

Bölüm 4:

Katılarda Kusurlar

- Katılarda ne tip kusurlar bulunur?
- Kusurların tipleri ve sayıları değişebilir ve kontrol edilebilir mi?
- Kusurlar malzemenin özelliklerini nasıl etkiler?
- Kusurlar arzu edilmez mi?



Katılarda Kusurlar

Mükemmel kristal diye bir şey yoktur.

- Ne gibi kusurlar vardır?
- Neden önemlidirler?

Malzemenin bir çok önemli özelliği içerdiği kusurlardan kaynaklanır.



Kusur Tipleri

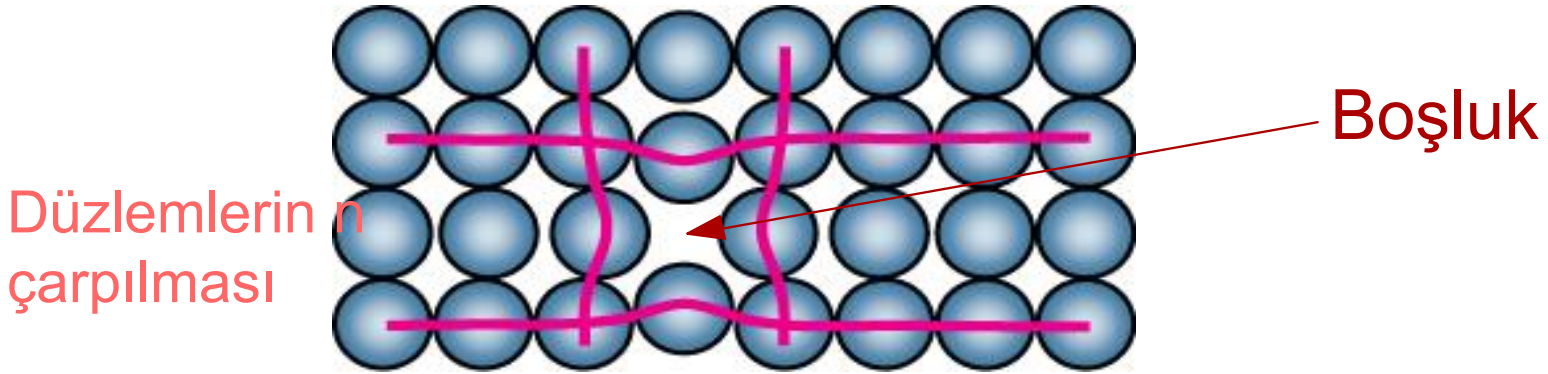
- Boşluk atomlar
 - Ara impürite atomlar
 - Yer değiştiren impüreteler
- Noktasal kusurlar
- Dislokasyonlar
- Çizgisel kusurlar
- Tane sınırları
- Düzlemsel kusurlar



Metallerde noktasal kusurlar

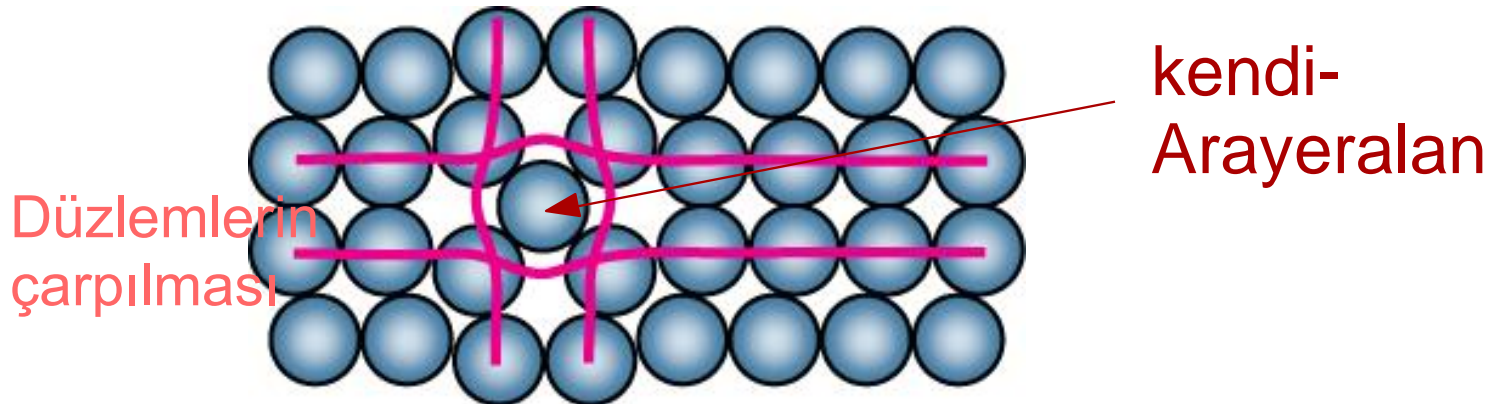
- **Boşluklar:**

-atom kaybından oluşan yapıdaki boşluklar.



- **Arayer alan :**

-"ekstra" atom kristal yapının arayerlerine yerleşir .



Denge Konsantrasyonu: Nokta Kusurları

Denge konsantrasyonu sıcaklıkla değişir!

