

Faz Dönüşümleri ve Faz (Denge) Diyagramları

1. Giriş

- Bir cisim bağ kuvvetleri etkisi altında en düşük enerjili denge konumunda bulunan atomlar grubundan oluşur.
- Koşullar değişirse enerji içeriği değişir, denge bozulur, atomlar daha düşük enerji gerektiren başka bir denge konumuna geçerek değişik biçimde dizilir ve sonuçta yeni bir faz oluşur.
- Fazların oluşumunda ve dönüşümünde ana etken enerji içeriğidir, bu içeriği değiştiren üç ana etken sıcaklık, basınç ve bileşim dir.
- Denge diyagramları yardımı ile belirli bir malzemedeki sistemde sıcaklık ve bileşime bağlı olarak oluşacak fazların türleri, bileşimleri ve miktarları hatta iç yapılar da tahmin edilebilir.

2. Faz diyagramlarının çeşitleri

1. Sıvı halde sınırsız çözünen sistem
 - a) Katı halde sınırsız çözünen
 - b) Katı halde kısmen çözünen
 - c) Katı halde hiç çözünmez
2. Sıvı halde kısmen çözünen sistem
 - a) Katı halde kısmen çözünen
 - b) Katı halde hiç çözünmez
3. Sıvı halde hiç çözünme olmayan sistem
 - a) Katı halde hiç çözünme olmaz

3. Fazlar kuralı

- Bir sistemdeki fazların denge halinde bulunması için gerekli koşulları saptar.
- Laboratuvar deneyleri genellikle sabit basınçta uygulandığından bileşim ve sıcaklık olmak üzere iki değişken vardır.

