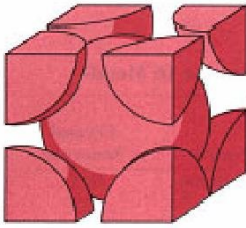


PLASTİK ŞEKİL VERMEDE METALURJİK ESASLAR

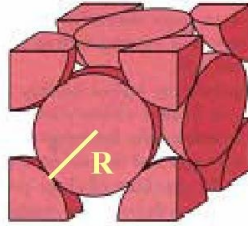
METALLERİN KRİSTAL YAPISI

Metallerde en sık rastlanan üç çeşit kristal kafes yapısı :

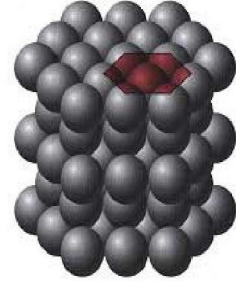
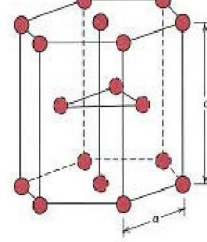
HACİM MERKEZLİ KÜBİK



YÜZEY MERKEZLİ KÜBİK YAPI



HEXAGONAL SIKI PAKET KRİSTAL YAPI



Kayma Düzlemleri

1. What are the most densely packed planes in aluminium (FCC-lattice)?

2. What are the most dense directions in aluminium?

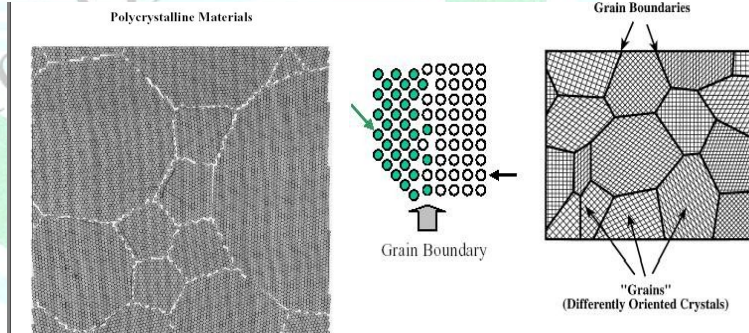
3. How many different slip directions are parallel to a unique slip plane?

2 3 4 6

4. How many slip systems are there in aluminium?

12 18 24 36

Metaller, ya kocaman tek kristalden ya da çok taneli çok kristallerden oluşurlar.



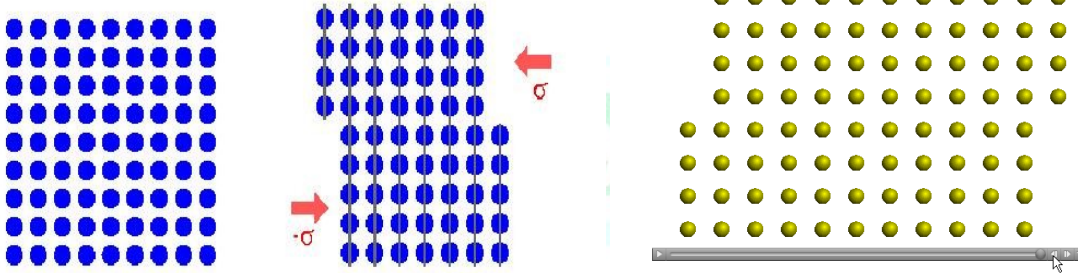
Plastik Şekil Verme Mekanizmaları

1. Kayma Mekanizması - (%99)
2. İkizlenme Mekanizması - (%1)
3. Yayılma Sürünmesi – (%-)
4. Tane Sınırlarının Kayması – (%-)

KAYMA MEKANİZMASI

Kristallerin kayma ile plastik deformasyonu

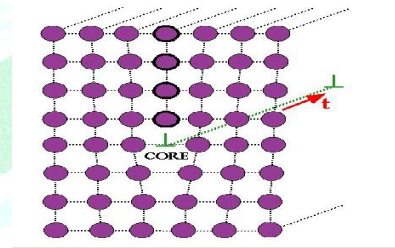
Kayma ile şekil değiştirme



Kristallerin kayma ile plastik deformasyonu

- Metaller niçin kolay deforme edilmektedirler?
- Kimyasal yapı değişmeden metallerin mekanik özellikleri değişebilir mi?
- Mükemmel bir kristalde teorik mukavemet çok yüksek olduğu halde, gerçek metallerde çok daha düşük gerilmelerle plastik deformasyon kolayca nasıl yapılmaktadır ?
- Kayma düzleminde atom bağlarını kırmak için gerekli olan kuvvet, metalin şeklini değiştirmek için gerekli olan kuvvetten niçin çok fazladır?
- **CEVAP:** 1934 'te tüm bu soruların cevapları TAYLOR, OROWAN ve POLYANI tarafından verilmiştir.
- **ÇÜNKÜ** Plastik deformasyon , **çok büyük sayıda dislokasyon hareketleri** sayesinde olabilmektedir.
- **DİSLOKASYON NEDİR?**

Kristaldeki “**çizgisel kusur**” dur. Yani atomların dizilişlerindeki kusurlardır.



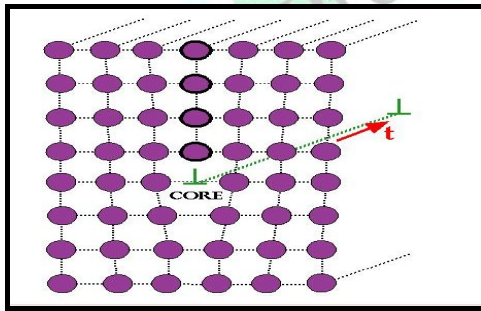
DİSLOKASYON NEDİR?

