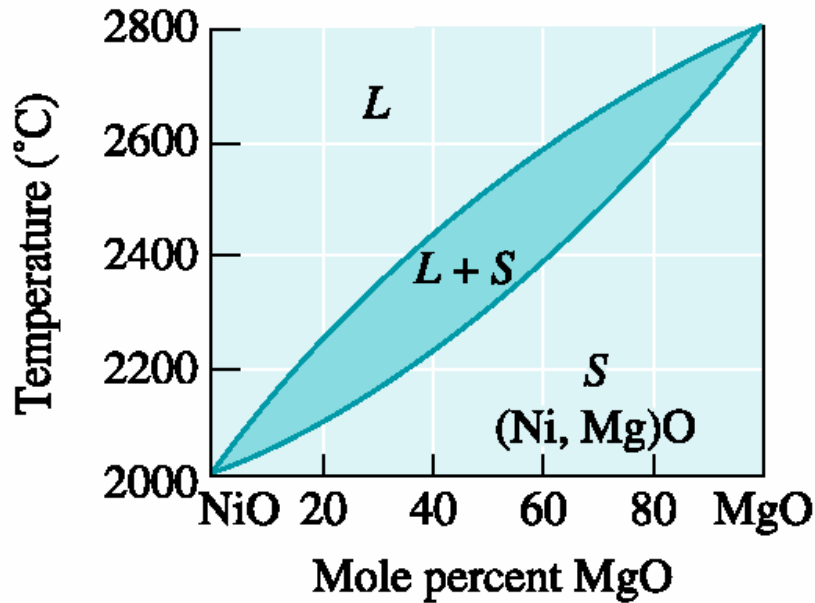


(d)

(a) Cu-Ni ve NiO-MgO faz diyagramları. (b) Cu-%40 Ni alaşımı için likidüs ve solidüs sıcaklıkları gösterilmiştir. (c) ve (d) katı çözelti maksima ve miniması olan katı eriyik çözeltiler. (Source: Adapted from Introduction to Phase Equilibria, by C.G. Bergeron, and S.H. Risbud. Copyright © 1984 American Ceramic Society. Adapted by permission.)

# Örnek 9.5. NiO-MgO İzomorfoz Sistemleri

NiO-MgO ikili faz diyagramından 2600°C'de eriyen sistemi tanımlayınız 2300°C'de hizmete koyulduğunda ergime göstermeyecek.



Cu-%40 Ni alaşımı faz diyagramı.

(b)

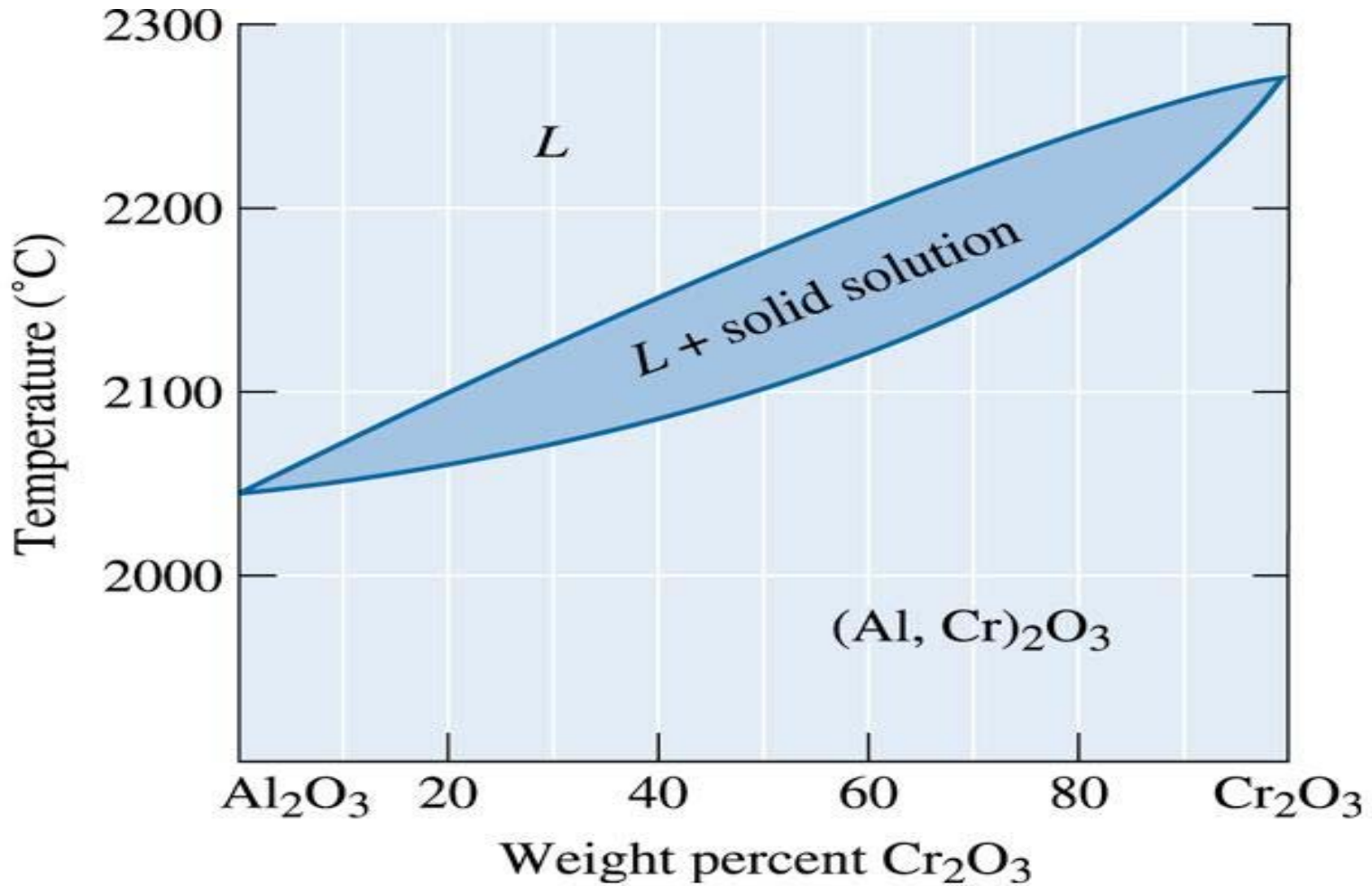
## ÇÖZÜM

Likidüs sıcaklığı  $2600^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olan kompozisyon, % 65 mol  $\text{MgO}$ 'dan az olmalı. Solidüsü  $2300^{\circ}\text{C}$ 'nin üstünde olanlar için en az %50 mol  $\text{MgO}$  olmalı.

Sonuç olarak, %50 mol-%65 mol%  $\text{MgO}$ 'lu kompozisyonları kullanabiliriz.

## Örnek 9.6. Kompozit Malzeme Tasarımı

Seramik malzemenin kırılma tokluğunu geliştirmek için bir yol seramik matrisin fiberlerle güçlendirilmesidir. Bir malzemeci  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ün %  $25\text{Cr}_2\text{O}_3$  fiberlerle güçlendirilebileceğini önermiştir. Elde edilen kompozitin aylarca  $2000^\circ\text{C}$  sıcaklıkta çalışması planlanmaktadır. Bu tasarımın uygunluğunu kritik ediniz.



©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning<sup>™</sup> is a trademark used herein under license.

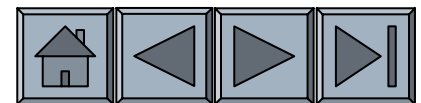
## $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$ faz diyagramı

## ÇÖZÜM



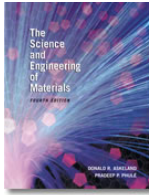
Oluşturulan kompozit yüksek sıcaklıklarda belirli bir süre çalışacağı için bu iki fazın birbirleri ile reaksiyona girmemesi gerekmektedir. Ek olarak, kompozit 2000°C'nin altında bozunmamalıdır. Faz diyagramına göre söz konusu kompozit uygun görünmektedir.

Saf  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , ve saf  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -25%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 'ün solidüs eğrisi 2000°C üstündedir; sonuç olarak bu bileşenlerin ergimesi söz konusu değildir. Ancak,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sınırsız katı eriyik yapmakta yani birbiri içinde tamamen çözünmektedir. Bunun anlamı hizmet sıcaklığında display 2000°C,  $\text{Al}^{3+}$  iyonları matristen fibere difüze olur  $\text{Cr}^{3+}$  iyonlarının yerini alır. Aynı zamanda,  $\text{Cr}^{3+}$  iyonları  $\text{Al}^{3+}$  iyonlarının yerini alır ve birkaç aydan önce bu difüzyon ile fiberler tamamen matris içinde çözünürler. Hiç fiber kalmayan yapı tekrar zayıflar.