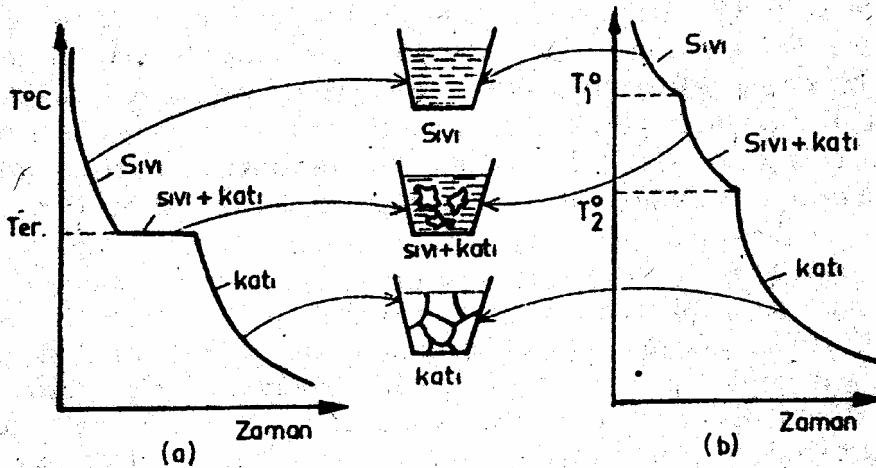
B: Mevcut bileşenlerin sayısı

D: Değişken sayısı

F: Fazların sayısı

$$F + D = B + 1$$

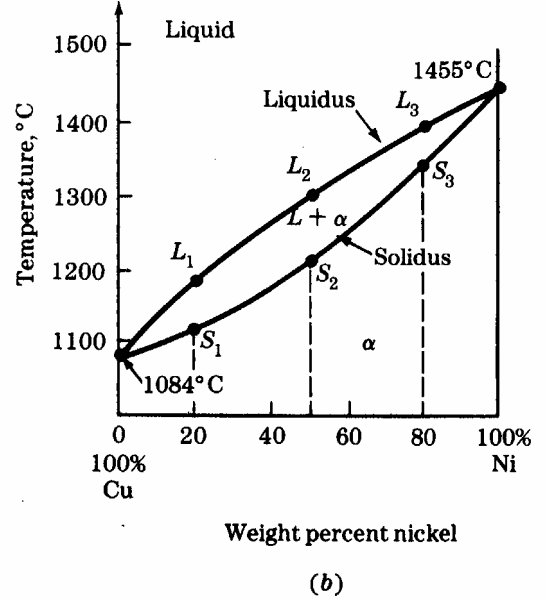
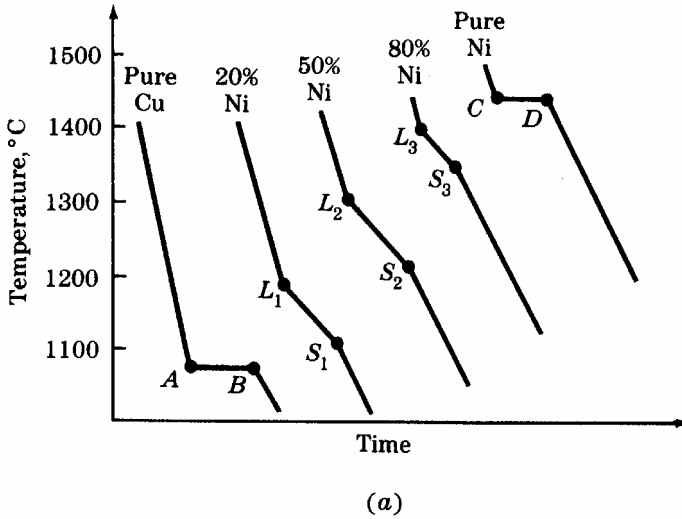
4. Soğuma Diyagramları



- Birden fazla bileşenli sistemlerde değişik bileşimde bir seri alaşım hazırlanarak ertilir, sonra soğuma süresinde sıcaklığın zamanla değişimi ölçülür.
- Elde edilen sonuçlar sıcaklık-zaman eksenleri üzerinde işaretlenerek soğuma eğrileri elde edilir.

5. Denge diyagramlarının oluşturulması

- Bir malzeme sisteminde fazların bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak değişimini gösteren diyagramlara **denge diyagramları** veya **faz diyagramları** denir.
- Bu diyagramlar malzeme üretiminde, iç yapıları ve kararlılık bölgelerini saptamada ve ayrıca çeşitli ısı işlemlerde kullanılır.
- Faz diyagramları soğuma diyagramları yardımı ile elde edilirler.



Birbirini sınırsız oranda eriten iki bileşenli bir sistem olan Cu-Ni sisteminin faz diyagramı

- Liquidus: Likidüs (sıvılık)
- Solidus: Solidüs (katılık)

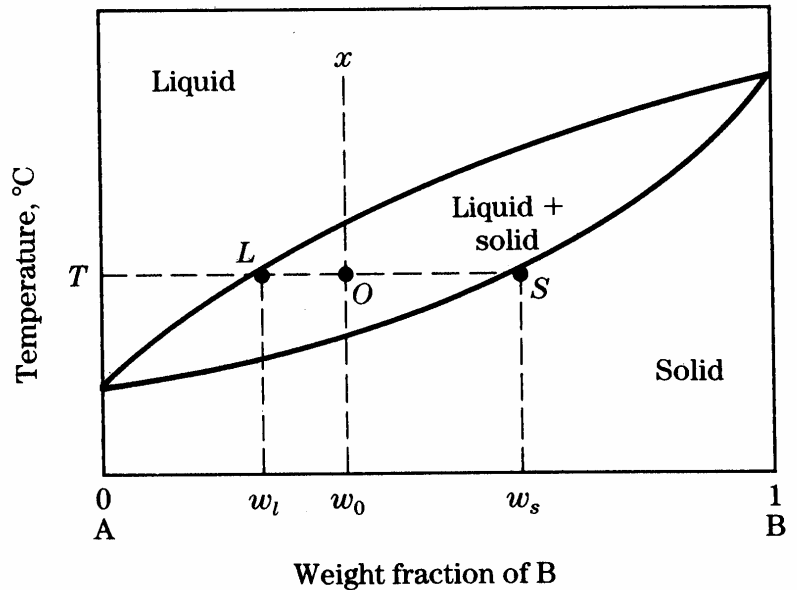
6. Denge diyagramlarından elde edilen bilgiler

a) **Fazların türü:** Bir alaşım sisteminde verilen bir sıcaklıkta mevcut fazların türü belirlenebilir; Sıvı, sıvı+katı, katı.