Kusur konsantrasyonu

Kristal yapıda atom konsantrasyonu

$$\frac{N_v}{N} = \exp\left(\frac{-Q_v}{kT}\right)$$

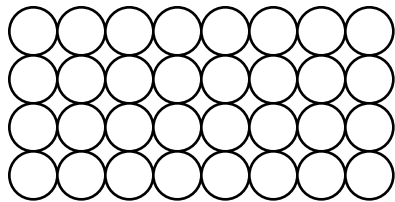
Aktivasyon enerjisi

Mutlak sıcaklık

Boltzmann sabiti

$$(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/atom-K})$$

$$(8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/atom-K})$$



Bütün latis yapısı potansiyel boşluğa adaydır



Boşluk konsantrasyonunun tahmini

- 1 m³ Cu da 1000°C deki boşluk sayısını bulunuz.

- Verilen :

$$\rho = 8.4 \text{ g/cm}^3 \quad A_{\text{Cu}} = 63.5 \text{ g/mol}$$

$$Q_V = 0.9 \text{ eV/atom} \quad N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol}$$

$$\frac{N_V}{N} = \exp \left(\frac{-Q_V}{kT} \right) = 2.7 \times 10^{-4}$$

0.9 eV/atom
1273 K
8.62 x 10⁻⁵ eV/atom-K

1 m³ , $N = \rho \times \frac{N_A}{A_{\text{Cu}}} \times 1 \text{ m}^3 = 8.0 \times 10^{28}$ Cu atomu her m³te

- Cevap:

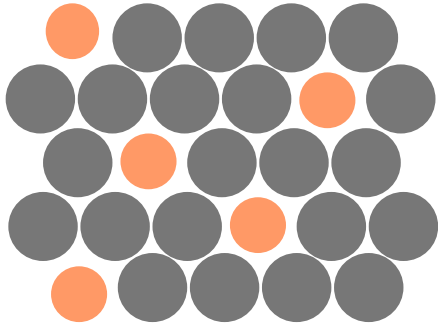
$$N_V = (2.7 \times 10^{-4})(8.0 \times 10^{28}) = 2.2 \times 10^{25} \text{ boşluk her m}^3\text{te}$$



Metallerde Kusurlar- Katı Çözeltiler

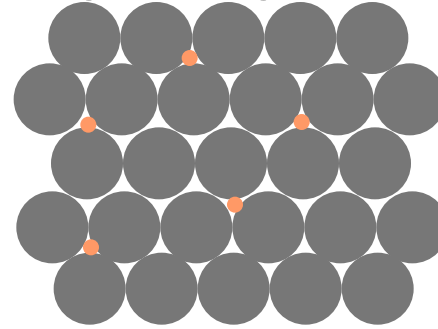
İmpürite atomun (B) nin esas atom (A) yapısına eklenmesiyle iki tür katı çözeltili elde edilir:

- B nin A içindeki **Katı Çözeltisi** (rastgele dağılan noktasal kusur)



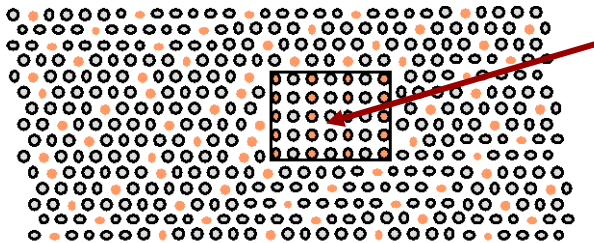
Yeralan katı çözeltiler
(örn., Ni içinde **Cu**)

veya



Arayer katı çöz.
(örn., Fe içinde **C**)

- B nin A içindeki **Katı Çözeltisi** artı yeni faz oluşumları
(genellikle fazla miktarda B olduğunda)



İkinci faz oluşumları

- farklı **kompozisyon**
- genelde farklı yapı.

Katı çözeltiler

Yeralan katı çözeltilerin oluşma şartları

- **W. Hume – Rothery kuralı**

- 1. Δr (atom yarıçapı) $< 15\%$
- 2. periyodik tabloda yakınlık
 - Benzer elektronegativiteler
- 3. aynı kristal yapı
- 4. Valanslar
 - Diğer koşullar eşittir, metal içinde çözünen diğer metalin valansisi yüksek olması düşük olmasından daha çok tercih edilir



Katı Çözeltiler

Hume–Rothery kuralının örnekleri

1. Zn nin içinde

Al mi yoksa Ag mi

Daha rahat çözülür?

2. Cu da Zn mi

yoksa Al mi?

<i>Element</i>	<i>Atomic Radius (nm)</i>	<i>Crystal Structure</i>	<i>Electro- nega- tivity</i>	<i>Valence</i>
Cu	0.1278	FCC	1.9	+2
C	0.071			
H	0.046			
O	0.060			
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Co	0.1253	HCP	1.8	+2
Cr	0.1249	BCC	1.6	+3
Fe	0.1241	BCC	1.8	+2
Ni	0.1246	FCC	1.8	+2
Pd	0.1376	FCC	2.2	+2
Zn	0.1332	HCP	1.6	+2

Table on p. 118, *Callister & Rethwisch 8e.*



Katı Çözeltiler

- Kompozisyonun özellikleri

- Ağırlık yüzdesi $C_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100$

m_1 = 1. komponentin ağırlığı

- Atom yüzdesi $C'_1 = \frac{n_{m1}}{n_{m1} + n_{m2}} \times 100$

n_{m1} = komponent 1 in mol sayısı



Çizgisel kusurlar

Dislokasyonlar:

- çizgi kusurlarıdır,
- dislokasyonlar hareket ettiğinde kristal düzlemlerde kayma olur,
- kalıcı deformasyona (plastik) sebep olur.