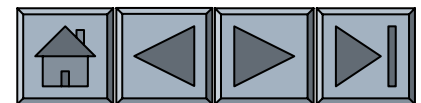
# Fazın Kompozisyonu

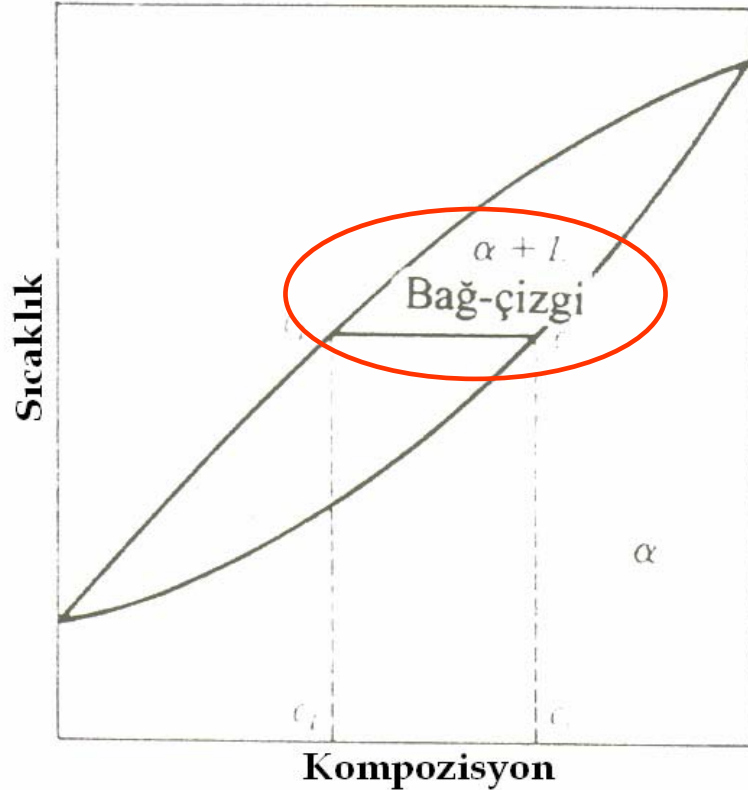


- ❑ Alaşımdaki her faz, fazdaki her elementin yüzdesi olarak ifade edilen bir kompozisyona sahiptir.
- ❑ *Sabit bir basınç* için geçerli olan Gibbs faz kuralı:

$$\mathbf{F + P = C + 1}$$

- ❑ F: Serbestlik Derecesi
- ❑ C: Sistemdeki bileşenlerin sayısı
- ❑ P: Faz sayısı

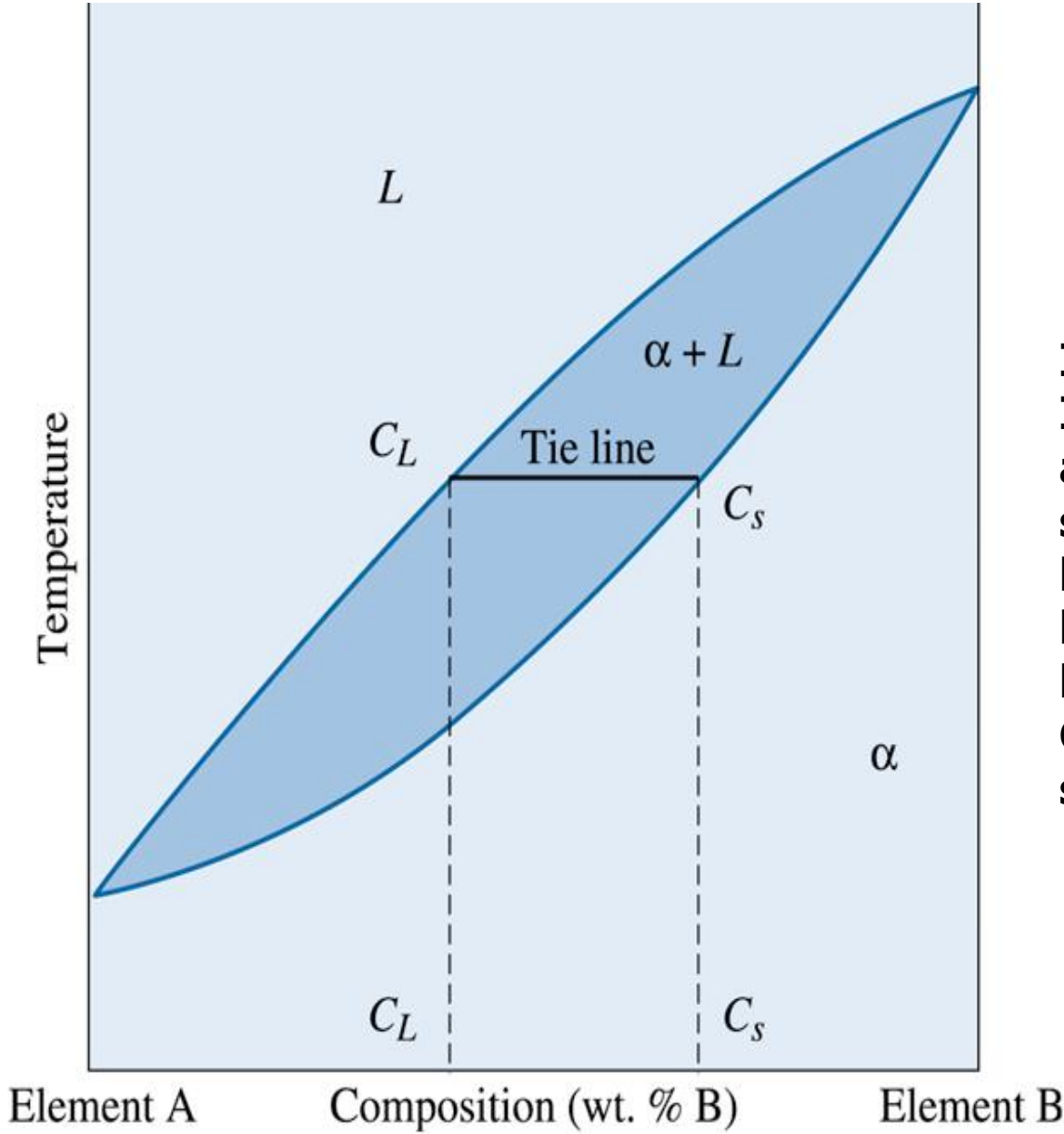




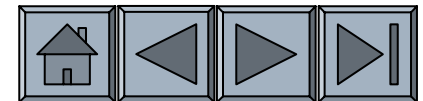
İki faz bölgesinde serbestlik derecesi 1 olduğu için sıcaklık belirlendiğinde iki fazın kompozisyonu daima sabitleştirilir.

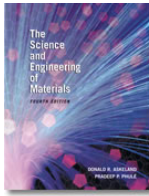
Bağ çizgileri tek fazlı bölgede kullanılmaz.

Bağ çizgisinin uçları dengedeki 2 fazın kompozisyonlarını gösterir.



**İkili faz diyagramı. İki fazlı bölgede alaşım varsa istenen sıcaklıktaki alaşım kompozisyonunu bir bağ çizgisi ile belirleyebiliriz. Bu Gibbs faz kuralının sonucudur.**





## Örnek 9.7. İzomorfoz Faz Diyagramlarında Gibbs Kuralı

Cu-%40 Ni alaşımında (a)1300°C, (b)1250°C ve (c)1200°C'de serbestlik derecesini belirleyiniz?

### ÇÖZÜM

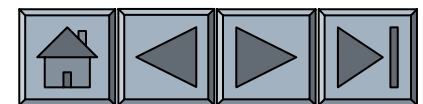
Bu ikili sistem ( $C = 2$ ). İki komponent vardır. Sabit basınç olduğunu farz edelim. Bu yüzden,

( $1 + C = F + P$ ) bağıntısı kullanılır:

(a) 1300°C'de,  $P = 1$ , sadece sıvı faz var  $C = 2$ , bakır ve nikel atomu var. Böylece:

$$1 + C = F + P$$

$$1 + 2 = F + 1 \text{ or } F = 2$$



## ÇÖZÜM (devam)

(b)  $1250^{\circ}\text{C}$ 'de  $P = 2, C = 2$

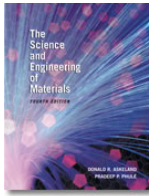
$$1 + C = F + P$$

$$1 + 2 = F + 2 \text{ veya } F = 1$$

(c)  $1200^{\circ}\text{C}$ 'de  $P = 1, C = 2,$

$$1 + C = F + P$$

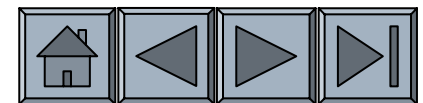
$$1 + 2 = F + 1 \text{ veya } F = 2$$

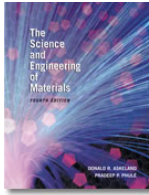


## Faz Oranları (Manivela Kuralı)

- ❑ Alaşımlarda var olan fazların nispi oranları hesaplanabilir.
- ❑ Tek faz bölgesindeki fazın oranı %100'dür.
- ❑ Buna karşın 2 faz bölgesinde her fazın oranını hesaplamak gerekmektedir.

