ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
PMT 2200
Exercícios-Deformação

1-O que ocorre com a discordância em anel quando se aplica uma tensão de cisalhamento como a indicada na Figura1?

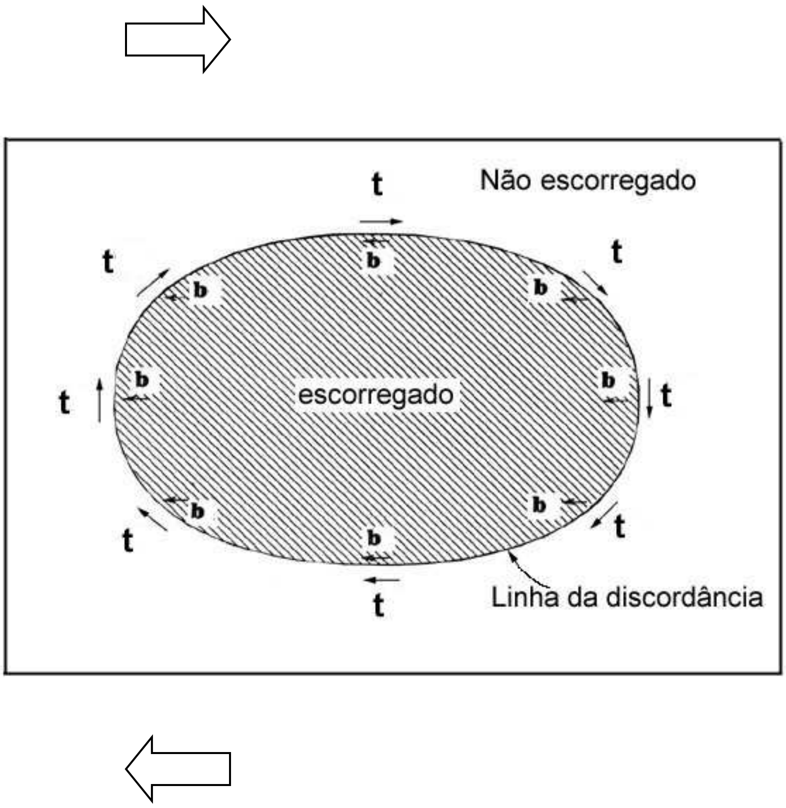

Figura 1

Gabarito:

A discordância em anel tem regiões em que o vetor de burgers é normal à linha da discordância (discordância em cunha), regiões em que o vetor de burgers é paralelo à linha da discordância (discordância em hélice) e regiões intermediárias ou mistas. Analisando cada região percebe-se que é impossível o anel andar só para a direita, ou esquerda ou para cima ou para o lado; dependendo da direção da tensão de cisalhamento externa aplicada o anel abre ou fecha, em ambos os casos promovendo escorregamento em todo o cristal.

(Na verdade para decidir se o anel abre ou fecha é preciso usar a "regra da mão direita", que não foi dada).

2. Um arame de aço de baixo carbono recozido, foi deformado a frio por trefilação, tendo seu limite escoamento elevado de 100 MPa para 460 MPa. Sabendo que densidade de discordâncias do material recozido é da ordem de 10^6 cm de disc/cm^3 estime a densidade de discordâncias ao final da deformação. Qual a energia elástica acumulada em 1 cm^3 de material durante o processo?

$$E \cong lGb^2$$
$$\sigma = \sigma_0 + \alpha Gb\sqrt{\rho}$$
$$\alpha = 40$$
$$\sigma_0 = 0{,}1GPa$$
$$G = 90GPa$$
$$b = 0{,}1nm$$

Gabarito:

Após deformação a frio σ=460MPa, ou seja 0,46 GPa .