- Hemen hemen her gerçek kristalde dislokasyon mutlaka vardır.
- 10 cm^3 lük bir malzeme yığnında yaklaşık 10^{17} atom çizgisel kusurludur.
- Metal ve seramiklerin mekanik özellikleri üzerinde dislokasyonların çok büyük etkileri vardır.

ÇİZGİSEL KUSUR = DİSLOKASYON

Dislokasyon yeşil renkle gösterilmiştir.

Dislokasyona teğet bir (τ) vektörü çizebiliriz. Bu pozitif yön gösterir, bu yön keyfidir, ama sürekli kullanılmalıdır.



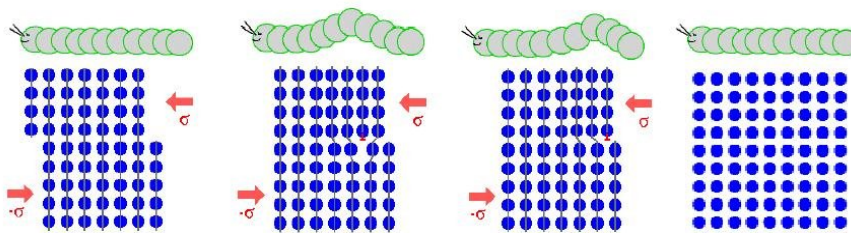
Gerçek akma ile teorik akma arasındaki bu kadar büyük fark niçin?

Cevap : DİSLOKASYON sebebiyledir.

Metallerde teorik akma ile gerçek akma kıyası

Metal	Theoretical Yield Strength (GPa)	Actual (GPa)
Al	6.9	0.0008
Al (polycrystal)	6.9	0.028
Cu	11.0	0.0005
Cu (polycrystal)	11.0	0.069
Ni	20.7	0.138
Ti	10.7	0.014
Ti (polycrystal)	10.7	0.240
Ag	9.2	0.0004
Fe	21.0	0.027
4340 Steel	20.7	0.86
Brass	10.1	0.250

DİSLOKASYONLAR PLASTİK DEFORMASYONU KOLAYLAŞTIRIRLAR

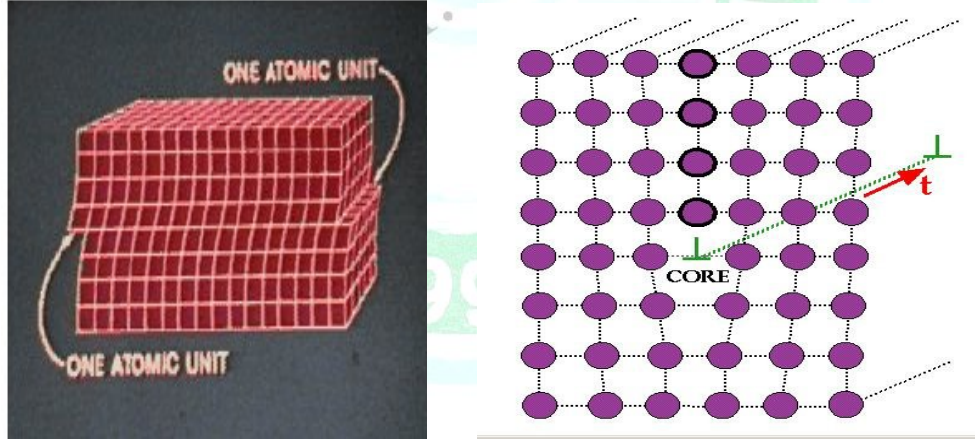


DİSLOKASYON ÇEŞİTLERİ

Metallerde üç çeşit dislokasyon etkilidir.

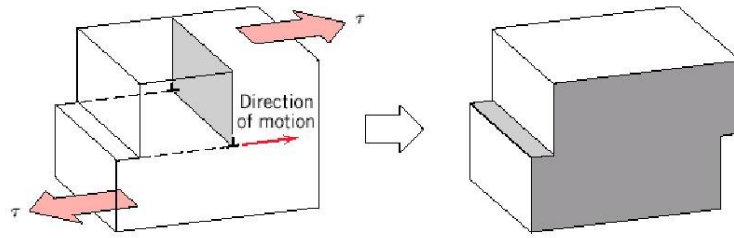
- 1)- KENAR DİSLOKASYONU
- 2)- VİDA DİSLOKASYONU
- 3)- KARIŞIK DİSLOKASYON

KENAR DİSLOKASYONU



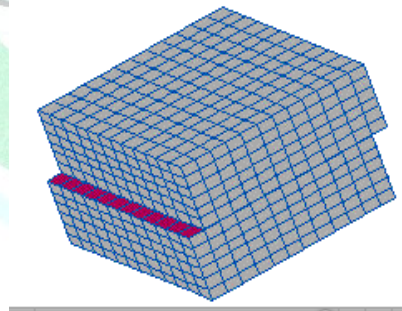
Kenar dislokasyonun yönü

DİSLOKASYON HAREKETİNİN YÖNÜ

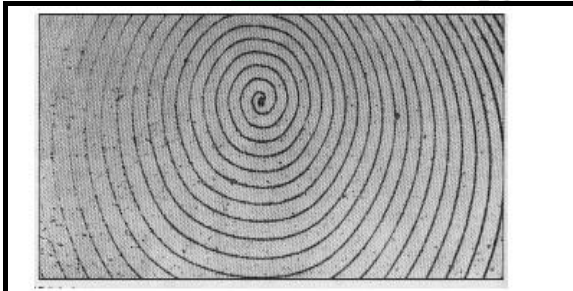
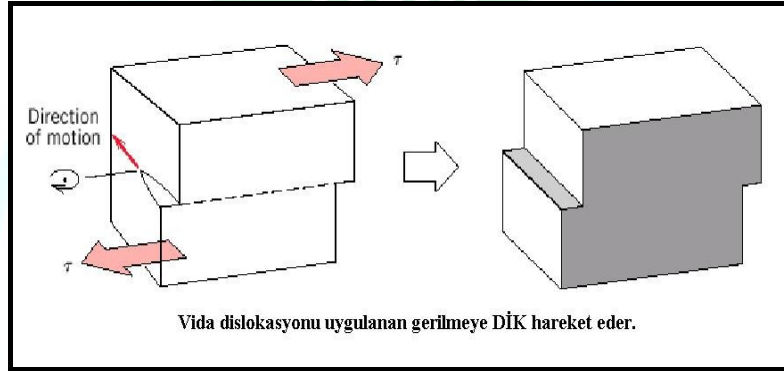


Kenar dislokasyonu , uygulanan gerilmeye PARALEL hareket eder.