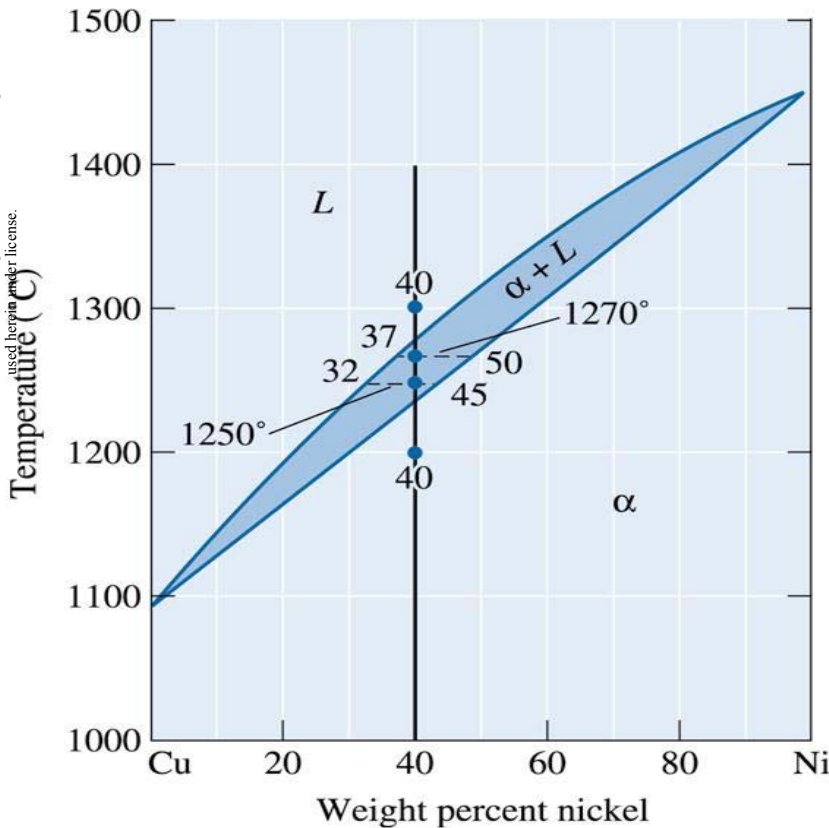
$$\text{Faz Yüzdesi} = \frac{\text{Fazın bulunduğu kısma zıt manivela kolu uzunluğu}}{\text{Bağ çizgisinin toplam uzunluğu}} \times 100$$



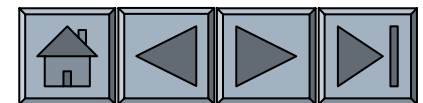


# Örnek 9.8. Cu-Ni Faz Diyagramında Kompozisyon

Cu-%40Ni alaşımında 1300°C, 1270°C, 1250°C, ve 1200°C'de kompozisyonları belirleyiniz?



**Cu-%40 alaşımında değişik sıcaklıklarda bağ çizgileri.**



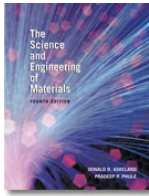
## ÇÖZÜM

%40 Ni'den geçen çizgi alaşımın kompozisyonunu gösterir:

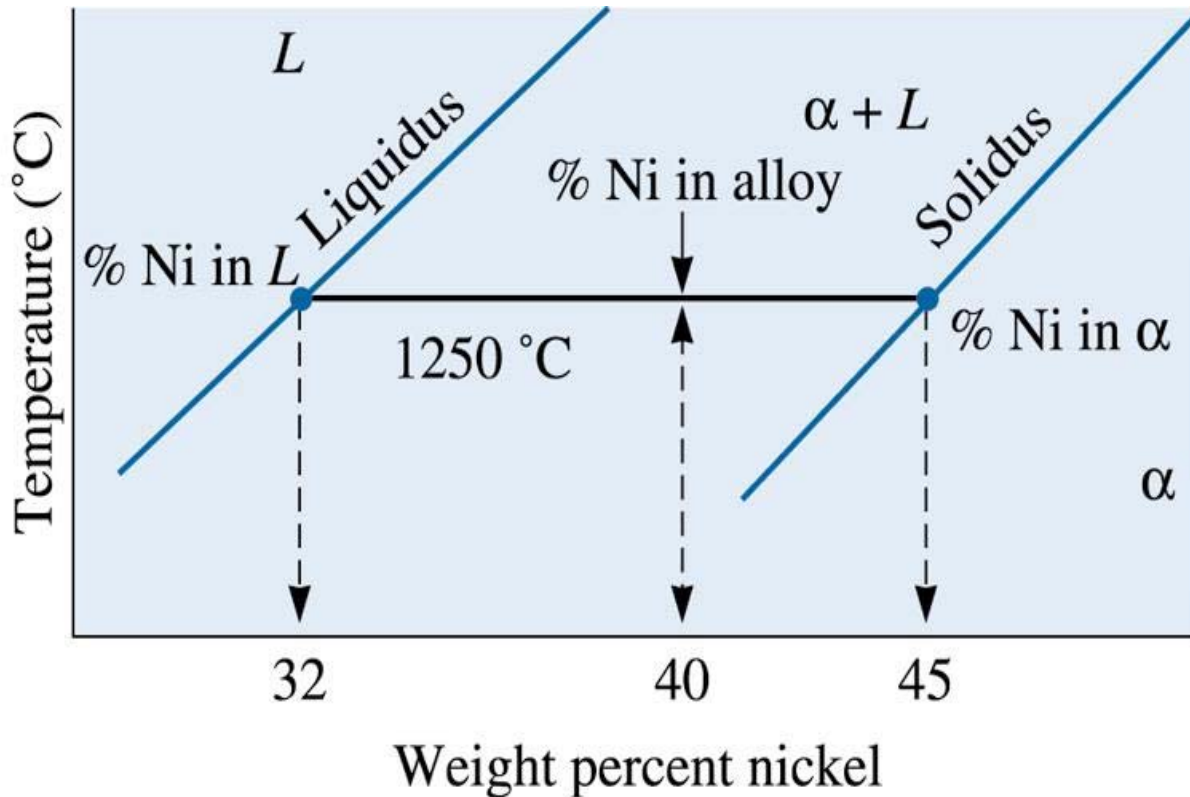
- 1300°C'de sadece sıvı mevcuttur. Sıvı %40 Ni içerir.
- 1270°C'de iki faz mevcuttur. Sıvı %37 Ni ve katı %50 Ni içerir.
- 1250°C'de yine iki faz mevcuttur. Sıvı %32Ni ve katı %45 Ni.
- 1200°C'de sadece katı vardır. Katı %40 Ni içerir.



# Örnek 9.9. Manivela Kuralının Uygulaması

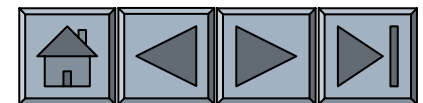


Cu-%40 Ni alaşımında  $1250^{\circ}\text{C}$ 'de alfa ve L fazının miktarlarını hesaplayınız?



**Cu-Ni sisteminde  $1250^{\circ}\text{C}$ 'deki bağ çizgisi.**

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



## ÇÖZÜM

$x$  = alaşımın kütle kesri katı. İki faz mevcut diğer kalan kısım sıvı fazda. Sıvıdaki nikelin kütle kesri  $1 - x$ .

Alaşımın 100g'ın daki toplam nikel = sıvıdaki nikel kütlesi + alfadaki nikel

$$100 \times (\% \text{ Ni alaşım}) = [(100)(1 - x)](\% \text{ Ni sıvıdaki L}) + (100)[x](\% \text{ Ni alfada})$$

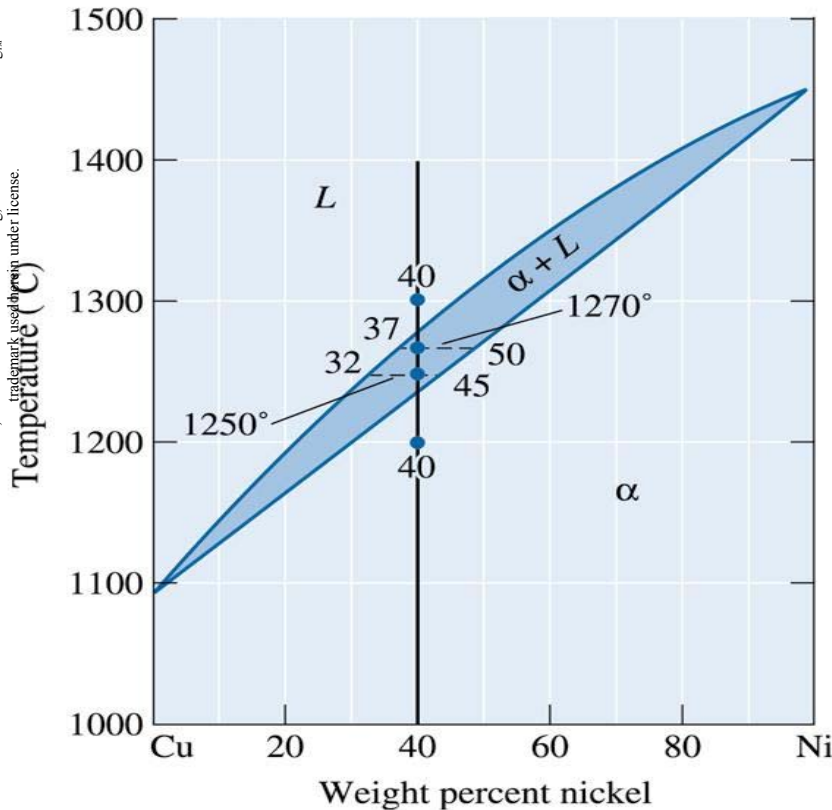
$$x = (40 - 32) / (45 - 32) = 8 / 13 = 0,62$$

Kütle kesrini yüzdeye çevirirsek, alaşım  $1250^{\circ}\text{C}$ 'de %62 alfa ve %38 sıvıdır. Alfa fazındaki Ni konsantrasyonu  $1250^{\circ}\text{C}$ 'de %45 ve sıvı fazındaki nikel konsantrasyonu  $1250^{\circ}\text{C}$ 'de %32'dir.