Çinko (HSD):

- deformasyondan önce



- gerilim uzatmasından sonra



kayma stepleri

Çizgisel kusurlar

Çizgisel kusurlar(Dislokasyonlar)

- Atomların aykırı konumlandıkları tek boyutlu kusurlardır. Ek yarı düzlemin kristal içinde sonlandığı tanımlanan çizgiye **dislokasyon çizgisi** denir.

Burger vektörü, \mathbf{b} : dislokasyonun kafeste oluşturduğu çarpılmanın yönü ve büyüklüğü

- **Kenar dislokasyonu:**
 - Atomlar ekstra yarı düzlemde kristal yapıya girmişlerdir.
 - \mathbf{b} dislokasyon çizgisine diktir (\perp).
- **Vida dislokasyonu:**
 - Kayma gerilmesi sonucu oluşmuş spiral düzlem rampası.
 - \mathbf{b} dislokasyon çizgisine paraleldir (\parallel).



Çizgisel kusurlar

Kenar Dislokasyonu

Burgers vector

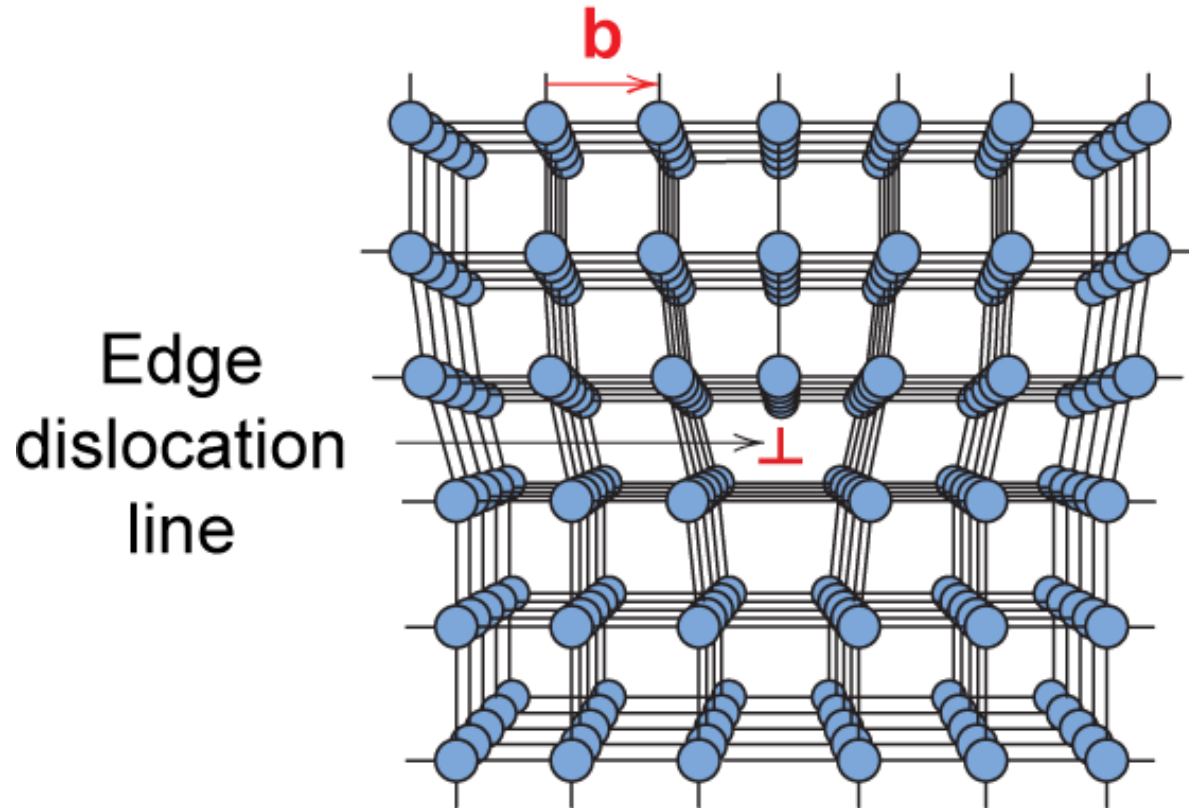
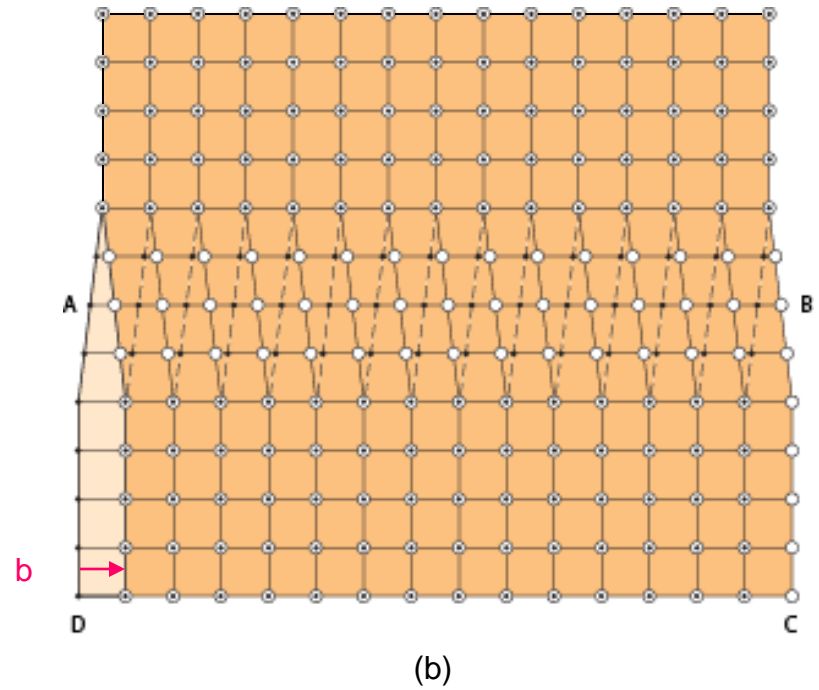
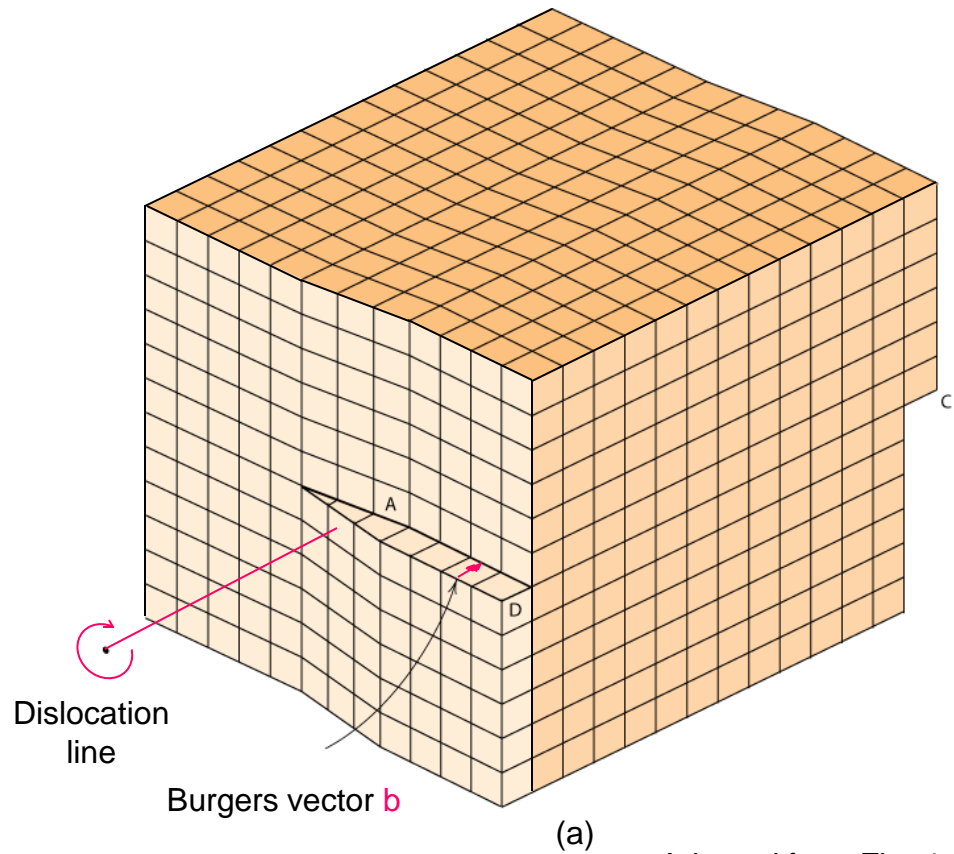