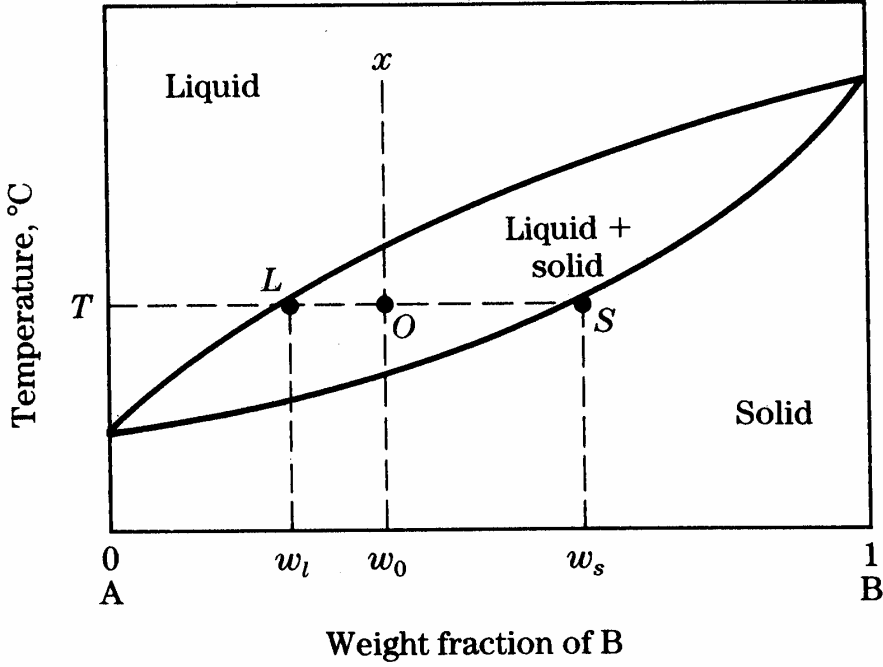
b) **Fazların bileşimi :**

- İki fazlı bölgede çizilen sabit sıcaklık yatayının sınır eğrileri arasında kalan LS parçasına bağ çizgisi denir.
- Bağ çizgisinin sıvılık eğrisini kestiği noktanın bileşimi sıvı fazın bileşimini, katılık eğrisini kestiği noktanın bileşimi de katı fazın bileşimini verir.
- Bu yönetime bağ çizgisi kuralı denir.

- Sıvı fazın Bileşiminde $\%w_L$ kadar B vardır.
- Katı fazın Bileşiminde $\% w_S$ kadar B vardır.



c) Fazların miktarı:



$$P_0 = P_S + P_K$$

P_0 : Alaşımın toplam ağırlığı

P_S : Sıvı fazın ağırlığı, P_K : Katı fazın ağırlığı

X_S : Sıvı fazın oranı $X_S + X_K = 1$

X_K : Katı fazın oranı

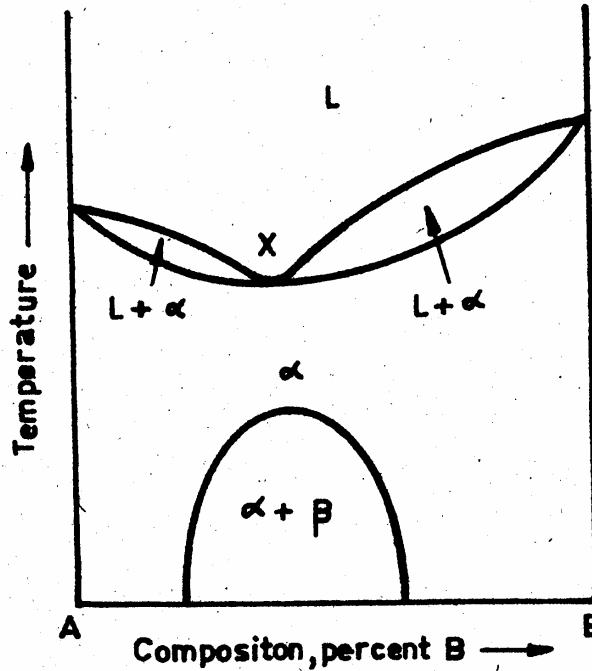
$$X_K = (W_0 - W_L) / (W_S - W_L)$$

$$X_S = (W_S - W_0) / (W_S - W_L), \quad P_0 = X_S P_0 + X_K P_0$$

• Belirli bir fazın bağıl miktarının bağ çizgisinin 'O' alaşım noktasının karşı tarafındaki kolunun toplam boya oranına eşit olduğu sonucu çıkarılır ve buna levye kuralı denir.