Portanto $0{,}46 = 0{,}1 + 40.90.0{,}1.10^{-9} .(\rho)^{1/2}$

$0{,}36 = 0{,}36.\ 10^4.10^{-10}.\ (\rho)^{1/2}$

$10^6 = (\rho)^{1/2}$

$\rho = 10^{12}$ cm/cm^3

3. Considere as afirmações abaixo:

1. Em um material encruado a densidade de discordâncias é semelhante à de um material recozido
2. Em um material policristalino um dos grãos pode se deformar plasticamente antes dos outros, de forma aliviar localmente as tensões de cisalhamento sobre seus sistemas de escorregamento.
3. O trabalho realizado para deformar um material metálico fica em grande parte armazenado na forma de energia elástica das discordâncias geradas por esta deformação.
4. Para um monocristal solicitado em tração o limite de escoamento é uma característica exclusiva do material, não dependendo da direção cristalográfica em que o monocristal está sendo tracionado.

Quais dessas afirmações são verdadeiras?

a) Todas são verdadeiras
b) As afirmações 2. e 4. são verdadeiras.
c) Todas são falsas.
d) As afirmações 1., 2. e 3. são verdadeiras.
e) Apenas a afirmação 3 é verdadeira.

4. Uma importante reação entre discordâncias, observada em sistemas com reticulado CFC, é a decomposição de discordâncias com vetor de Burgers do tipo $\frac{a_0}{2}[110]$ (também ditas *completas*) em discordâncias parciais de Shockley, da forma:

$$\frac{a_0}{2}[110] \rightarrow \frac{a_0}{6}[211] + \frac{a_0}{6}[12\bar{1}]$$

a) Mostre que a reação descrita acima é energeticamente favorável e, portanto, em princípio pode ocorrer.

b) Suponha que a discordância completa, anteriormente à dissociação, escorregava em um plano $(1\bar{1}\bar{1})$. As discordâncias parciais serão glísseis ou sésseis neste plano?

c) Prove que a discordância completa acima indicada pode, em princípio, sofrer deslizamento com desvio para o plano $(1\bar{1}1)$. Sabe-se, entretanto, que para isto ocorrer é necessário que as discordâncias parciais sejam recombinadas. Você consegue pensar em um motivo para isto?

Solução:

Definindo $\vec{b}_1 = \frac{a_0}{2}[110]$, $\vec{b}_2 = \frac{a_0}{6}[211]$ *e* $\vec{b}_3 = \frac{a_0}{6}[12\bar{1}]$ *teremos:*

$$\left|\vec{b}_1\right| = \frac{a_0}{2}\sqrt{1^2+1^2+0^2} = \frac{a_0\sqrt{2}}{2},\ \left|\vec{b}_2\right| = \frac{a_0}{6}\sqrt{2^2+1^2+1^2} = \frac{a_0\sqrt{6}}{6} = \left|\vec{b}_3\right|.$$

Como $\left|\vec{b}_1\right|^2 > \left|\vec{b}_2\right|^2 + \left|\vec{b}_3\right|^2$ *(verifique!) a reação irá reduzir a energia do cristal, será portanto energeticamente favorável e poderá, em princípio, ocorrer.*

No item b) definimos $\vec{n} = [1\bar{1}\bar{1}]$*:*

$\vec{b}_2 \cdot \vec{n} = \frac{a_0}{2}(2\times1-1\times1-1\times1) = 0$ *e* $\vec{b}_3 \cdot \vec{n} = \frac{a_0}{6}(1\times1-2\times1+1\times1) = 0$*, portanto os vetores de Burgers das discordâncias parciais também estão contidas no plano* $(1\bar{1}1)$ *e serão glísseis neste plano.*

Para provar, no item c), que a discordância completa pode sofrer deslizamento com desvio basta demonstrar que ela é glíssil no novo plano. Por simples inspeção podemos ver que o produto escalar entre o vetor de Burgers e a normal do novo plano também se anula. Já as parciais não são glísseis no novo plano, pois o produto escalar não se anula (verifique), esta pode ser considerada uma das justificativas do por quê da necessidade de recombinação das parciais para que a discordância possa sofrer deslizamento com desvio.