Fig. 4.3, Callister & Rethwisch 8e.



Çizgisel kusurlar

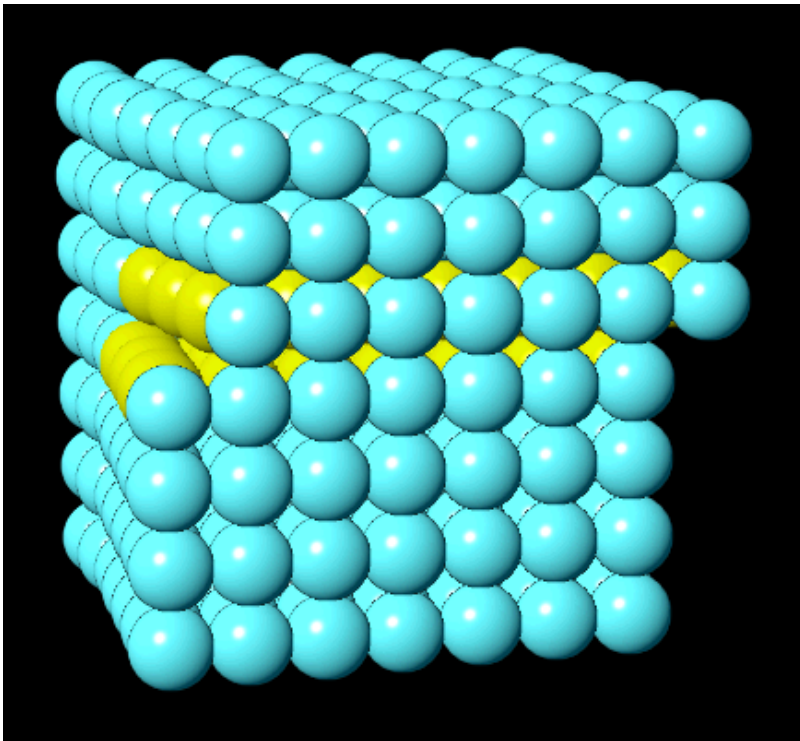
Vida dislokasyonu



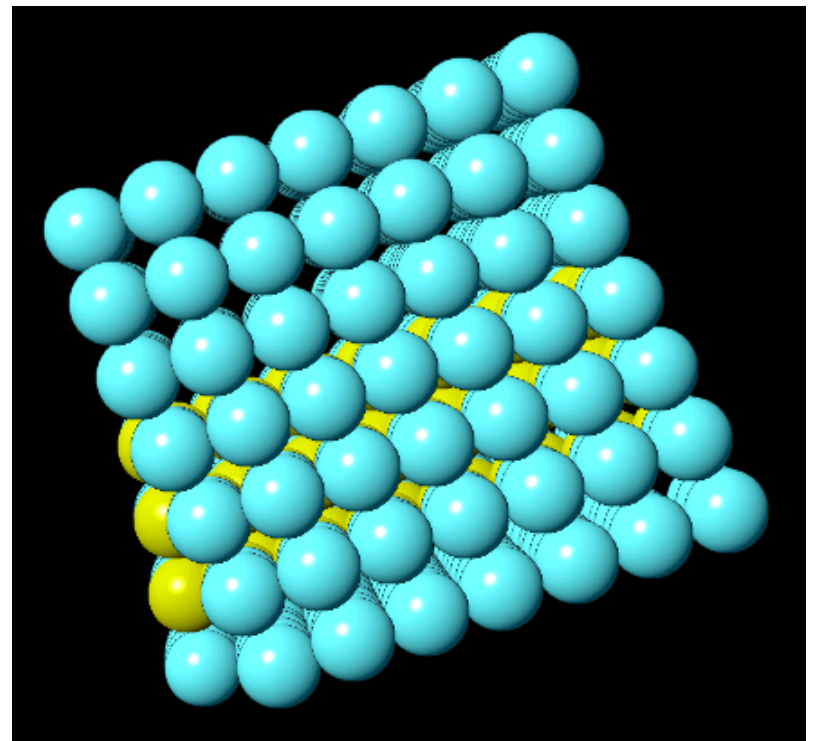
Adapted from Fig. 4.4, *Callister & Rethwisch 8e.*

VMSE: Screw Dislocation

- In VMSE:
 - a region of crystal containing a dislocation can be rotated in 3D
 - dislocation motion may be animated