7. Birbirlerini sınırlı oranda eriten sistemler

- Endüstride kullanılan sistemler birbirlerini çoğunlukla sınırlı oranda eritirler.
- Çökeltme eğrisi altındaki sıcaklıklarda α fazı B atomlarınca doymuş hale gelir ve B atomlarının fazlası β fazı halinde çökeltir. Bu sıcaklığın altında α ve β gibi iki fazın karışımından oluşur. Bundan dolayı bu eğriye çökeltme veya ayrışma eğrisi denir.



- Çökeltme eğrisi yükselip katılık eğrisi ile kesişince birbirlerini sınırlı oranda eriten iki bileşenli bir sistem elde edilir.

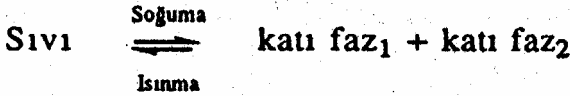
8. Temel faz dönüşümleri

Belirli fazlardan oluşan bir denge yapısından değişik fazlardan oluşan diğer bir denge yapısına geçiş olayına faz dönüşümü denir.

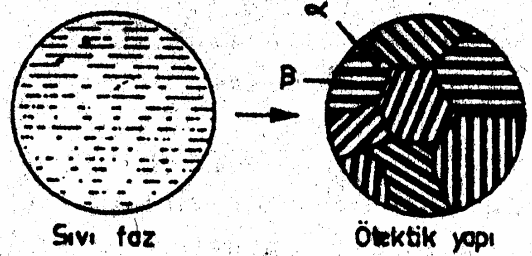
8.1. Katılaşma dönüşümleri

a) **Katı eriyik oluşumu:** Sıvı eriyikten katı eriyik oluşumu belirli bir sıcaklık aralığında tamamlanır ve sonuçta tek bir katı faz meydana gelir.

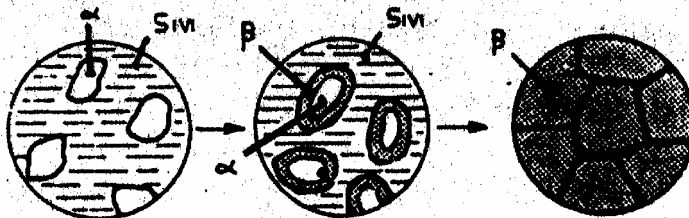
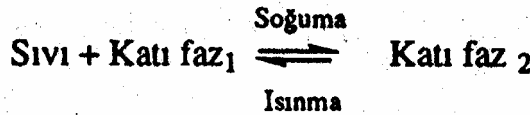
b) **Ötektik reaksiyon:** Birbirini sınırlı oranda eriten bazı sistemlerin belirli bir bileşimdeki alaşımları sabit sıcaklıkta katılaşır ve ötektik reaksiyon sonucu sıvı faz aynı anda iki ayrı katı faza dönüşür.



Bu yapı çok ince ve sık tabakalıdır. Üstün mekanik özelliklere sahiptir.



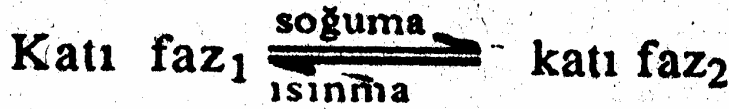
c) **Peritektik reaksiyon:** Katılaşma süresinde bir arada bulunan sıvı fazla katı fazın sabit sıcaklıkta başka bir katı faza dönüşmesine peritektik reaksiyon denir.



8.2. Katı hal dönüşümleri

- Katı halde atomların hareket yetenekleri çok kısıtlıdır, bu nedenle dönüşümlerin tamamlanabilmesi için belirli bir süreye ihtiyaç vardır.
- Dönüşme olayı atomsal yayılım sonucu oluşur ve bu üç aşamada tamamlanır.
- Birinci aşamada atomların çevresi ile bağları kopar, ikinci aşamada hareket ederek daha düşük enerjili konumlara giderler ve son aşamada yeni fazı oluştururlar.