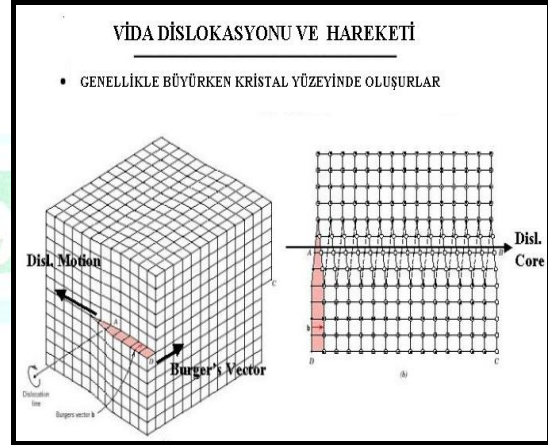
VİDA DİSLOKASYONU



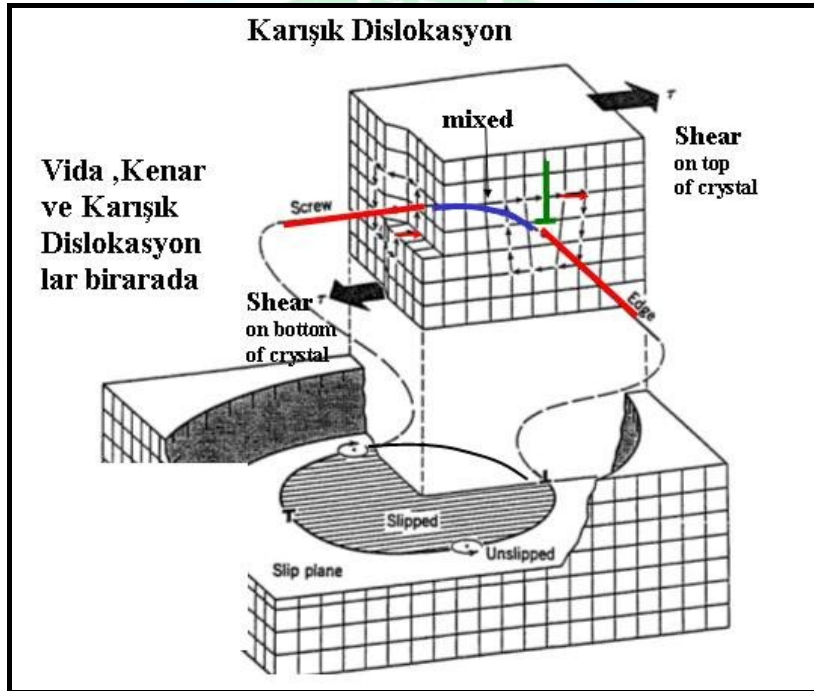
Vida dislokasyonunun yönü



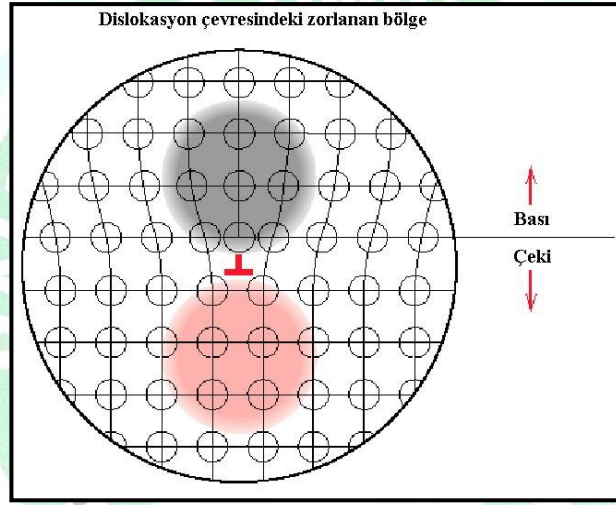
SiC tek kristali yüzeyindeki vida dislokasyonu. Siyah çizgiler yüzeydeki "atomik adımları" göstermektedir.