Front View

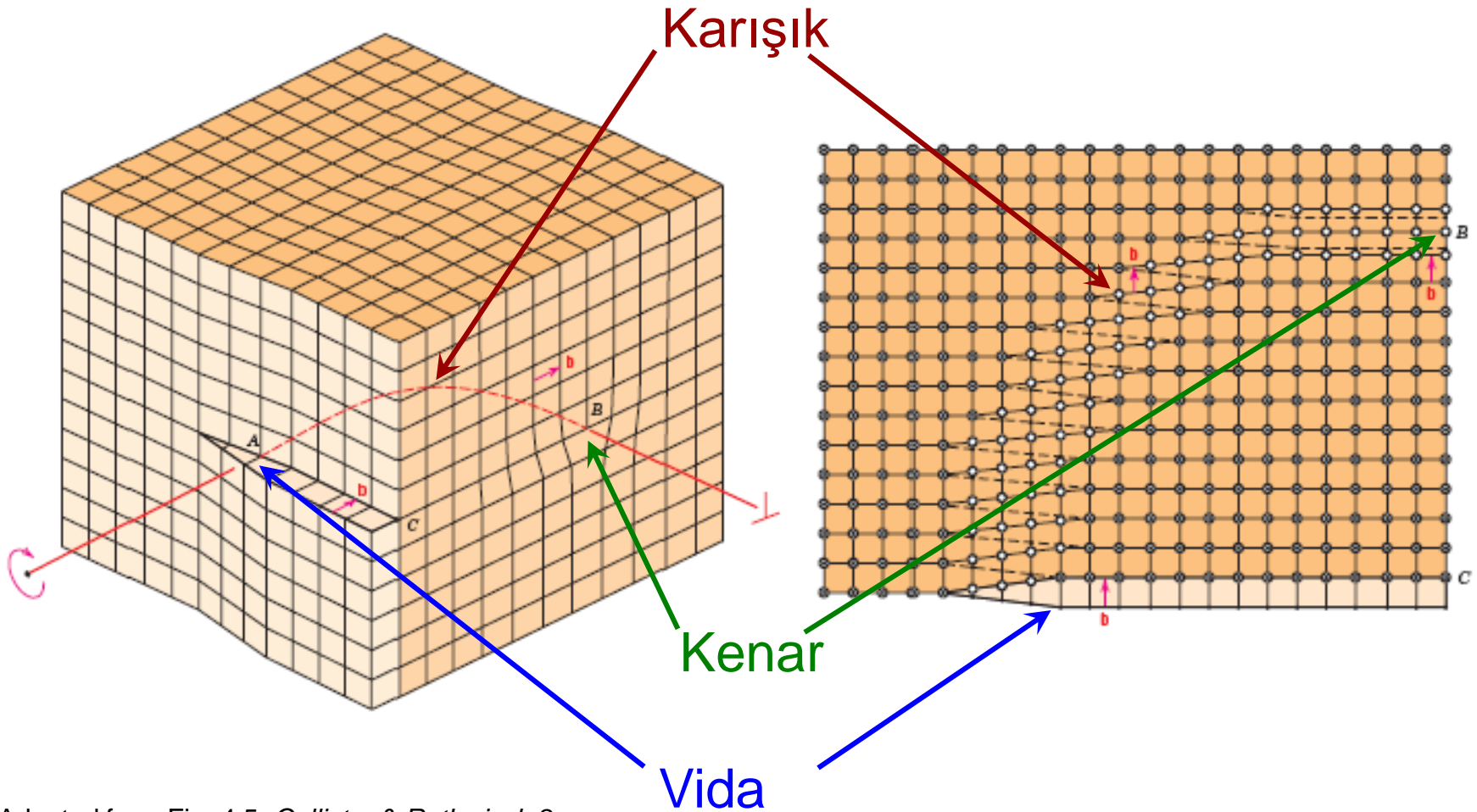


Top View

VMSE Screen Shots



Kenar, Vida ve Karışık Dislokasyonlar



Adapted from Fig. 4.5, Callister & Rethwisch 8e.