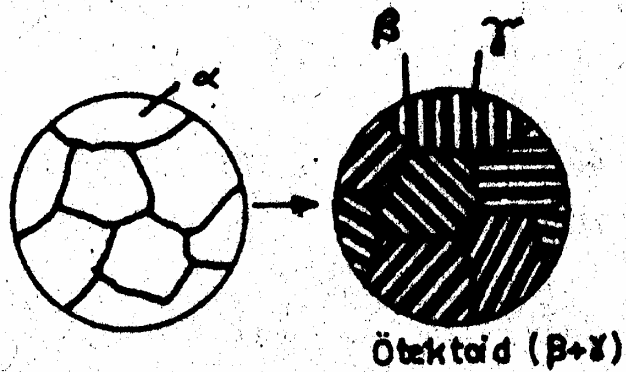
a) Poliformik dönüşme: Bazı saf metallerde kafes yapı sabit sıcaklıkta diğer bir tür kafes yapısına dönüşür. Buna poliformik dönüşme denir.



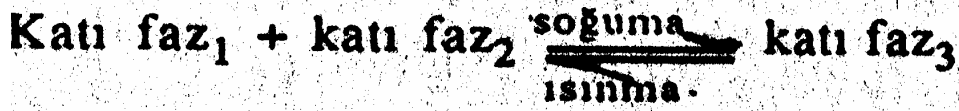
b) Ötektoid reaksiyon:



Bir katı faz sabit sıcaklıkta aynı anda iki ayrı katı faza dönüşür.



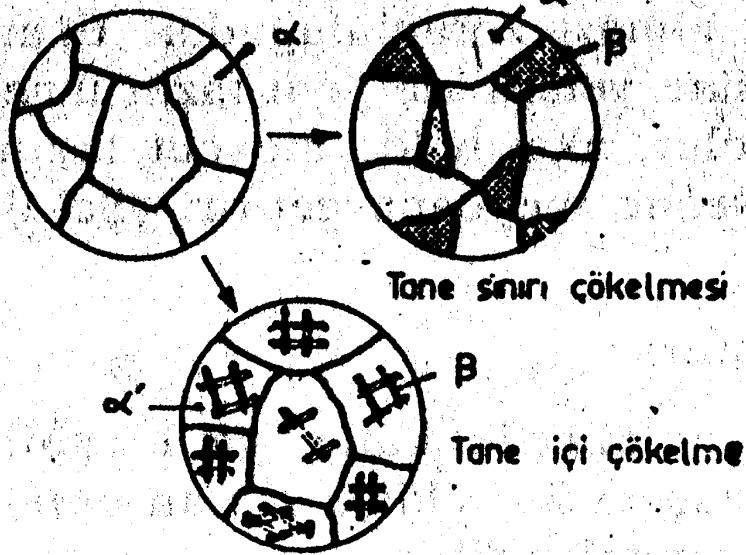
c) **Peritektoid reaksiyon:** İki katı faz sabit sıcaklıkta diğer bir katı faza dönüşür.



d) **Katı eriyikten çökeltme:** Tek fazlı bir katı eriyik soğurken belirli bir sıcaklık düzeyinde doymuş hale gelir.