# Örnek 9.10. Cu-%40 Ni alaşımı

Cu-%40 Ni alaşımındaki her bir fazın miktarını 1300°C, 1270°C, 1250°C, ve 1200°C'de hesaplayınız?

©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, Inc. is a trademark registered under license.



**Değişik sıcaklıklarda Cu-%40 Ni alaşımının kompozisyonları ve bağ çizgisi**

## ÇÖZÜM

$$- 1300^{\circ}C : 100\%L$$

$$- 1270^{\circ}C : \%L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\%$$

$$\% \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

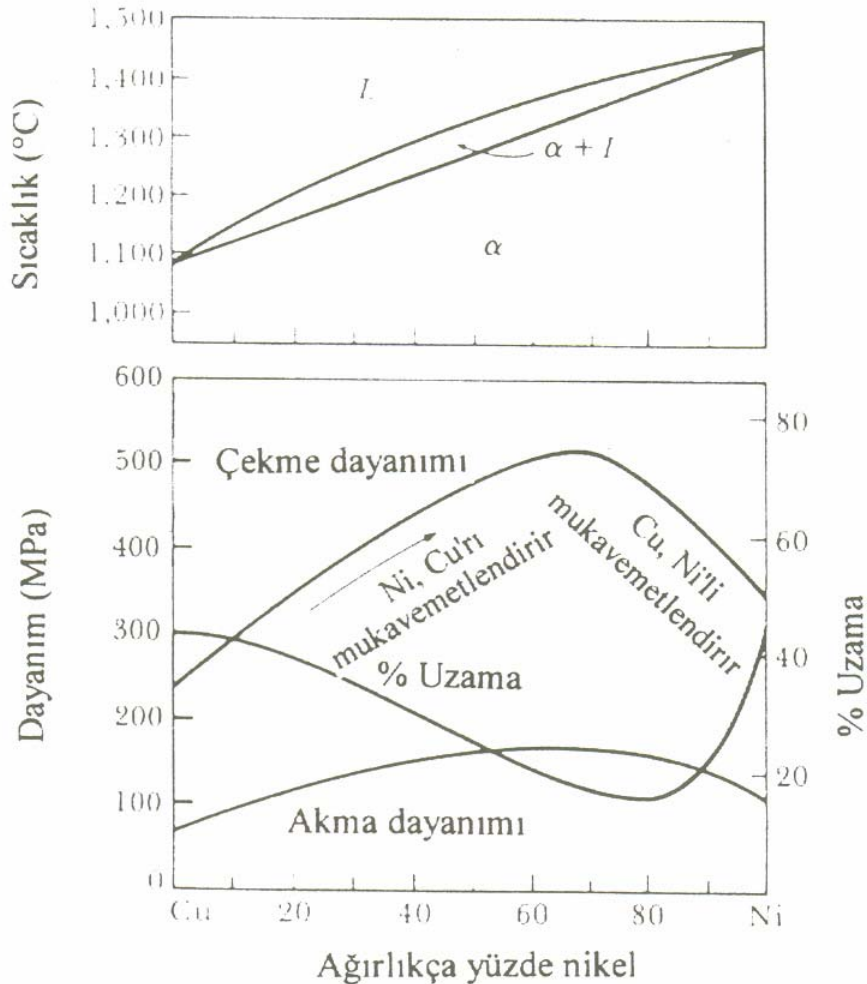
$$- 1250^{\circ}C : \%L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\%$$

$$\% \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

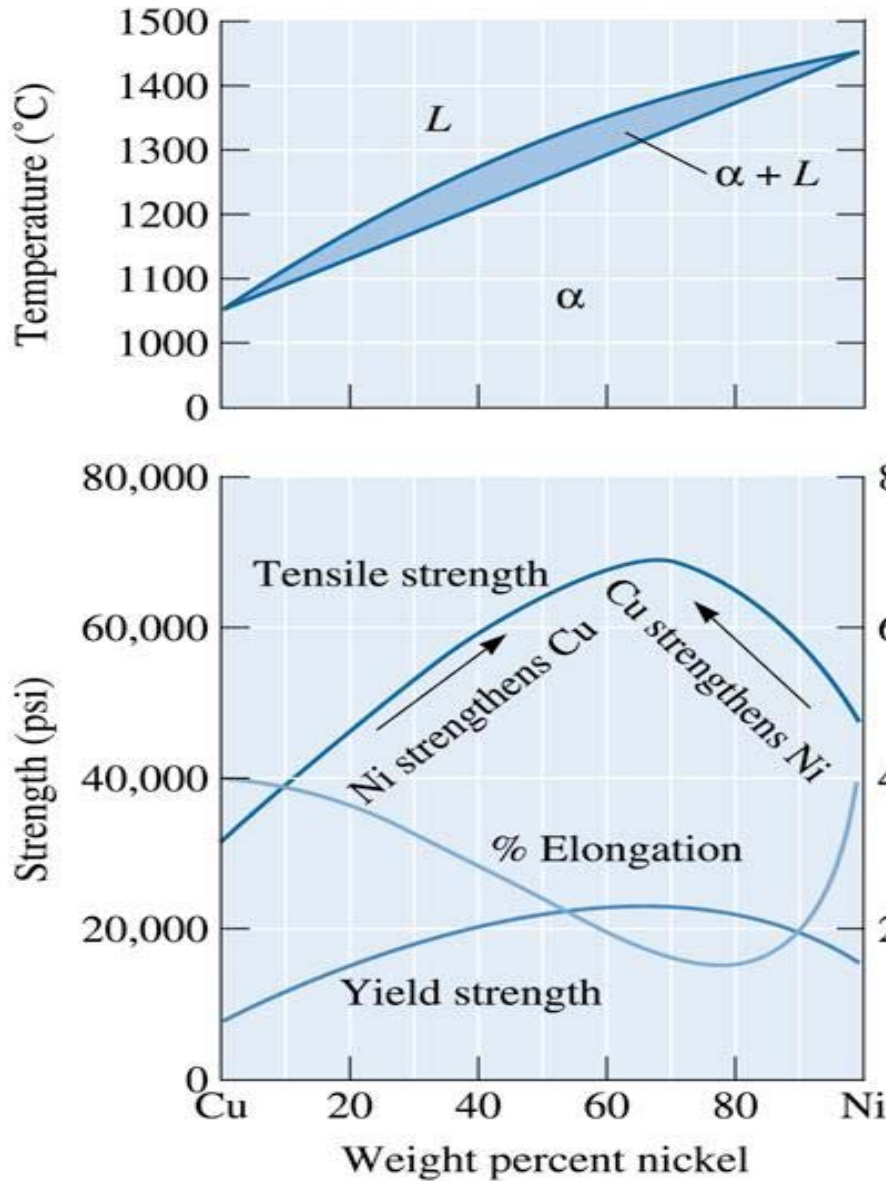
$$- 1200^{\circ}C : 100\% \alpha$$

# Bölüm 9.6 Faz Diyagramları ve Özellikler Arasındaki İlişki

# Faz Diyagramı ve Mukavemet Arasındaki İlişki



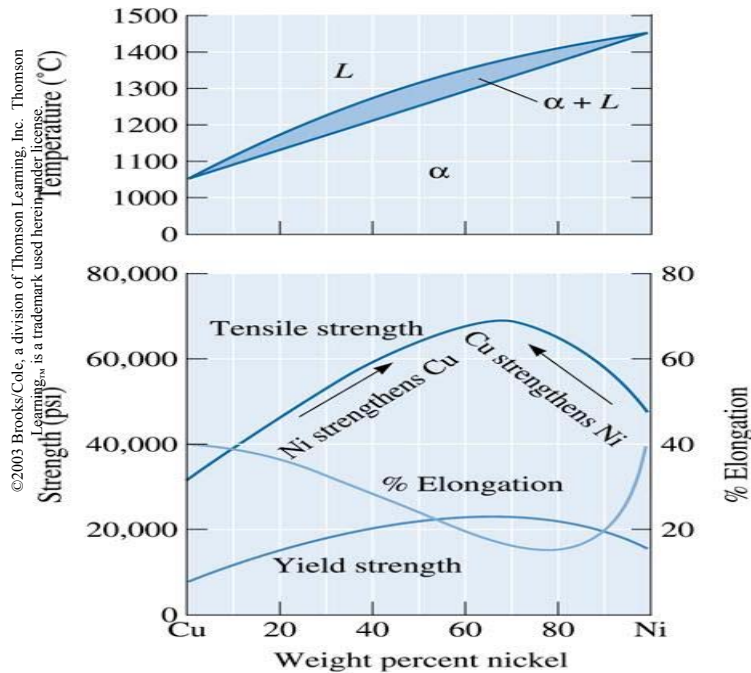
- ❑ Cu'ya yaklaşık %60 Ni ilave edilene kadar Cu'nun dayanımı katı eriyik mukavemetlenmesi ile artar.
- ❑ Saf Ni'ye %40 Cu ilavesi ile katı eriyik mukavemetlenmesi sağlanır.
- ❑ Cu-%60 Ni (Monel) ile maksimum dayanım elde edilir.



