

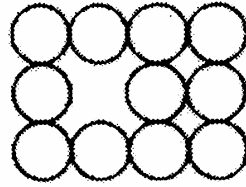
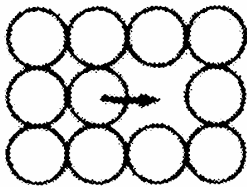
# ATOM HAREKETLERİ ve ATOMSAL YAYINIM

## 1. Giriş

- Malzemelerde üretim ve uygulama sırasında görülen katılaşma, çökeltme, yeniden kristalleşme, tane büyümesi gibi olaylar ile kaynak, lehim, sementasyon gibi işlemler büyük ölçüde atomların kütle içindeki hareketlerine bağlıdır.
- Atomların hareketleri ısı enerjisi etkisinde oluşur ve iki aşamalıdır.
- Birincisi ısı etkisi ile atomların kendi denge konumları çevresindeki küçük titreşim hareketleri, ikincisi ise yine aynı etki ile bir denge konumundan diğerine atlayarak yaptıkları uzak mesafe hareketleridir. Bu sonuncuya atomsal yayılım veya difüzyon denir.
- Katı malzemelerde meydana gelen difüzyon gaz ve sıvılardaki difüzyondan çok daha yavaştır.

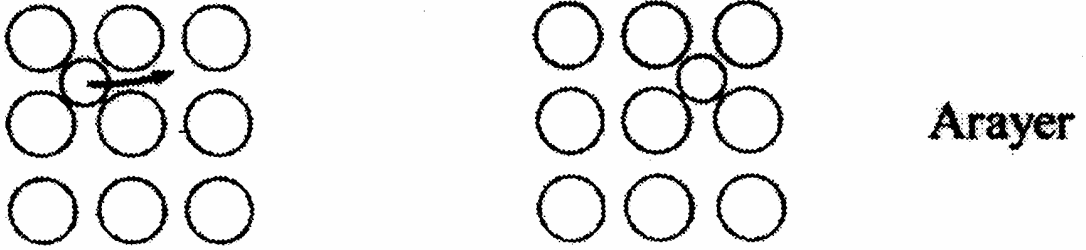
## 2. Yayılım Mekanizmaları

**Boşluk yayılımı** bir atomun yanındaki boşluğu doldurmak için kendi kafesindeki yerini terk etmesidir (bu nedenle orijinal kafes yerinde yeni bir boşluk oluşturur).

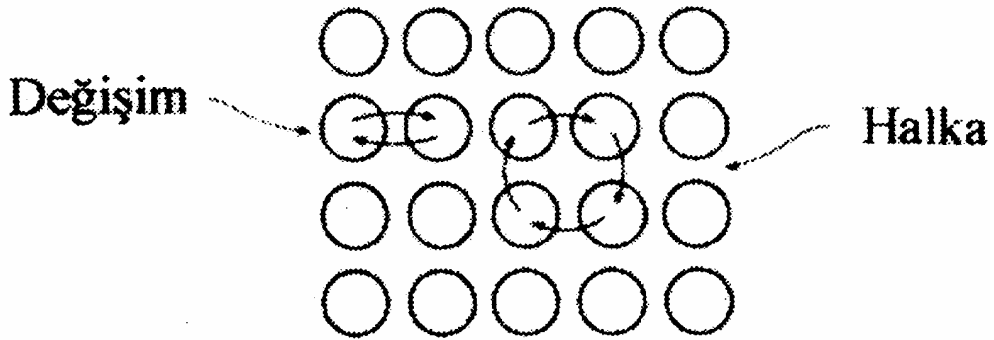


Boşluk

**Arayer yayını** kristal yapıda mevcut bulunan küçük bir arayer atomunun bir arayer'den diğer bir arayer'e hareketidir. Bu mekanizmanın gerçekleşmesi için boşluklara gerek yoktur.