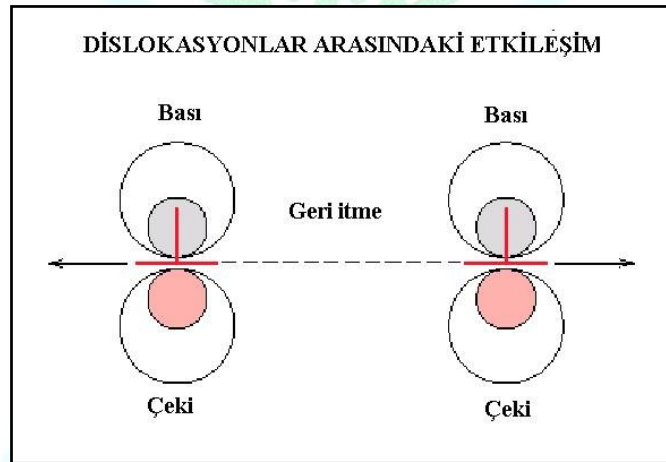
KARIŞIK DİSLOKASYONLAR



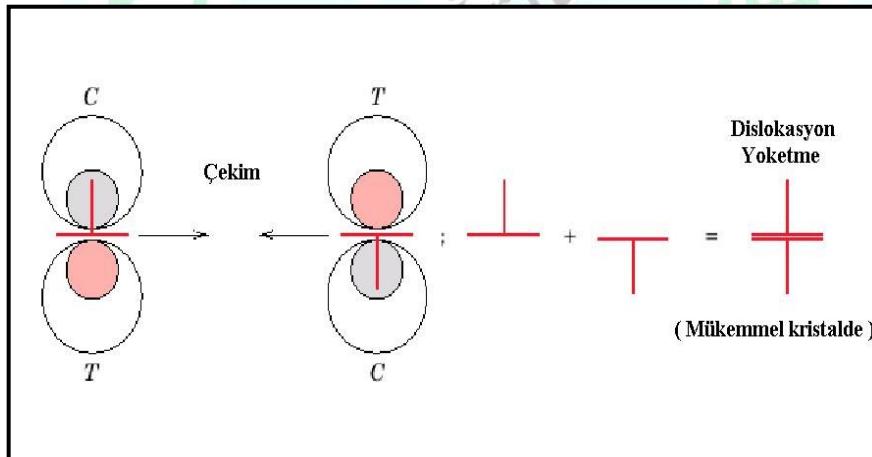
Dislokasyon çevresindeki zorlanan bölge



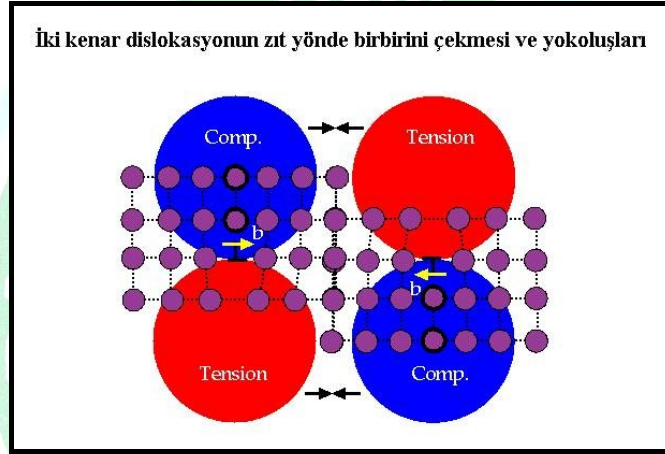
Dislokasyonlar arasındaki ilişki



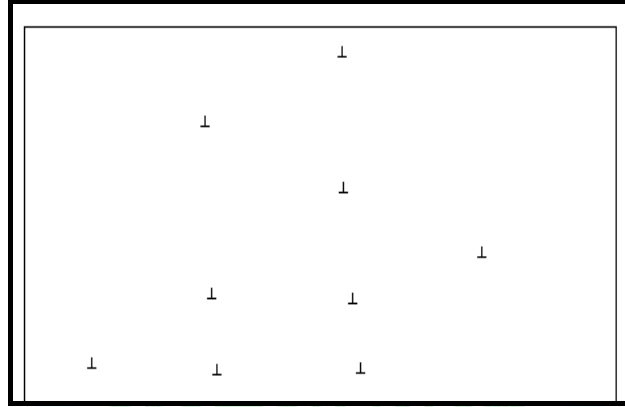
Zıt dislokasyonların karşılaşmaları ve birbirlerini yok edişleri



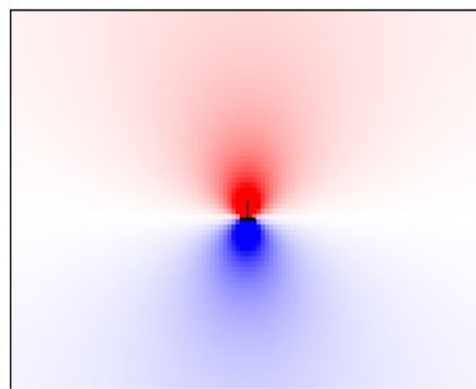
Kristallerin kayma ile plastik deformasyonu



Dislokasyon sayılarının gittikçe artması, aynı ve farklı işaretli dislokasyonların birbirlerini engellemeleri ve yok etmeleri

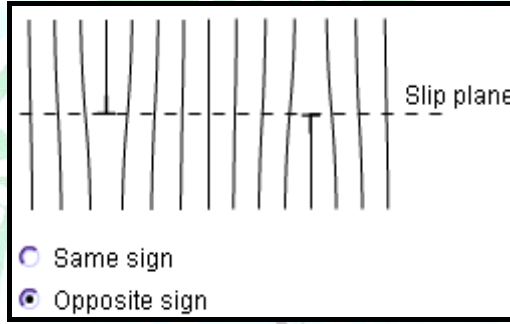


İki dislokasyonun kesismesi



Opposite dislocations Mean stress: 399

Aynı ve farklı işaretli kenar dislokasyonunda kristalin gerilme durumu



Bir dislokasyonu hareket ettirmek için gereken gerilme

Here we review the basic principles of strain hardening in terms of a standard tensile test. Then we can go on to look at the behaviour in real aluminium materials.

Typically, a specimen of standard dimensions is subjected to a gradually increasing load (force) and the extension measured as a function of the force. These are usually converted to stress and strain and plotted graphically.

Click 'Continue' to start the sequence.

Disl density, ρ

10^{16} m^{-2}

10^{14} m^{-2}

10^{12} m^{-2}

10^{10} m^{-2}

Continue

Bir dislokasyonun pekleştirme yapması

Here we review the basic principles of strain hardening in terms of a standard tensile test. Then we can go on to look at the behaviour in real aluminium materials.

Typically, a specimen of standard dimensions is subjected to a gradually increasing load (force) and the extension measured as a function of the force. These are usually converted to stress and strain and plotted graphically.

Click 'Continue' to start the sequence.