Çizgisel kusurlar

Dislokasyonlar elektron mikrografisinde görülebilir

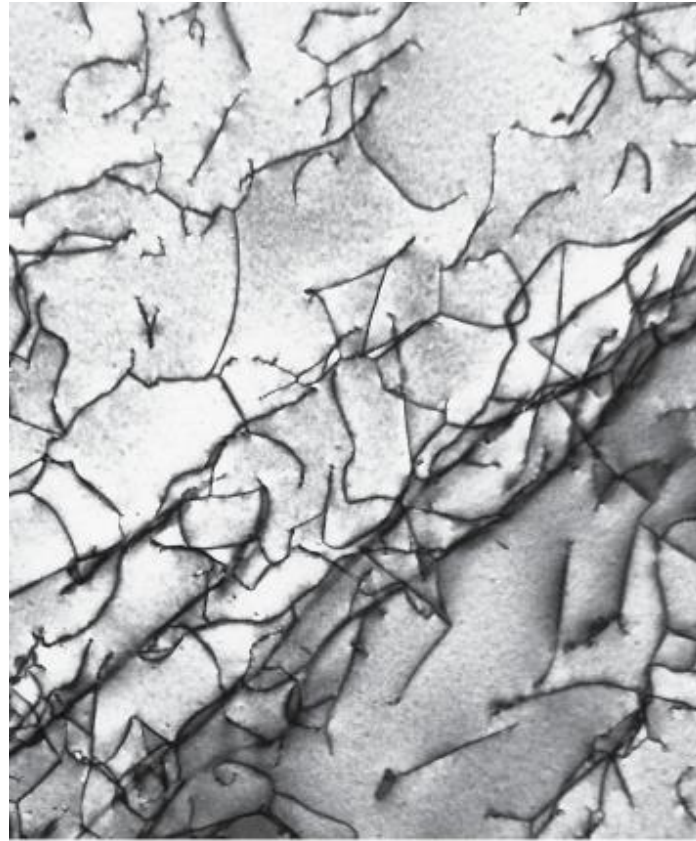


Fig. 4.6, *Callister & Rethwisch 8e.*

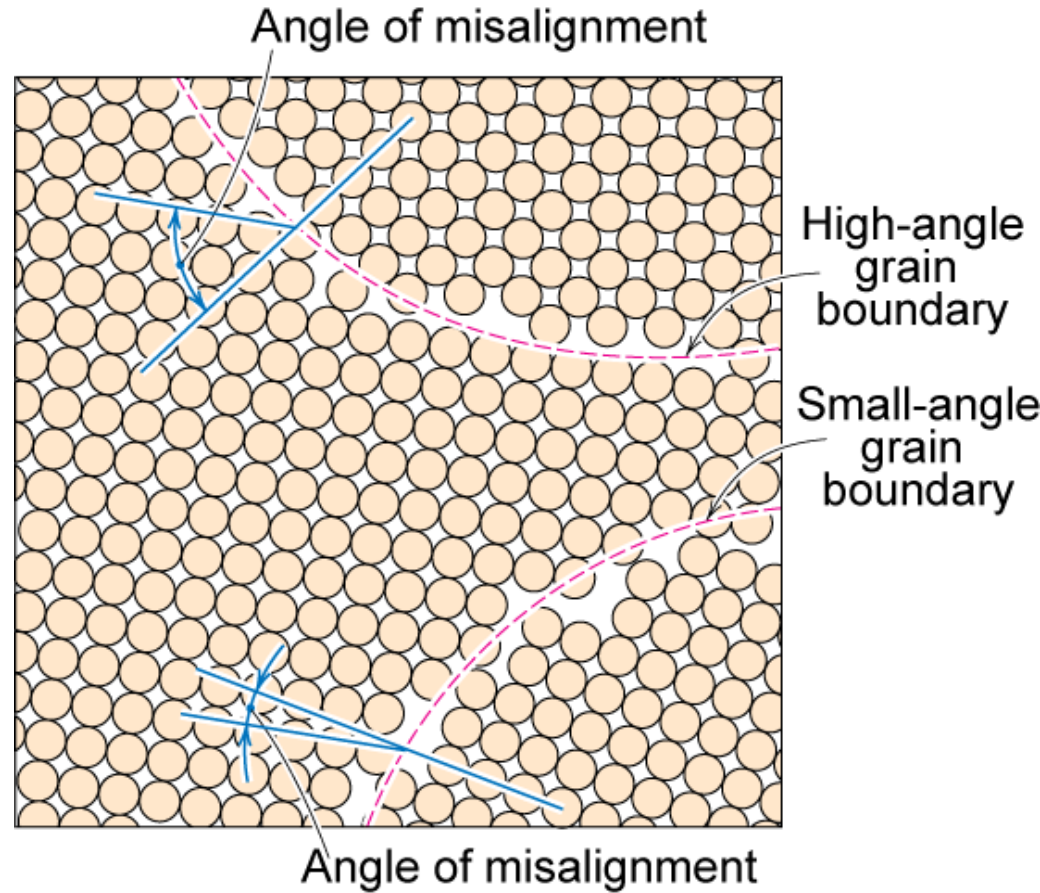
0.2 μm



Katılarda Arayüz kusurları

Tane Sınırları

- Kristaller arasındaki bölgeler
- Bir bölgeden diğerine geçiş
- Süreksizlik ve sapma
- Düşük yoğunluk
 - Yüksek hareketlilik
 - Yüksek yayınma
 - Yüksek kimyasal reaktivite

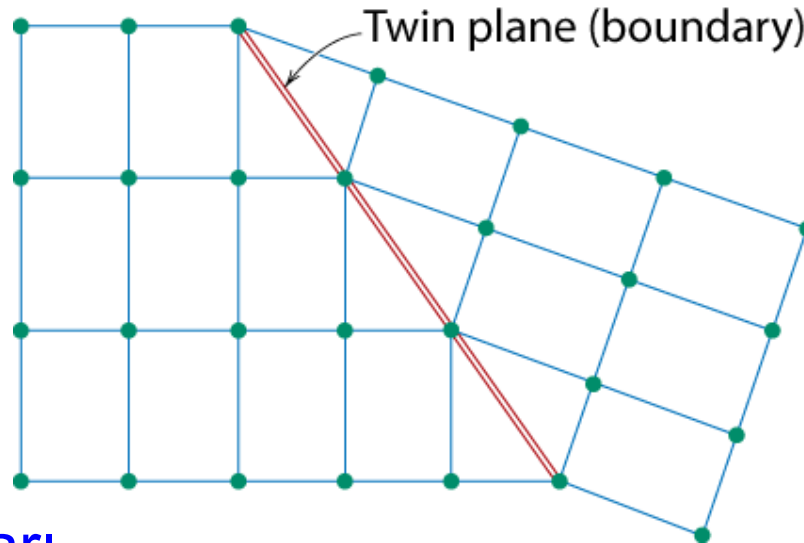


Adapted from Fig. 4.7,
Callister & Rethwisch 8e.



Katılarda Arayüz kusurları