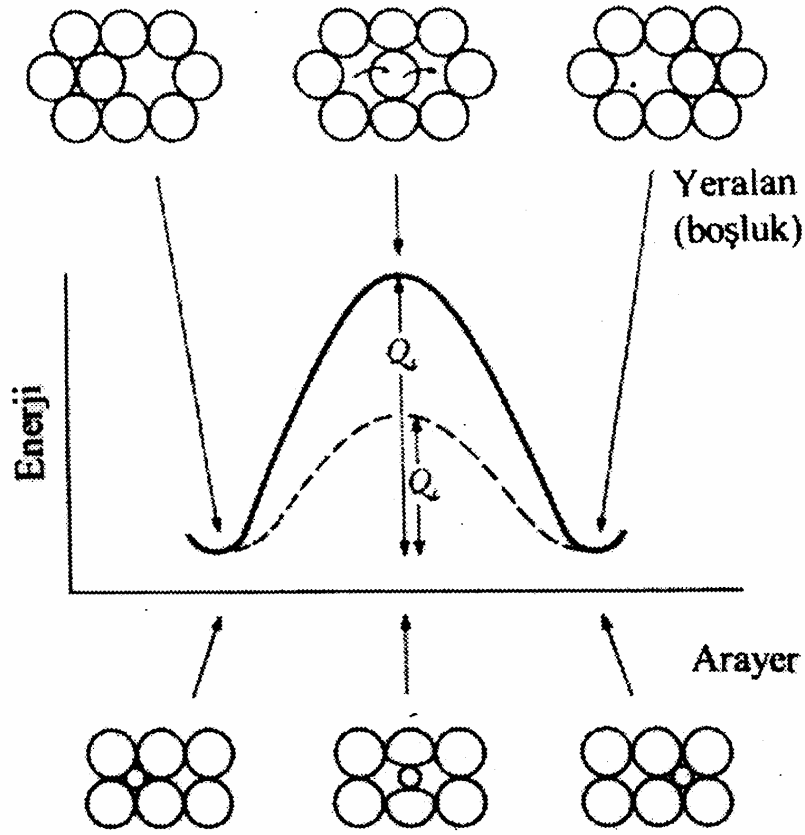
**Halka yayını** olasılığı düşük olmakla beraber çok ilginçtir. Birbirine değen atomlar aynı anda ve aynı yönde hareket ederek birbirlerinin yerini alabilirler. Bu tür yayılım çok büyük enerji gerektirdiğinden ancak ergime sıcaklığına yakın bölgelerde oluşabilir.



Yayınımların çoğu boşluk ve arayer mekanizmalarıyla gerçekleşir.

### 3. Yayınım İçin Aktivasyon Enerjisi

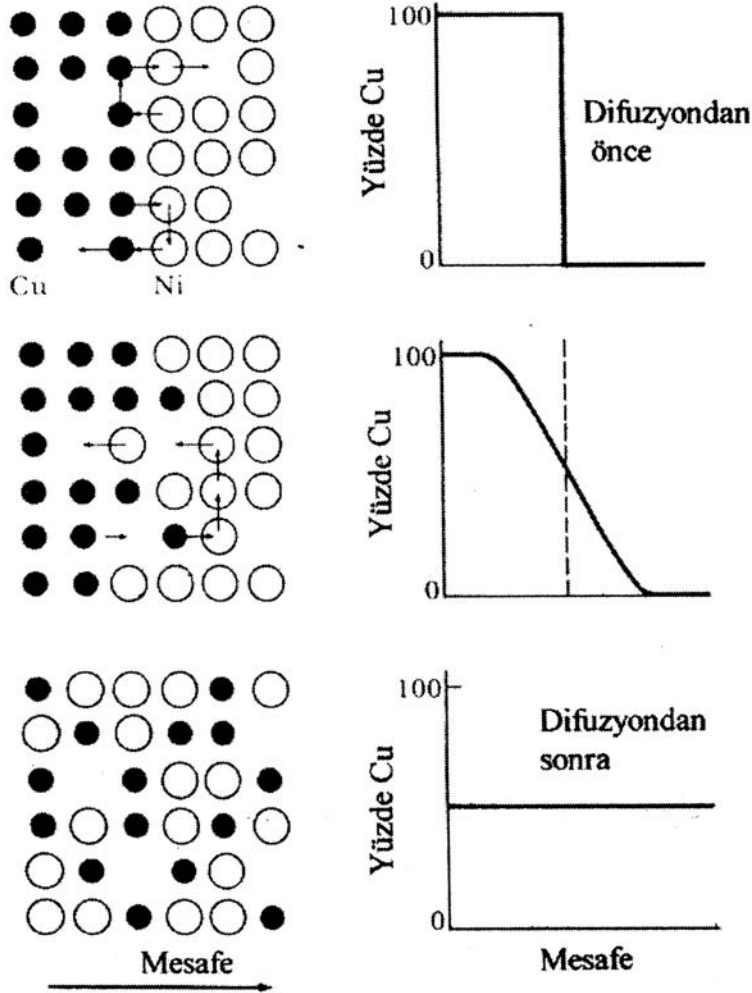
- Hareket eden bir atom yeni yerine ulaşmak için çevre atomlarını sıkıştırarak geçmek zorundadır. Bunun için enerji sağlanmalıdır.
- Yeni bir bölgeye hareket etmek için enerji engelini aşmak zorunludur. Bu enerji aktivasyon enerjisi dir,  $Q$  ile gösterilir. Bu enerji sınırını aşmak için atom ısıtılır.