Disl density, ρ

10^{16} m^{-2}

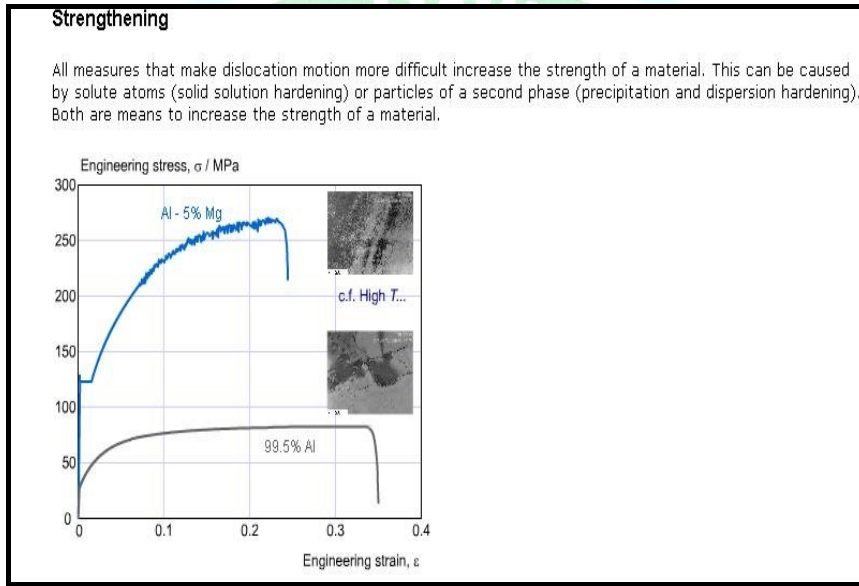
10^{14} m^{-2}

10^{12} m^{-2}

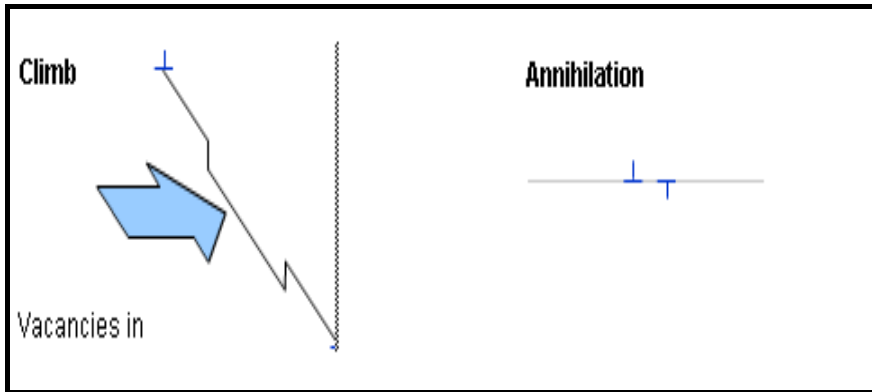
10^{10} m^{-2}

Continue

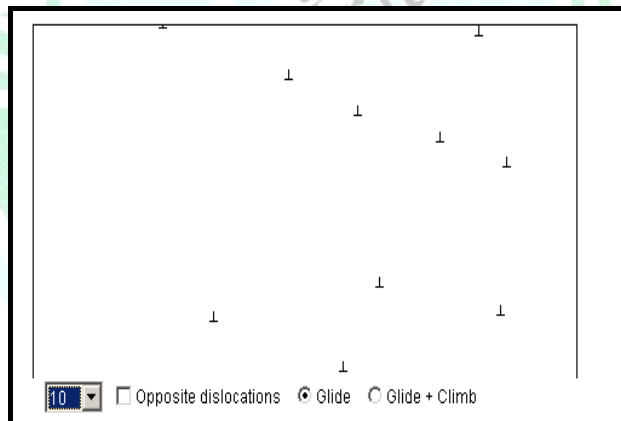
Bir dislokasyonun pekleştirme yapması ve mukavemet artışı



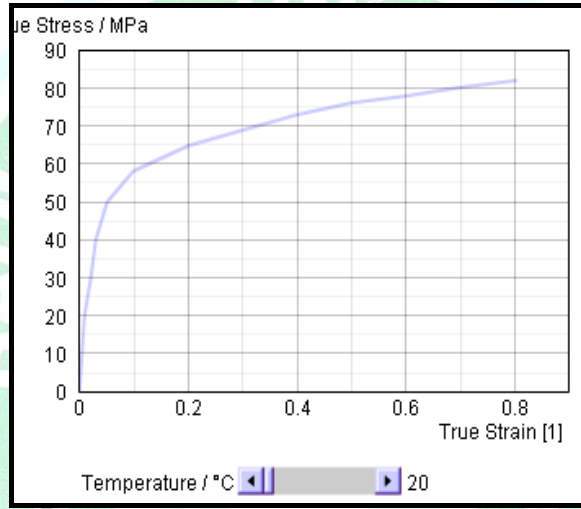
Dinamik Recovery : Dislokasyonların tırmanması engel aşmaları, mukavemet artırmaları-Sıcaklığı görünce, hareketleri sonucu birbirlerini yok edişleri