**Bakır-Nikel alaşımlarının mekanik özellikleri. Bakır %60 Ni'ye kadar mukavemet kazanabilir ve nikel %40 bakıra kadar mukavemet kazanabilir.**

# Örnek 9.11. Döküm İçin Ergitme Prosesinin Tasarımı

Minimum akma dayanımı 20000 psi minimum çekme dayanımı 60000 psi ve minimum uzamanın %20 olduğu ürün istenmektedir. Ancak, elimizde Cu-%20 alaşımı ve saf nikel var. İstenen özellikleri verecek döküm prosesini tasarlayınız?



**Cu-Ni alaşımının mekanik özellikleri.**



## ÇÖZÜM

Şekilden istenilen mekanik özellikleri verecek alaşım belirlenir:

Cu-%90 Ni veya Cu-%33 den%60 Ni

Maliyet göz önüne alındığında düşük Nikel içerikli olanı tercih edilir. Ek olarak düşük nikel alaşımları düşük likidüs vereceğinden daha düşük sıcaklıklarda döküm yapılmasını sağlayacaktır. Bu yüzden alaşım Cu-%35 Ni olabilir.



## ÇÖZÜM (devamı)

Cu-%20 Ni'ye Ni ilavesi gerekecektir.

10kg alaşım üreteceğimizi varsayalım.

x: gerekli Cu-%20 Ni alaşım olsun.

Saf Ni : 10-x.

Sonuçta %35 Ni, toplam Ni ihtiyacı::

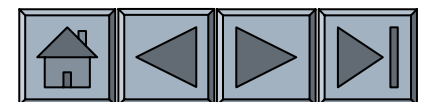
$$(10 \text{ Kg})( \%35 \text{ Ni} / \%100) = 3.5 \text{ Kg Ni}$$

Cu-%20 alaşımındaki Ni % + saf nikel eklenen=  
%35'lik alaşımdaki toplam nikel

$$0.2x + 10 - x = 3.5$$

$$6.5 = 0.8x$$

$$x = 8.125 \text{ kg}$$



## Bölüm 9.7 Katı Eriyik Alaşımın Katılaşması

- ❑ **Segregasyon** – Malzemedeki kompozisyon farklılıklarının bulunmasıdır. Katılaşma sırasındaki yetersiz difüzyon nedeniyle genelde ortaya çıkar.
- ❑ Dengesiz katılaşmanın oluşturduğu uniform olmayan kompozisyon segregasyonun gelişmesini veya dentrit kolları arasında kısa mesafede oluşan ve göbek olarak bilinen mikrosegregasyonu göstermektedir.
- ❑ Katı eriyik alaşımlarının katılaşması sırasında dentritik büyüme ısısal alt soğuma/aşırı soğuma olmadığı durumda bile tipik olarak meydana gelir.

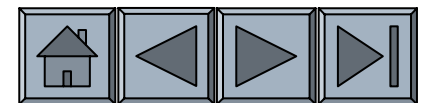
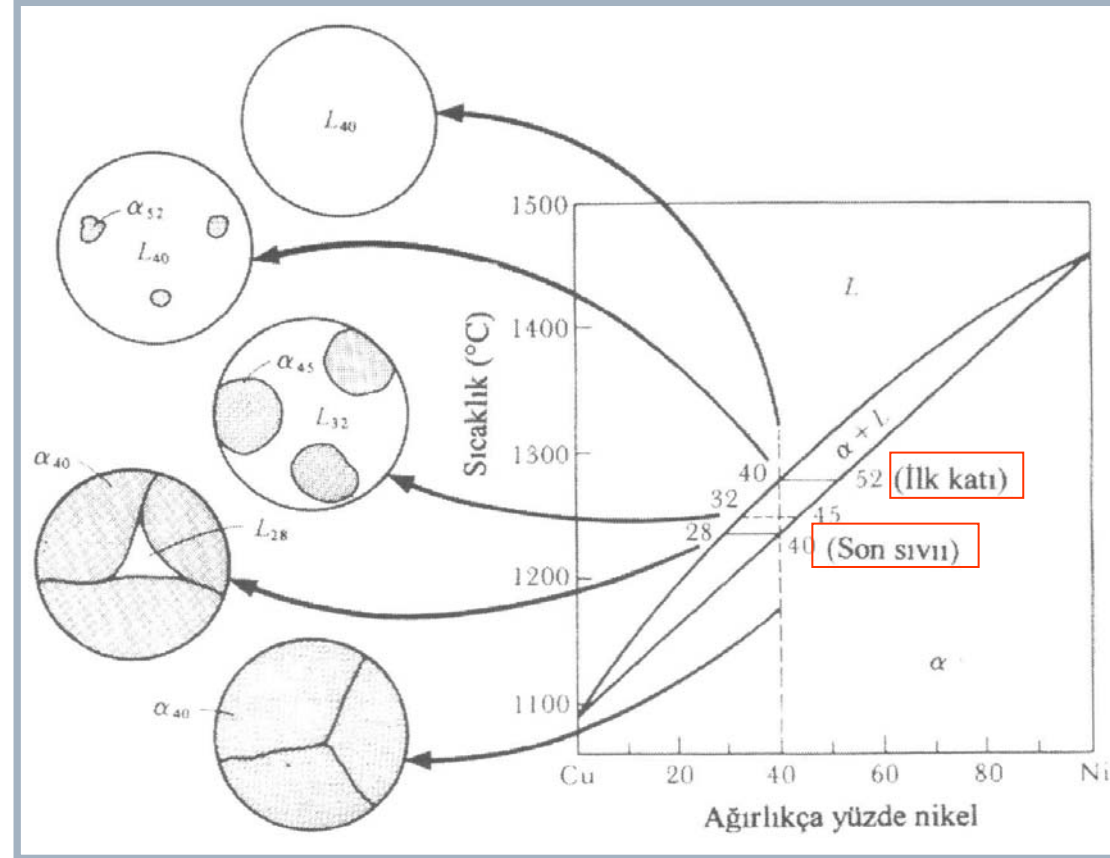
# Katı Eriyik Alaşımlarının Katılaşması