Genellikle yeralan atomların yayılımı için arayer atomlarından daha fazla aktivasyon enerjisine ihtiyaç vardır.

## 4. Atomsal Yayınım Kuralları

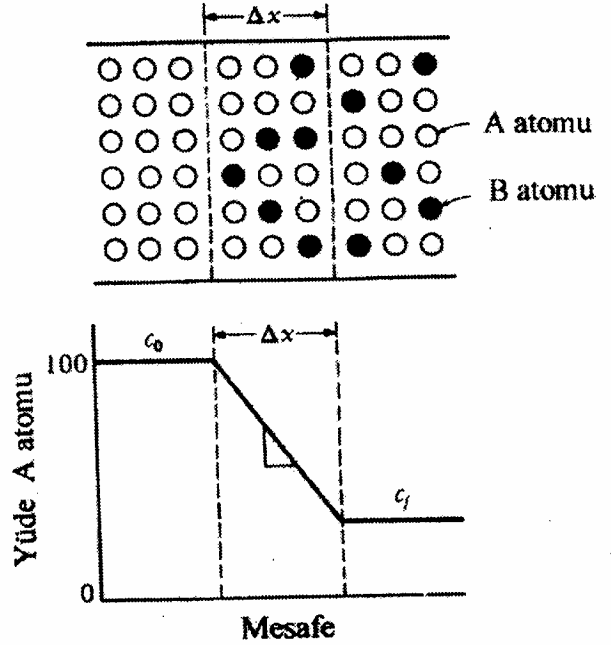
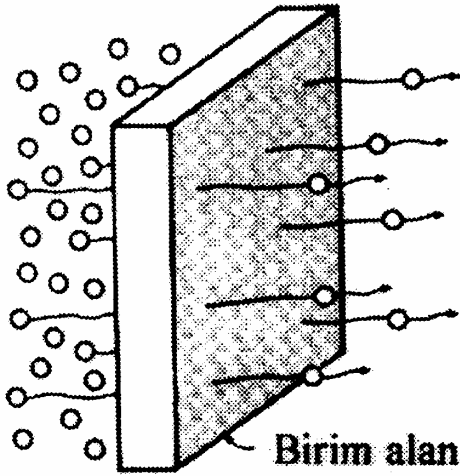
- Bir yayınım sistemi genellikle bir anafaz (eriten sistem) ile o fazın yapısında hareket eden yabancı atomlardan (eriyen sistem) oluşur.
- Şekilde Ni kaplanmış Cu kristali görülmektedir. Başlangıçtaki yüzeyde bütün atomlar Ni 'dir. Yüksek sıcaklıkta yeterince uzun beklenirse bakır ve nikel atomları bütün metal boyunca düzenli olarak dağılır.