Dinamik Recovery : Animasyonu

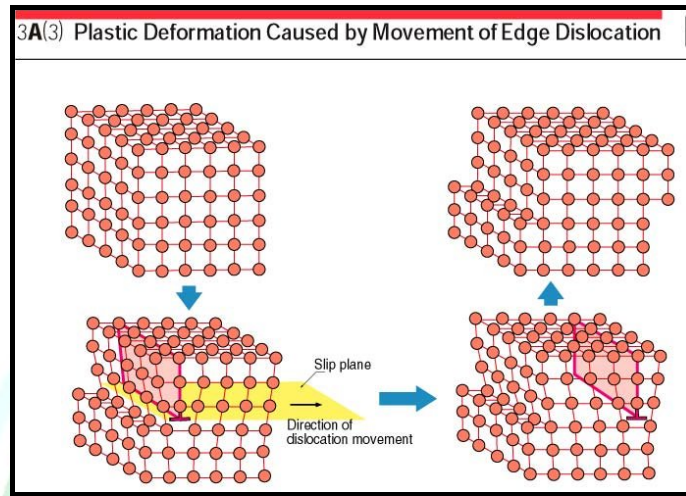


Sıcaklığın dislokasyonlara etkisi sonucu gerçek eğrinin değişimi

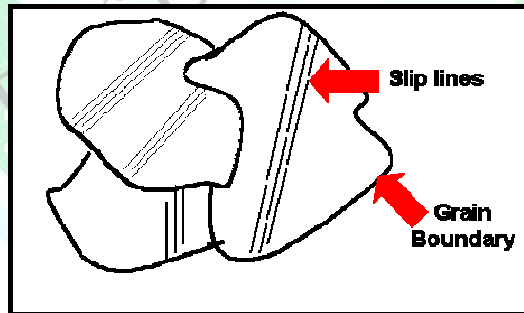


TEK KRİSTALDE KAYMA OLAYI

Eğer bir tek kristal akacak kadar zorlanırsa,atomlar yer değiştirir.Atomlar arası mesafenin katı kadar ilerler.Kuvvet artırılırsa bir adım daha ilerleme olur.



Böylece komşu atomlar zorlanarak hep ileri itilir.Bu olay malzeme kırılncaya kadar sürer.Atomlar kayma düzlemlerinde hareket eder.Bu olayın mikroskoptaki görüntüsü İNCE ÇİZGİ'ler halinde görülmesidir.Bu çizgiler polisaj işlemi yapılnca gider,kaybolur.



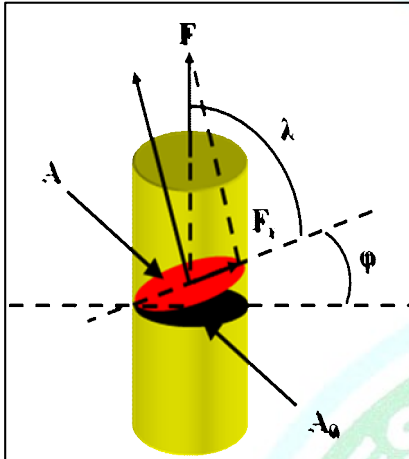
Cu 'da kayma sonucu oluşan çizgiler aşağıda görülmektedir.



Cu' da kayma çizgileri

Plastik Şekil Verme Mekanizmaları

Kritik Kayma Gerilmesi Hesabı –Tek Kristalde (Schmid Kanunu)



Kuvvet İlişkileri

$$\cos \lambda = \frac{F_r}{F} \quad \text{buradan}$$
$$F_r = F \cdot \cos \lambda$$

Alan İlişkileri

$$\cos \varphi = \frac{A_0}{A} \quad \text{buradan}$$
$$A = \frac{A_0}{\cos \varphi}$$

Kritik kayma gerilmesini hesaplamak istersek ;

$$\tau_k = \frac{F_r}{A} = \frac{F \cdot \cos \lambda}{\frac{A_0}{\cos \varphi}} = \frac{F}{A_0} \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi \quad \text{buradan}$$
$$[\tau_k = \sigma_n \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi] \quad \text{olur}$$

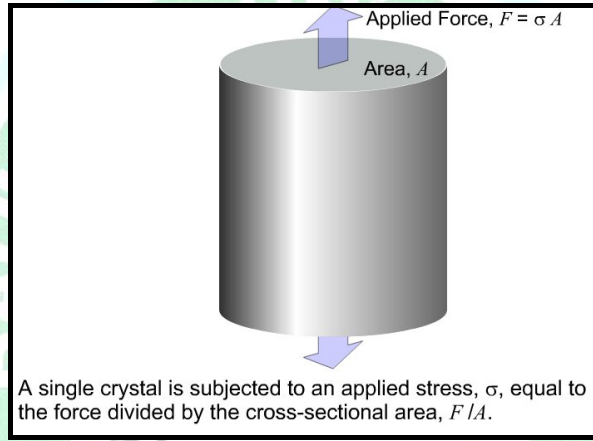
Açılara değer verirsek $\varphi = \lambda = 0^\circ$ iken (Örn: Cam ve dökme demirler)

$$\tau_k = \sigma_n \cdot \cos 0 \cdot \cos 0 \Rightarrow [\tau_k = \sigma_n]$$

Açılara değer verirsek $\varphi = \lambda = 45^\circ$ iken

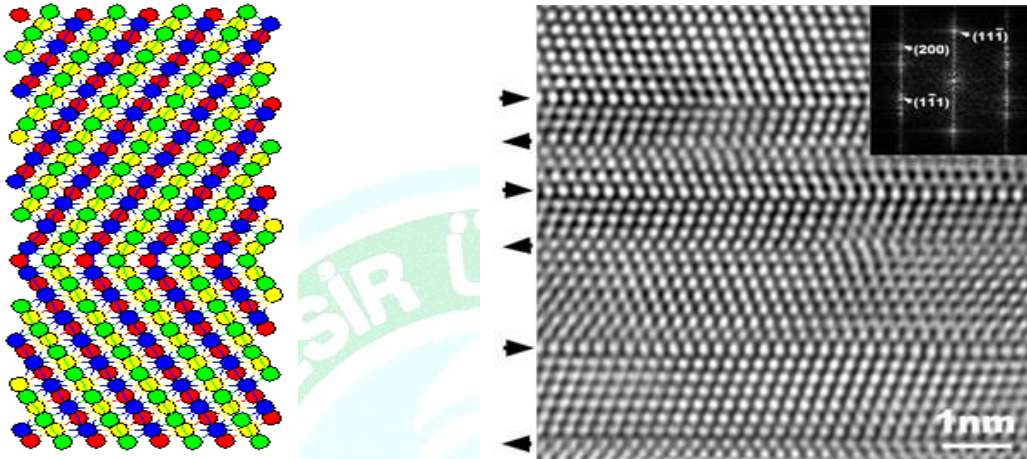
$$\tau_k = \sigma_n \cdot \cos 45^\circ \cdot \cos 45^\circ$$
$$\tau_k = \sigma_n \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sigma_n}{2} \Rightarrow [\tau_k = \frac{\sigma_n}{2}]$$