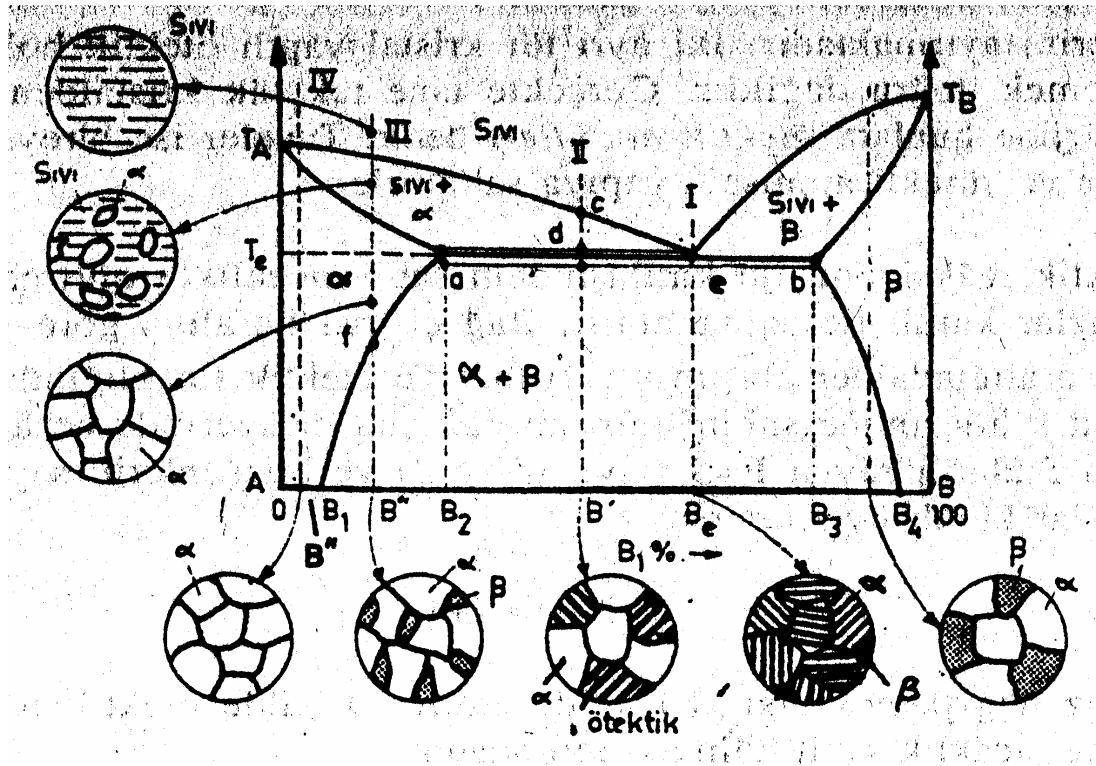
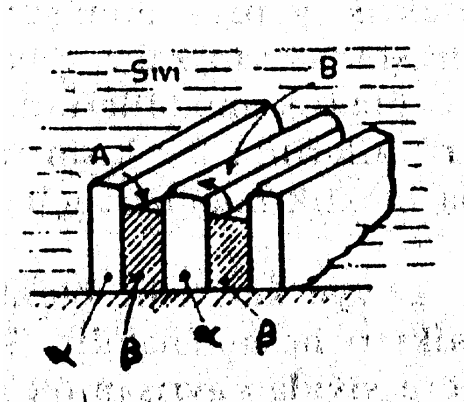
- Bu doyma noktasında katı eriyikte bulunan yabancı atomların bir kısmı ayrılarak ikinci bir faz halinde çökeltir. Çökelen fazın miktarı sıcaklık düştükçe artar.
- Uygulamada bu çökelen fazın miktarı, çökeltme yeri ve büyüklüğü kontrol edilerek daha yararlı yapılar oluşturulabilir.

Aluminyum alaşımlarına uygulanan yaşlanma sertleşmesi işlemi bu gerçeğe dayanır.



9. Ötektik sistem

- Birbirlerini sınırlı oranda eriten bazı iki bileşenli sistemlerde, bileşenler birbirlerinin ergime sıcaklıklarını düşürür ve en düşük ergime sıcaklığına sahip bileşimdeki alaşım ötektik reaksiyon sonucu katılaşır.
- Bu reaksiyon süresinde iki katı faz yan yana ince tabakalar halinde oluşarak ötektik yapıyı meydana getirir.



- İki ayrı tür kristal yapılı ötektik bölgelerine tane demek doğru değildir. Gerçekte tane tek tür kristalden oluşur. Metalurjide bunlara ötektik modülleri denir.
- Ötektik alaşımların ergime sıcaklığı düşük ve kendini çekme miktarı az olduğundan döküm için çok elverişlidir.
- İnce taneli yapıları da çok mukavemetlidir.

Teknik bakımdan önemli bazı ötektik
(veya yakın ötektik) alaşımlar

Alaşım	Bileşenler ve ergime noktaları (°C)	Alaşım ergime noktası (°C)
Yumuşak lehim	%60 Sn (232) %40 Pb (327)	183
Gümüş lehim	%55 Cu (1083) %45 Ag (961)	620
Basınçlı Al Dökümü	%88 Al (660) %12 Si (1414)	577
Basınçlı Zn Dökümü	%96Zn (419) %4 Al (660)	380

Faz