Cu içinde yayılan Ni atomlarının konsantrasyonunun zamanla değişimi

## 4.1. Yayınım Hızı (1. Fick kanunu)

Bir malzeme içinde atomların yayınım hızı, birim zamanda birim düzlem alanı boyunca geçen atom sayısı olarak tanımlanan akı "J" ile ölçülebilir. 1. Fick kanunu net atom akısını açıklar.



$$J = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

J : Atomsal yayınım akısı (atom/(m<sup>2</sup>s))

D: yayınım katsayısı (m<sup>2</sup>/s)

c: atom konsantrasyonu

$\Delta c / \Delta x$ : konsantrasyon gradyanı

Konsantrasyon gradyanı yüksek iken başlangıçtaki akısı da yüksektir ve gradyan azalırken düzenli bir şekilde düşer.

- Yayınım katsayısı sıcaklığa, yayınım sisteminin türüne ve yapısına bağlıdır.
- Yayınım olayı hacim yayınımı, yüzey yayınımı ve tane sınırı yayınımı olmak üzere üç çeşittir.

Yayınım katsayısı 
$$D = D_0 e^{\left(-\frac{Q}{RT}\right)}$$

Burada Q aktivasyon enerjisi (kal/mol), R gaz sabiti (8,314 J / molK) ve T mutlak sıcaklıktır. D<sub>0</sub> ve Q yayınım sistemine bağlı sabitler olup deneysel yolla ölçülebilirler.

Bazı metallerde yayınım sabiti ve aktivasyon enerjisi

Eriyen	Eriten	D <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> /s)	Q	
			kcal/mol	kJ/mol
C	Fe (YMK)	2x10 <sup>-5</sup>	34	142
C	Fe (HMK)	22x10 <sup>-5</sup>	29,3	122
Ni	Fe (YMK)	7,7x10 <sup>-5</sup>	67	280
Mn	Fe (YMK)	3,5x10 <sup>-5</sup>	67,5	282

- Küçük atomlar daha kolay yayınır.
- Belirli bir atom ergime sıcaklığı düşük dolayısıyla atomlararası bağ daha zayıf olan ortamda daha kolay yayınır.
- Atomal dolgu faktörü düşük ortamlarda yayınım daha az enerjiyi gerektirir.
- Düzensiz yapıya sahip ve atom sıklığı tanelere göre daha az olan tane sınırları boyunca yayınım daha kolay oluşur. Bu nedenle faz dönüşümleri ve korozyon olayları tane sınırlarında başlar ve daha hızlı oluşur.

## 4.2. Kompozisyon Profili (İkinci Fick Kanunu)

•İkinci Fick kanunu atomların dinamik veya durağan olmayan hallerini tanımlar.

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2}$$

şeklinde bir diferansiyel eşitliktir. Denklemin çözümü belirli bir durum için sınır kurallarına bağlıdır.

•D terimi sabit kaldıkça değişik şartlarda aynı konsatrasyon profili elde edilebilir. Bu özellik, belirli bir ısı işlemin uygulanması için gerekli zaman üzerine sıcaklığın etkisini belirlemeyi sağlar.

## 5. Bazı Endüstriyel Uygulamalar

### 5.1. Sementasyon işlemi

- Az karbonlu çeliklerin işlenmesi kolaydır fakat aşınma mukavemetleri düşüktür.
- Çeliğe şekil verdikten sonra sürtünmeye maruz kalacak yüzeylere sementasyon işlemi uygulayarak yüzeydeki karbon oranı arttırılır, sonra su vererek sertleştirilir.
- Sementasyonda aktif karbon ortamında az karbonlu çelik yüksek sıcaklıklara ısıtılır. Karbon atomlarının yayınması sonucu yüzeyde ince bir tabaka boyunca yüksek karbonlu bir yapı oluşur.

- Bu çeliğe su verilirse yüzeyi sert ve aşınmaya dayanıklı, içi yumuşak ve tok bir malzeme elde edilir.
- Örneğin motorların krank millerinin sürtünen yüzeyleri bu yöntemle sertleştirilir.

## **5.2. Galvanizasyon İşlemi**

- Demirin korozyona karşı mukavemetini arttırmak için ergimiş çinko banyosuna daldırılır.
- Çinko yüzeysel yayılım sonucu demir yüzeyinde ince bir tabaka oluşturur. Böylece korozyona karşı koruma sağlanır.