(Schmid Kanunu) : Animasyonu



İKİZLENME MEKANİZMASI

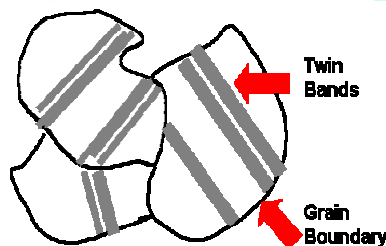
Eğer deformasyon ikiz mekanizması yolu ile olursa, referans bir eksene göre atomlar, atomlar arası mesafenin kesri kadar bir yerdeğiştirme yaparlar. Mikroskop altındaki görüntüleri **GENİŞ BAND** 'lar şeklinde olur. Bu geniş bandlar polisaj işlemi ile giderilemezler.



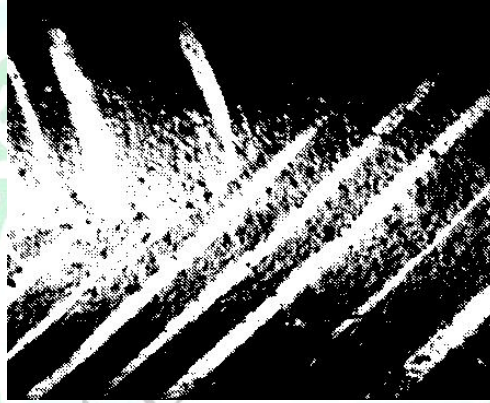
İki tip ikiz oluşumu söz konusudur.

1)- Deformasyon veya mekanik ikizlenme : En yaygın şekilde Hexagonal sıkı paket kristal yapılarda görülür. (Mg,Zn,Ferrit ağırlıklı Fe)

2)- Tavlama ikizi : En çok yüzey merkezli kübik yapıli metallerde (Al,Cu,Pirinç, ve ostenit ağırlıklı Fe) Bu metallere önceden işlem görmüş ve sonra da ısıl işleme tabi tutulmuşlardır.



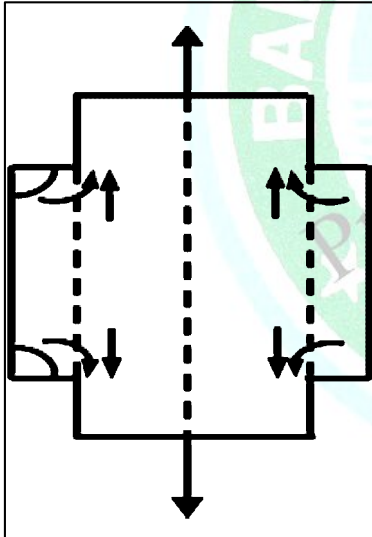
İkiz oluşumunda GENİŞ BANDLAR



Zn' de ikiz band görüntüsü

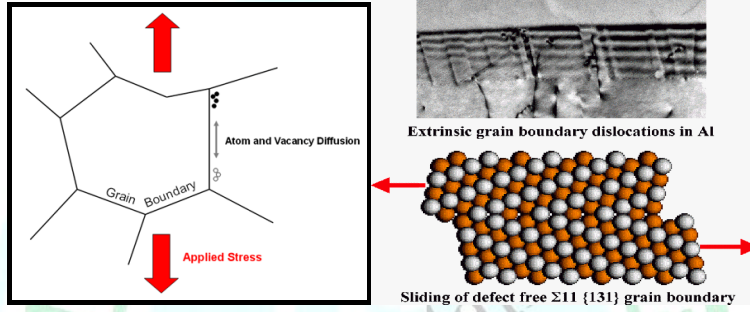
Kayma ile ikiz arasındaki farklar ;

1. Atomların yer değişimi açısından ;
 - $a, 2a, 3a, 4a$ (**kayma**)
 - $a, \underline{a}, \underline{a}, \underline{a}$ (**ikiz**)
2 3 4
2. Oluşum açısından ;
 - T° normal, ϵ° kritik (**kayma**)- kayma düzleminde
 - $T^\circ \downarrow, \epsilon^\circ \uparrow$ (**ikiz**) _ Referans düzleme göre simetrik
3. Mikroskop görüntüsü açısından ;
 - İnce çizgi band'ları halinde (**kayma**)
 - Geniş çizgi band'ları halinde (**ikiz**)

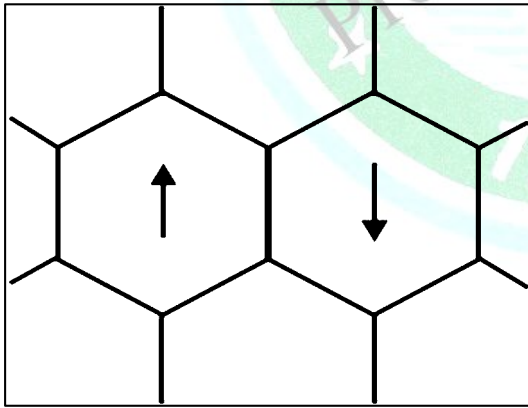


Yayınma Sürünmesi Yoluyla PSV:

Oluşum şartı $T^\circ \uparrow, \epsilon^\circ \downarrow$ ise Atomlar plastik deformasyonun olduğu tarafa doğru sürüklenerek



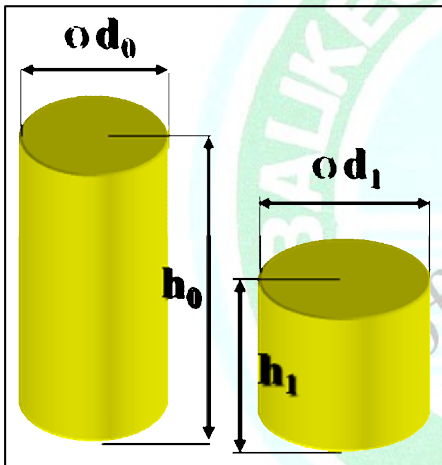
Tane Sınırı Kayması Yoluyla PŞD:



• Oluşum şekli ; $T \uparrow, \epsilon \downarrow$
Tanelerin birbirine göre konumlarını
değiştirmesiyle P.Ş.D' ye katkısı olur.