- İkiz Sınırları
 - Kristal kafeste ayna simetrisi oluşturduğu tane sınırıdır



Adapted from Fig. 4.9,
Callister & Rethwisch 8e.

- Dizi hataları
 - YMK metalinde ABCABC diziliminde hata
 - Örn: ABCABABC

Katalistler ve Yüzey hataları

- Katalistler kimyasal tepkimenin oluşma hızını arttıırırlar
- Aktive yüzeyler katalizörler için yüzey kusurudur.

Tek kristal
(Ce_{0.5}Zr_{0.5})O₂
otomobillerin katalitik
çeviricilerinde kullanılır.

Fig. 4.10, Callister & Rethwisch 8e.

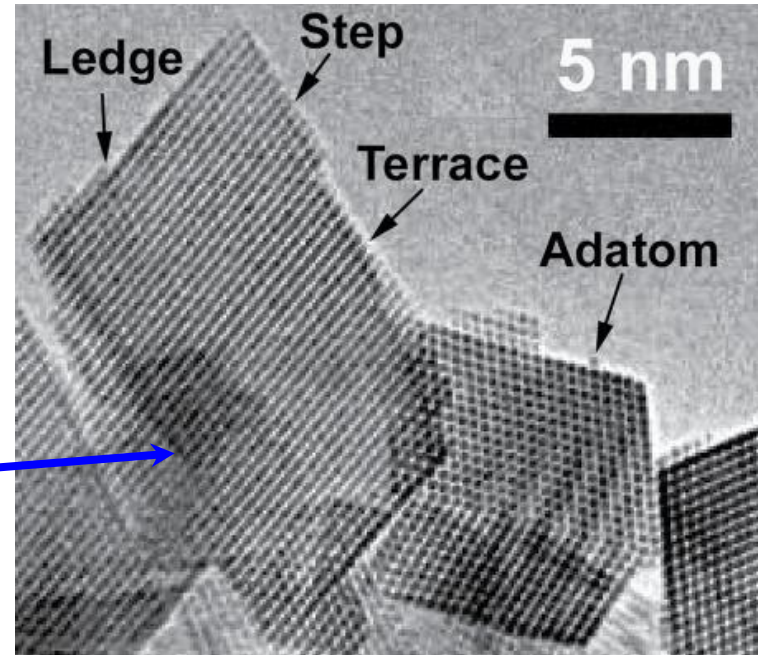


Fig. 4.11, Callister & Rethwisch 8e.