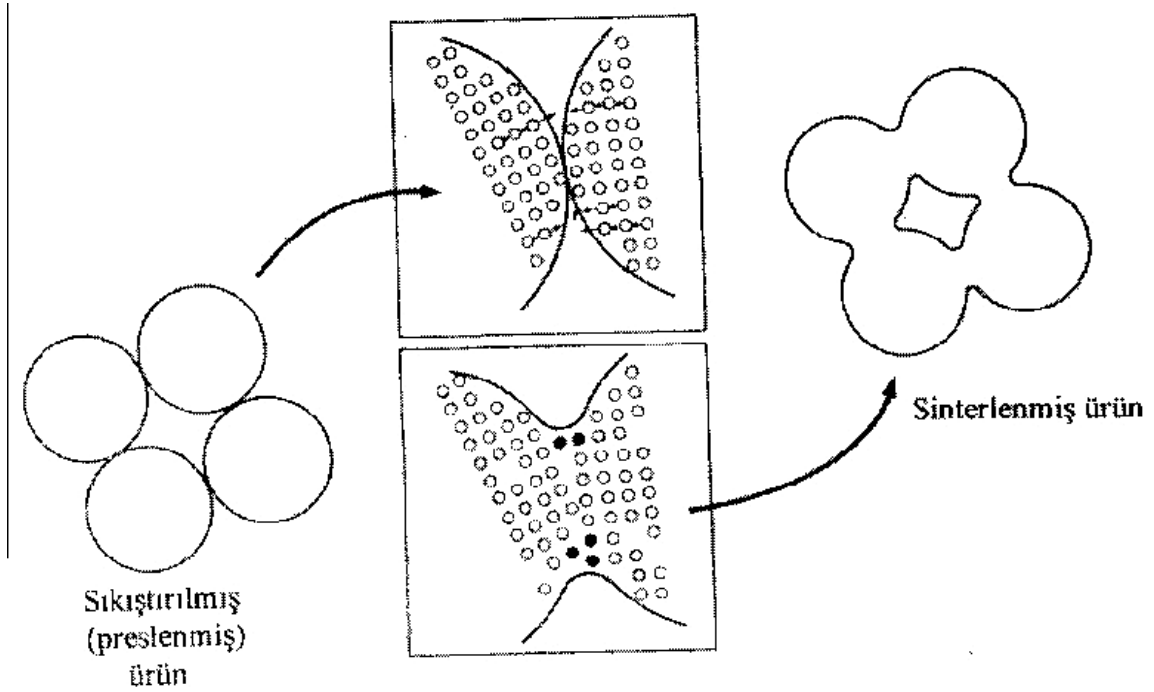
## **5.3. Kaynak ve Lehim**

- Yüksek sıcaklıkta basınç altında iki metal parçası arasında yayılım sonucu kaynak oluşur. Buna basınç veya demirci kaynağı denir.
- Ergime sıcaklığı  $1535^{\circ}\text{C}$  olan demire basınç kaynağı  $800^{\circ}\text{C}$  civarında uygulanır.
- Ergitmeli kaynak işleminde de iki metal parçası ergitilerek yüksek sıcaklıkta aralarında uzak mesafeli bir yayılım sağlanır. En iyi bileşim ergitme kaynağı ile sağlanır.
- Lehimde dolgu metalinin ergime sıcaklığı birleştirilecek ana metalinkinin çok altındadır. Lehim metalinin ergime sıcaklığı yükseldikçe yayılım derinliği artar ve daha mukavim bir bileşim sağlanır.



## 5.4. Sinterleme ve Toz Metalurjisi

- Sinterleme (pişirme) malzeme parçacıklarının birbirleriyle birleşmesini sağlayan ve kademeli bir şekilde parçacıklar arasındaki gözenek hacmini azaltan bir yüksek sıcaklık işlemidir.



Sinterleme esnasında difüzyon işlemleri. Temas noktalarında atomlar difüz eder, körüler oluşturur ve sonunda boşlukları doldurur.