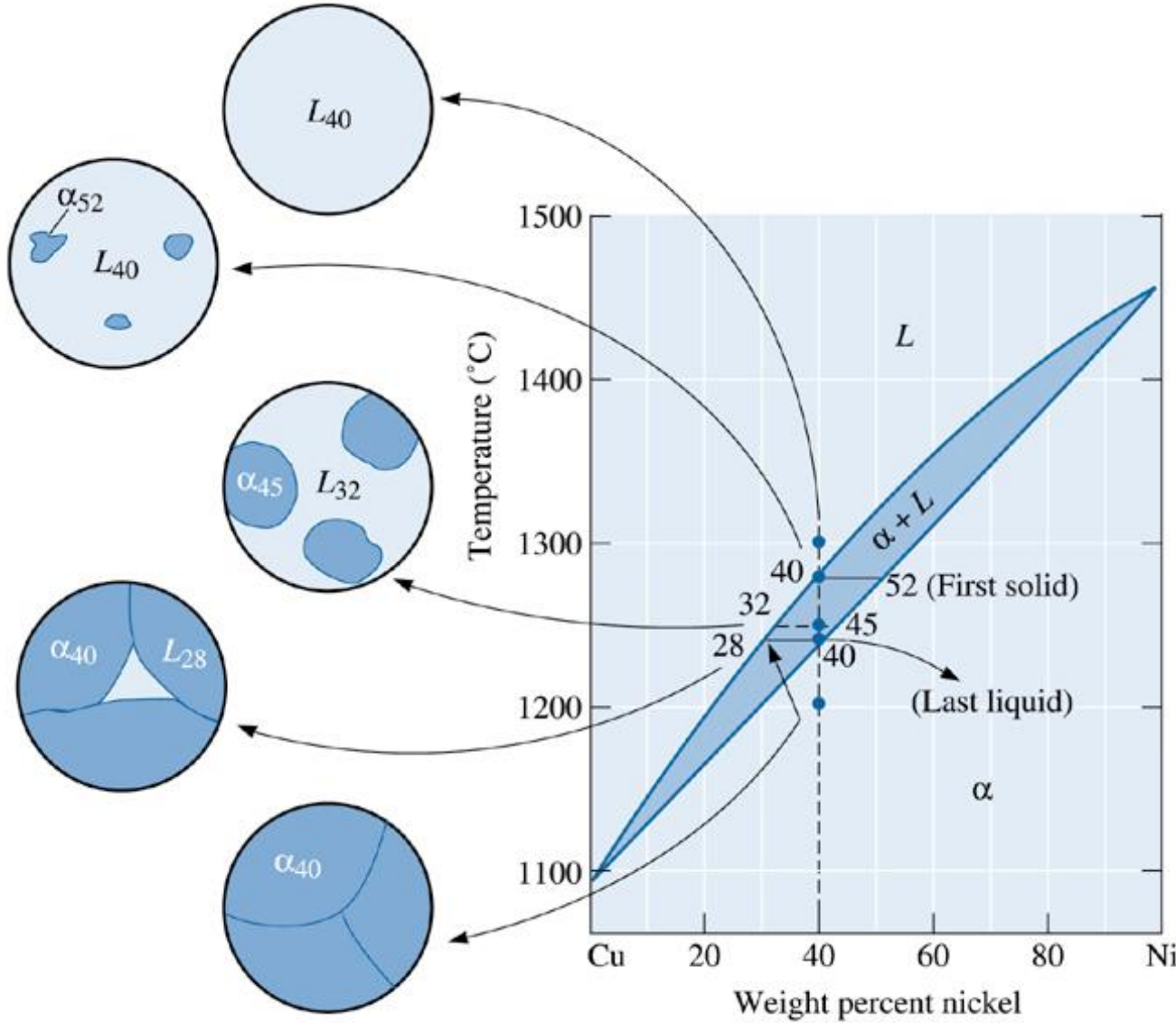


□ Cu-%40 Ni gibi bir alaşım ergitildiğinde ve soğutulduğunda, katılaşma çekirdeklenme ve büyümenin oluşumunu gerektirir.

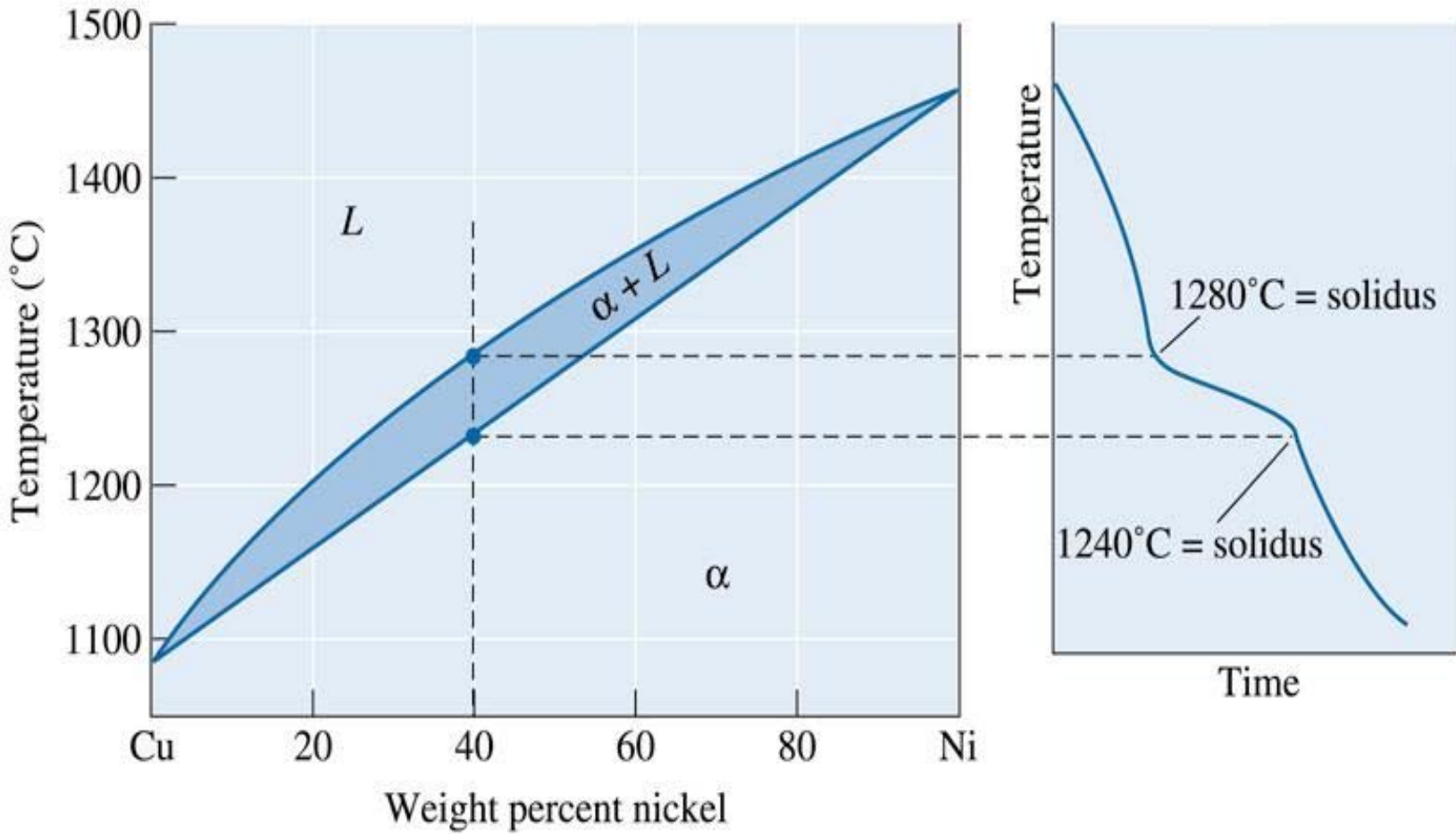
□ Sıvı likidüs sıcaklığına ulaştığında katılaşma başlar.

□ İlk katı → Cu-%52Ni





**Dengeli katılaşma esnasında Cu-%40 Ni alaşımının yapısındaki değişim. Nikel ve bakır atomları homojen denge yapısı oluşturmak için katılaşma esnasında difüze olurlar.**

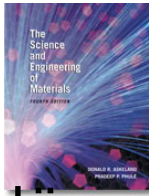


©2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning, is a trademark used herein under license.

**İzomorfoz/birbiri içinde tamamen eriyen alaşımların katılaşma esnasındaki soğuma eğrisi. Termal dengenin sağlanması için soğuma hızlarının yeterince küçük olduğu varsayılır. Eğitimdeki değişimler Cu-%40Ni için likidüs ve solidüs sıcaklıklarını gösterir.**

## Bölüm 9.8 Dengesiz Katılma ve Segregasyon

- **Coring** – Döküm ürünlerde kimyasal segregasyondur mikrosegregasyon veya dentritler arası segregasyon olarak da bilinir.
- **Homojenizasyon Isıl İşlemi** – Dengesiz katılma esnasındaki mikrosegregasyonları azaltmak için uygulanan ısıl işlemdir.
- **Makrosegregasyon** – Dengesiz katılma sonucu malzemedeki uzun mesafelerde görülen kompozisyon farklarıdır.
- **Sprey atomizasyon**- Seramik uçlar/nozzle kullanılarak ergimiş alaşım veya metallerin püskürtülmesidir.



## Sıcak Yırtılma

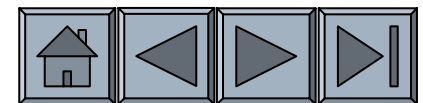
❑ Mikrosegregasyon sıcak yırtılmaya veya denge solidus altındaki sıcaklıklarda düşük ergime noktalı dentritler arası malzemenin ergimesine neden olabilir.

## Homojenizasyon

❑ Sıcak yırtılma problemleri ve dentritler arası segregasyon, homojenizasyon ısı işlemi uygulanarak azaltılabilir.

## Makrosegregasyon

❑ Makrosegregasyon merkez ve yüzey arasında, geniş bir mesafe üzerinde olur.