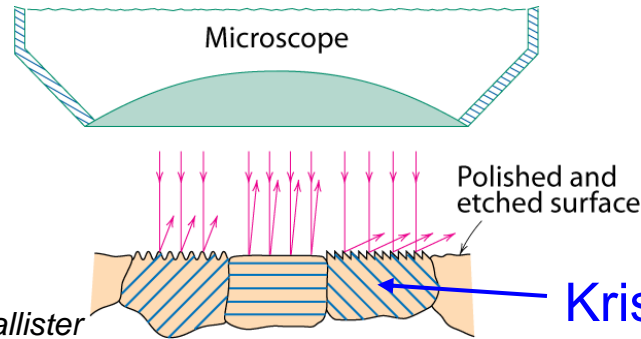
Microskopik Muayene

- Kristaller (taneler) ve tane sınırları boyutları farklılık gösterebilir.
- Bazıları çok büyük olabilir.
 - ör: tek bir kristalden oluşan kuartz, yada elmas yada Si
- Kristaller (taneler) çok küçük olabilir (mm yada daha az)
 - mikroskopta incelenmesi gerekir.



Optik Mikroskopisi

- 2000X büyütme sağlıyabilir.
- cilalama yüzey bozukluklarını düzeltir (örn., çizikler)
- asitle aşındırma yansıtıcılığı değiştirir, kristal oryantasyona bağlı olarak



Adapted from Fig. 4.13(b) and (c), *Callister & Rethwisch 8e*. (Fig. 4.13(c) is courtesy of J.E. Burke, General Electric Co.)

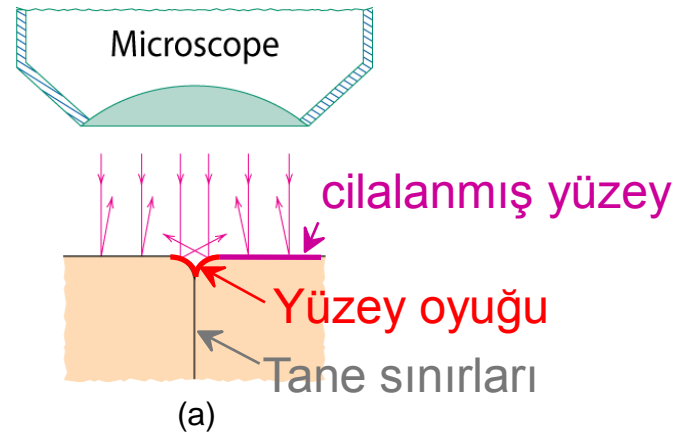


← 0.75mm →

Optik Mikroskopisi

Tane sınırları...

- kusurdurlar,
- asitle aşındırmaya daha duyarlı bölgelerdir,
- koyu çizgi halinde Gözükürler.



ASTM tane boyutu sayısı

$$N = 2^{n-1}$$

tane sayısı/in²

100x büyütülmüş



Fe-Cr alaşımı

(b)

Adapted from Fig. 4.14(a) and (b), *Callister & Rethwisch 8e*. (Fig. 4.14(b) is courtesy of L.C. Smith and C. Brady, the National Bureau of Standards, Washington, DC [now the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD].)



Mikroskopi

Optik çözünürlük, $10^{-7} \text{ m} = 0.1 \text{ } \mu\text{m} = 100 \text{ nm}$

Daha yüksek çözünürlük için daha yüksek frekans gerekir.

– X-Ray? Odaklanma zorluğu.

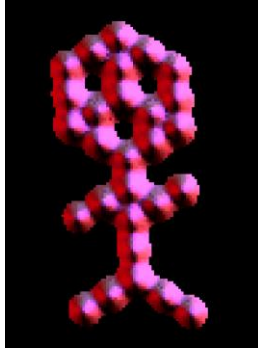
– Elektronlar

- Dalga boyu, 3 pm (0.003 nm)
 - (büyütme - 1,000,000X)
- Atomsal çözünürlük olanaklı
- Elektron demeti manyetik lensle fokuslanabilir.

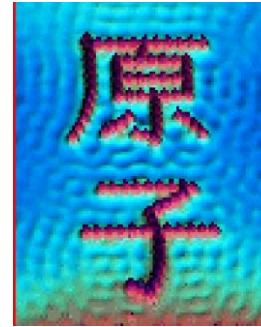


Taramalı Tünelleme Mikroskobu (STM)

- atomlar dizilip görüntülenebilir!



Karbon monoksit
molekülü platinyumun
(111) düzleminde
düzenlenmiştir



Demir atomları bakır
(111) düzleminde.
Kanji karakterleriyle
“atom” kelimesi.

Photos produced from
the work of C.P. Lutz,
Zeppenfeld, and D.M.
Eigler. Reprinted with
permission from
International Business
Machines Corporation,
copyright 1995.



Özet

- Katılarda **nokta**, **çizgi**, ve **alan** kusurları bulunur.
- Kusurların sayısı ve çeşidi kontrol edilebilir.
(örn., T boşluk konsantrasyonunu denetler.)
- malzemenin özelliklerinde kusurlar etkilidir. (örn., tane sınırları kristal yapıda kaymayı denetler)
- Kusurlar arzu edilir yada edilmez.
(örn., plastik bozulmanın istenip istenmemesine bağlı olarak, dislokasyonlar iyi yada kötü olabilir.)