KUVVET VE İŞ HESABI

SOĞUK VE SICAK ŞEKİL VERMEDE "KUVVET" HESABI



Malzemenin sağlamlığı :

$(kf) = (kp/mm^2)$

Gerekli olan kuvvet : $A.kf = mm^2.kp/mm^2 = kp$

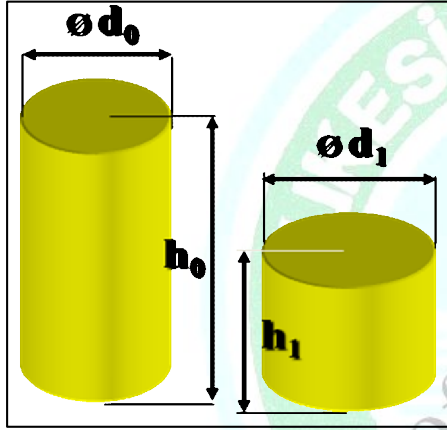
İdeal kuvvet : (F_{id})

$(F_{id}) = A.(kf_{id})$

Gerçek Kuvvet : (F_g)

$(F_g) = A.(kf_g)$

SOĞUK VE SICAK ŞEKİL VERMEDE "İŞ" HESABI



$$W = F \cdot \Delta h$$

$$dw = A \cdot kf \cdot dh \cdot \frac{(h)}{(h)} \Rightarrow \int_{h_1}^{h_0} dw = A \cdot h \cdot kf \int_{h_1}^{h_0} \frac{dh}{h}$$

$$W = V \cdot kf \cdot \left| \ln h \right|_{h_1}^{h_0} = (\ln h_0 - \ln h_1)$$

$$W = V \cdot kf \cdot \ln \frac{h_0}{h_1}$$

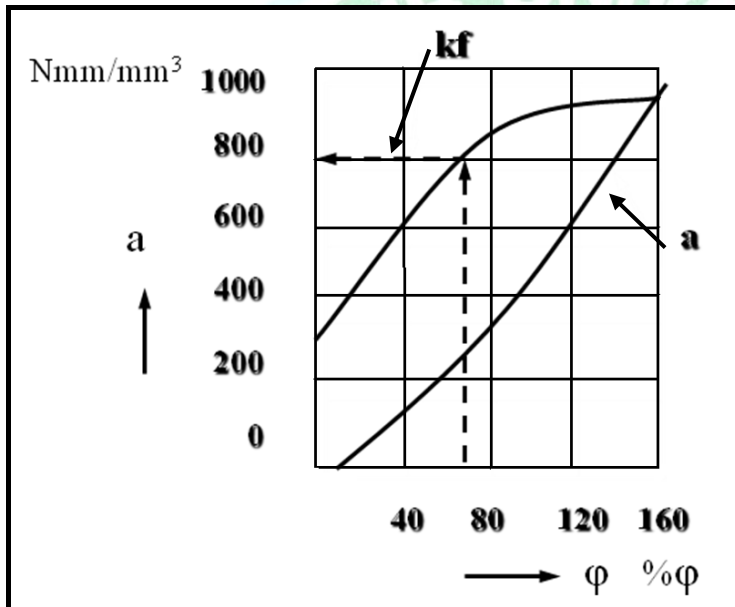
$$\frac{W_{id}}{W_{ger}} = \frac{V \cdot kf_{id} \cdot \varphi}{V \cdot kf_g \cdot \varphi} = \frac{kf_{id}}{kf_g} = \eta \quad \left[\eta = \frac{kf_{id}}{kf_g} \right]$$

$$W = V \cdot kf \cdot \varphi \Rightarrow \left[\frac{W}{V} = kf \cdot \varphi \right]$$

Problem

Yumuşak tavlı C35 (% 0,35 C) çeliğinden çapı $d_0 = 20$ mm olan silindirik parça 10 mm yükseklikten 5 mm' lik yüksekliğe soğuk dövmeyle indirilmektedir. Verim 0,80 kabul edildiğine göre;

- $F_{ger} = ?$
- $W_{ger} = ?$ (Verilen kf ve özgül iş diyagramı veriliyor)



ÇÖZÜM

$$F_{ger} = A \cdot kf_{ger}$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (20)^2}{4} \Rightarrow A_0 = 314 mm^2$$

$$\frac{A_0 \cdot h_0}{h} = \frac{A \cdot h}{h} \Rightarrow A_0 \frac{h_0}{h} = A$$

$$314 \cdot \left(\frac{10}{5}\right) = A \Rightarrow A = 628 mm^2$$

$$\varphi = \ln \frac{h_0}{h_1} = \ln \frac{10}{5} = \ln 2 \Rightarrow \varphi = 0,693 \Rightarrow \varphi = \% 69,3$$

Diyagramdan takip edilerek % 69,3 deformasyon oranı için $kf=800 \text{ N/mm}$ bulunur. Diyagramdan bulunan $kf=kf_{ideal}$ 'dir.

$$\frac{kf_{id}}{kf_{ger}} = \eta \Rightarrow \frac{800}{kf_{ger}} = 0,80 \Rightarrow kf_{ger} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{ger} = 628 \cdot 1000 = 628000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} b) W_{ger} &= V \cdot kf_{ger} \cdot \varphi \\ &= (A_1 \cdot h_1) \cdot kf_{ger} \cdot \varphi \\ &= (628 \cdot 5) \cdot 1000 \cdot 0,693 = 2176020 \text{ Nmm} \end{aligned}$$