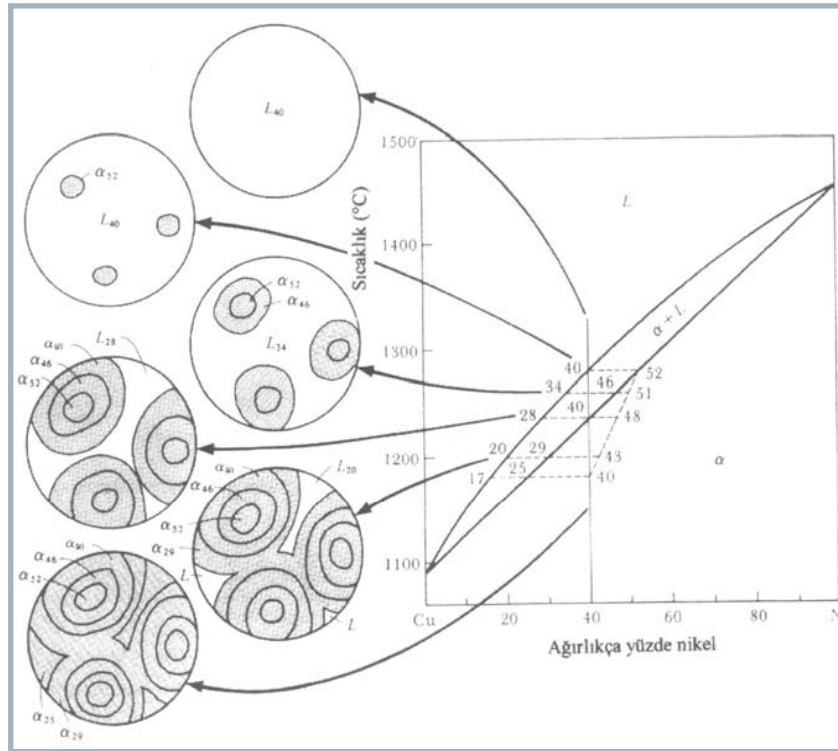




# Katı Eriyik Alaşımlarının Dengesiz Katılaşması

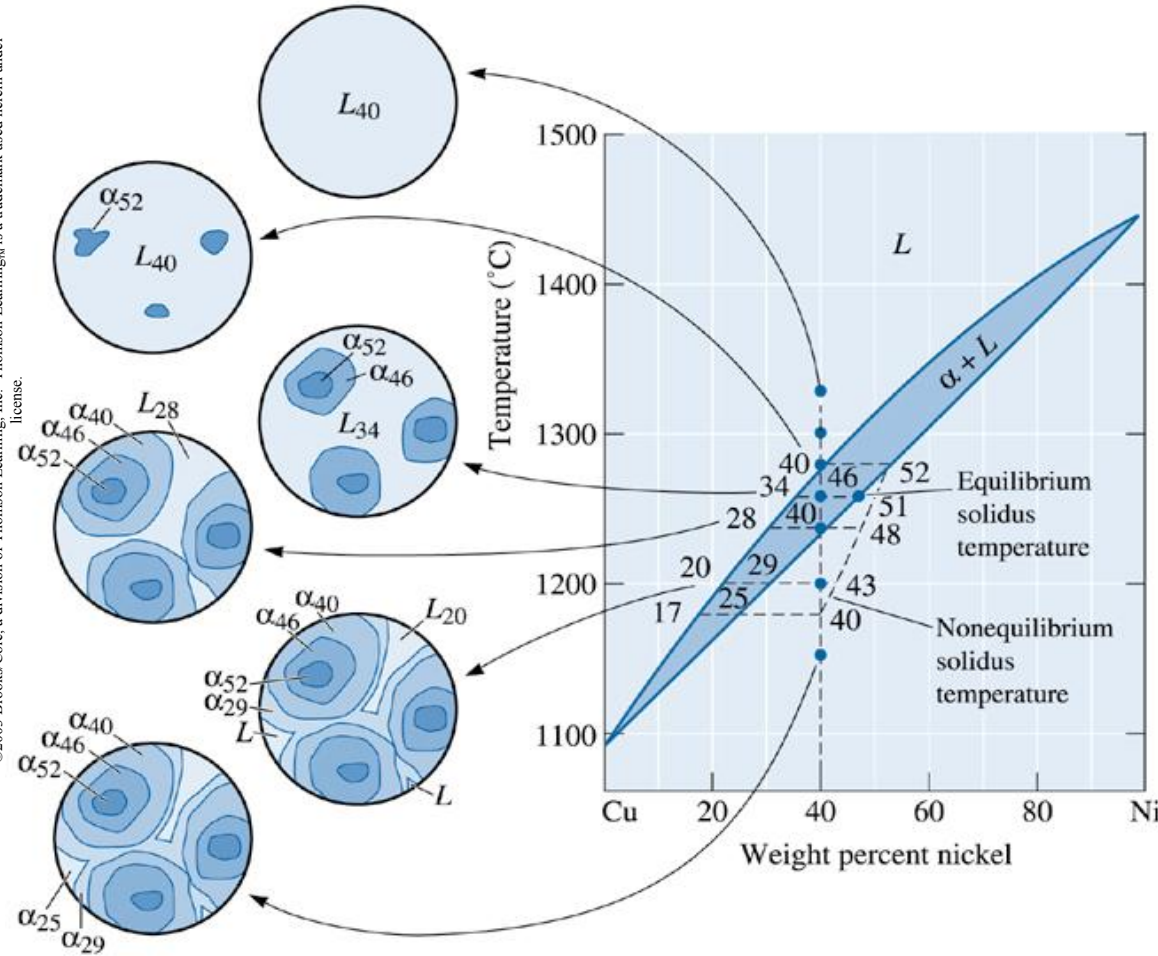
Soğuma çok hızlı olduğunda atomların difüzyonu için yeterli zaman olmadığından dengesiz şartlar oluşur.

## Cu-%40 Ni Alaşımı



❑ Katı içerisinde difüzyon için zamanın yetersiz olması segregasyonlu bir yapı oluşturur.

❑ Dengesiz solidüs çizgisinin gerçek yeri ve son dengesiz solidüs sıcaklığı soğuma hızına bağlıdır. Yüksek soğutma hızı, dengede daha büyük sapmalara neden olur.



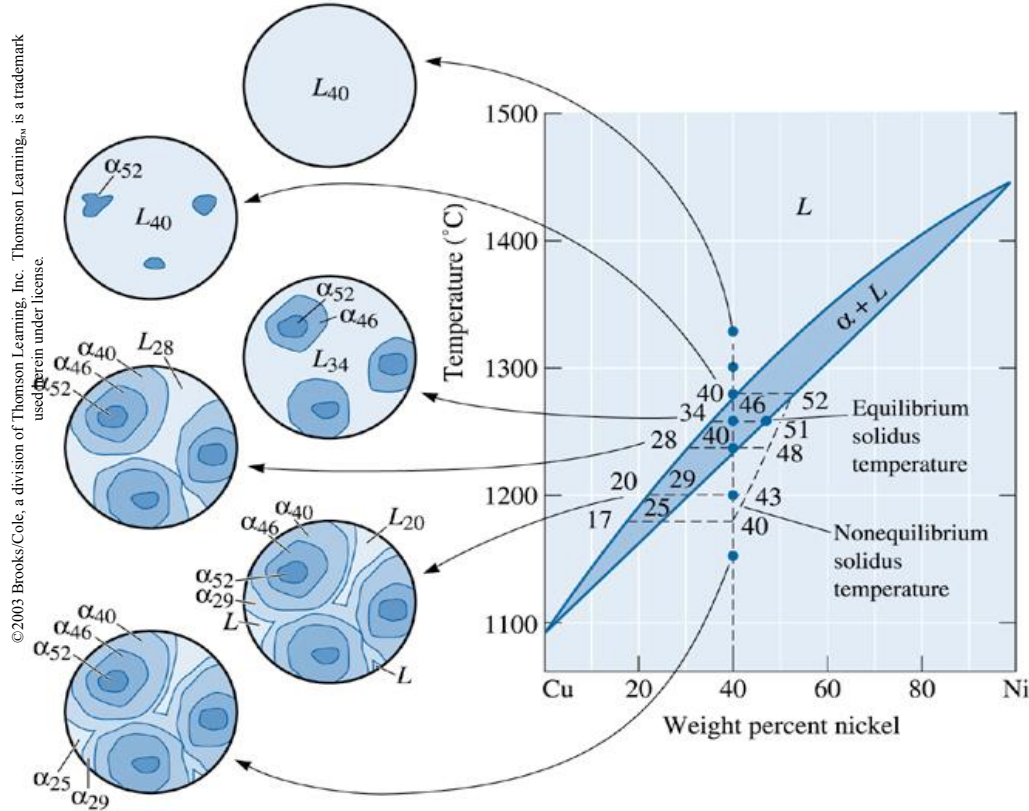
**Dengesiz katılaşma sonucu Cu-%40 Ni alaşım yapısındaki değişim. Difüzyon için yetersiz süre segregasyon yapısını ortaya çıkarır.**

## Örnek 9.12. Cu-Ni Alaşımlarının Dengesiz Katılaşması

Cu%40Ni alaşımının dengesiz katılaşma koşullarında 1300°C, 1280°C, 1260°C, 1240°C, 1200°C, ve 1150°C'de kompozisyonunu ve her fazın miktarını hesaplayıp önceki örnekte verilen dengeli katılaşma koşulları ile karşılatırınız?

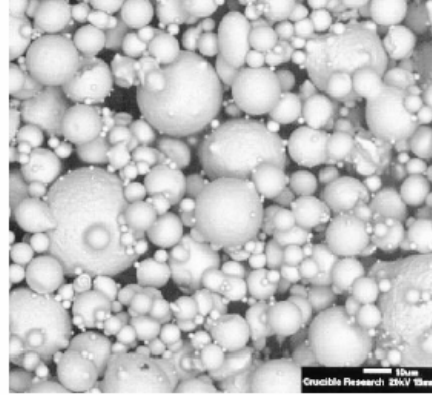
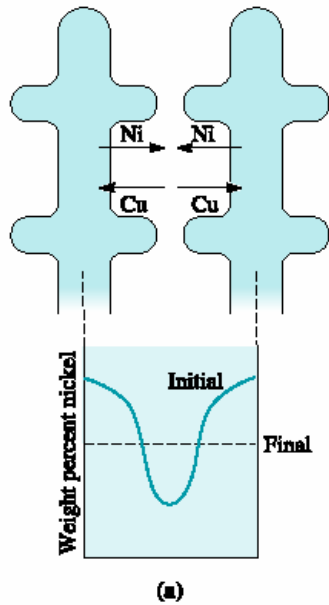
# ÇÖZÜM

Dengeli katılaşma koşullarında olduğu gibi bağ çizgisi kullanılır.

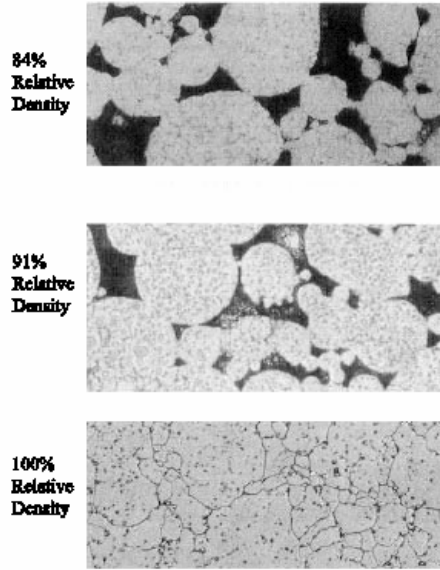


# ÇÖZÜM (devam)

Temperature	Equilibrium	Nonequilibrium
1300°C	$L: 40\% \text{ Ni } 100\% L$	$L: 40\% \text{ Ni } 100\% L$
1280°C	$L: 40\% \text{ Ni } 100\% L$ $\alpha: 52\%, \text{ Ni } \sim 0\%$	$L: 40\% \text{ Ni } 100\% L$
1260°C	$L: 34\% \text{ Ni } \frac{46 - 40}{46 - 34} = 50\% L$ $\alpha: 46\% \text{ Ni } \frac{40 - 34}{46 - 34} = 50\% \alpha$	$L: 34\% \text{ Ni } \frac{51 - 40}{51 - 34} = 65\% L$ $\alpha: 51\% \text{ Ni } \frac{40 - 34}{51 - 34} = 35\% \alpha$
1240°C	$L: 28\% \text{ Ni } \sim 0\% L$ $\alpha: 40\% \text{ Ni } 100\% \alpha$	$L: 28\% \text{ Ni } \frac{48 - 40}{48 - 28} = 40\% L$ $\alpha: 48\% \text{ Ni } \frac{40 - 28}{48 - 28} = 60\% \alpha$
1200°C	$\alpha: 40\% \text{ Ni } 100\% \alpha$	$L: 20\% \text{ Ni } \frac{43 - 40}{43 - 20} = 13\% L$ $\alpha: 43\% \text{ Ni } \frac{40 - 20}{43 - 20} = 87\% \alpha$
1150°C	$\alpha: 40\% \text{ Ni } 100\% \alpha$	$\alpha: 40\% \text{ Ni } 100\% \alpha$



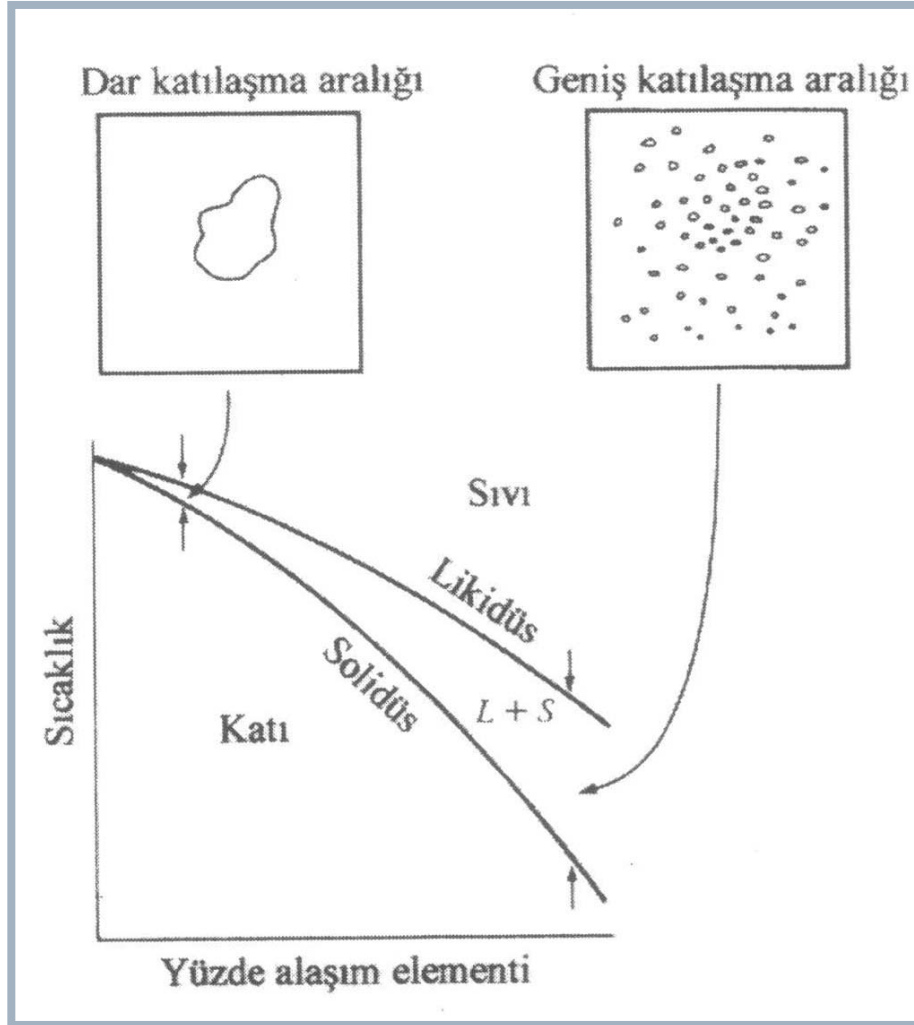
(b)



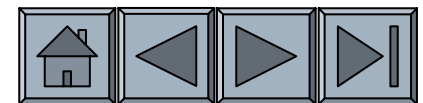
(c)

**(a) Dendritler arası mikrosegregasyon homojenizasyon ısıll işlemi ile azaltılmıştır. Bakır ve Nikel atomları arasındaki dizfüyonda sonunda kompozisyon gradyantının elimine edilmesini sağlayacaktır. (b) Süperalaşımaların süper atomize tozları. (c) Düşük karbonlu Astroalloy numunede sıcak izostatik presleme ile yoğunluğundaki değişim. (Courtesy of J. Staite, Hann, B. and Rizzo, F., Crucible Compaction Metals.)**

❑ Kısa katılma aralıklı saf metaller ve alaşımlar çok az veya hiç macunsu bölge oluşturmama eğilimindedirler.



❑ Yoğunlaşmış çekme boşlukları besleyiciler ile kontrol edilebilir.





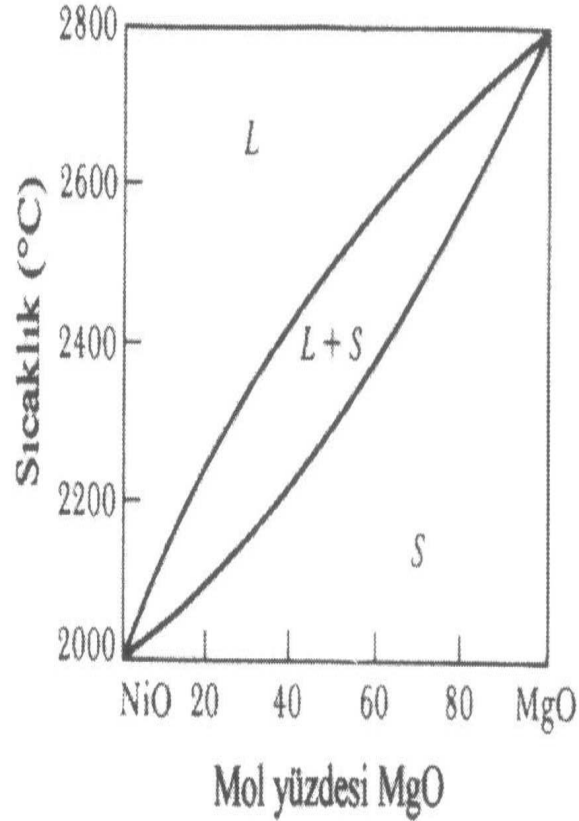
## Katılma Aralıklı Alaşımın Dökülebilirliđi

- Uzun katılma aralıklı alaşımlarda katılma tamamlanmadan önce macunsu veya lapa (katı+sıvı) bölgesi gelişir. Sıvı metal katılma çekmesini telafi için bu macunsu bölgeye doğru kolaylıkla akamaz.
- Bunun sonucu olarak, çok yaygın olan dentritler arası çekme görülür.



# Seramik ve Polimer Sistemleri

## NiO-MgO Sistemi



## Vinil Klorür ve Vinildin Klorür

