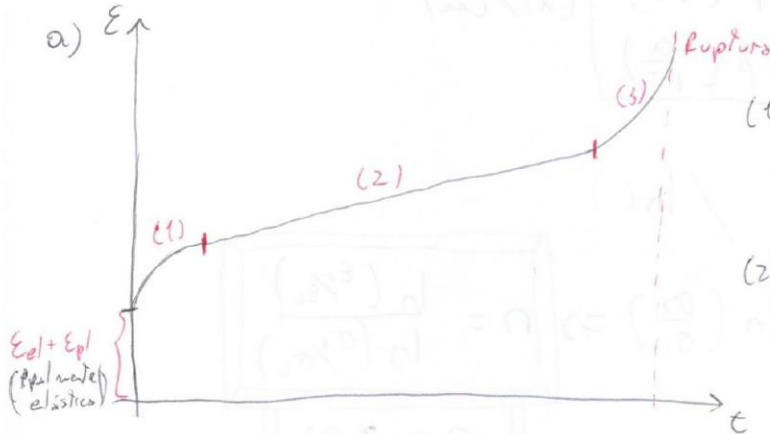


P11

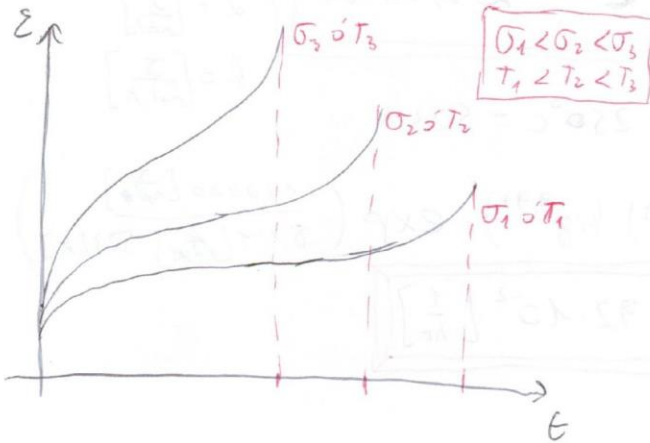


(1): Creep primario: Disminución de la velocidad de def. producto del endurecimiento por deformación

(2): Creep secundario (Estacionario): Pendiente constante (velocidad de def.) producto de la competencia entre endur. por def. y recuperación (favorecida por $T \uparrow$)

$$\dot{\epsilon} = B \sigma^n e^{\left(-\frac{Q}{RT}\right)}$$

(3): Creep terciario: Producto de nucleación de huecos o estiración, se acelera la vel. de deformación hasta la ruptura



• $\dot{\epsilon} \propto \sigma \Rightarrow \dot{\epsilon} = K \cdot \sigma^n$

• $\dot{\epsilon} \propto T \Rightarrow \dot{\epsilon} = A \cdot e^{\left(-\frac{Q}{RT}\right)}$
(Arrhenius)

b) Ocuparemos la ecuación del Creep

$$\dot{\epsilon} = B \cdot \sigma^n \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

i) $\dot{\epsilon}_1 = B \sigma_1^n \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$ (i)/(ii)

ii) $\dot{\epsilon}_2 = B \sigma_2^n \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$

$$\Rightarrow \frac{\dot{\epsilon}_1}{\dot{\epsilon}_2} = \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)^n / \ln()$$

$$\ln\left(\frac{\dot{\epsilon}_1}{\dot{\epsilon}_2}\right) = n \ln\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right) \Rightarrow n = \frac{\ln(\dot{\epsilon}_1/\dot{\epsilon}_2)}{\ln(\sigma_1/\sigma_2)}$$

$$n \approx 9,97$$

Reemplazando en (i), despejamos B

$$B = \frac{\dot{\epsilon}_1}{\sigma_1^n} e^{\left(\frac{Q}{RT}\right)} \approx 3,22 \cdot 10^{-5}$$

T en Kelvin!

$$Q = \left[\frac{J}{mol}\right]$$

$$R = \left[\frac{J}{mol \cdot K}\right]$$

Para $\sigma_3 = 48 [MPa]$ y $T_3 = 250^\circ C = 523 K$

$$\dot{\epsilon}_3 = (3,22 \cdot 10^{-5}) \cdot (48)^{9,97} \cdot \exp\left(\frac{-140000 \left[\frac{J}{mol}\right]}{8,314 \left[\frac{J}{K}\right] \cdot 523 [K]}\right)$$

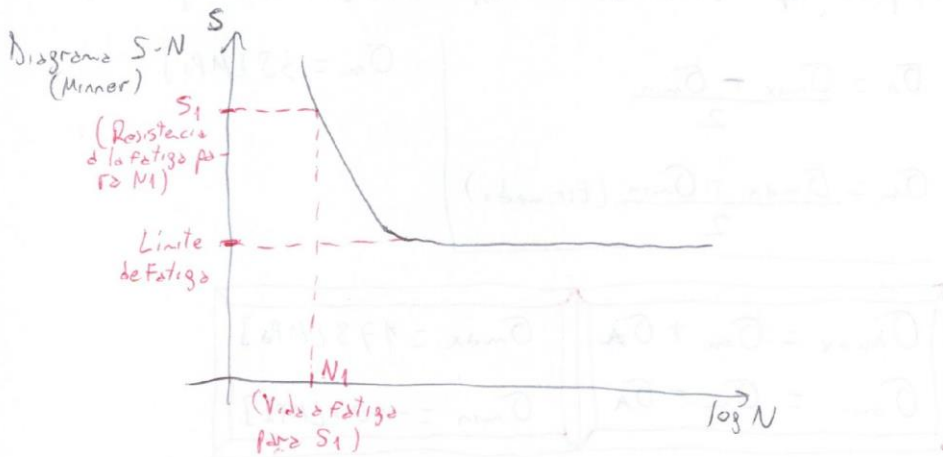
$$\dot{\epsilon}_3 = 1,92 \cdot 10^{-2} \left[\frac{1}{hr}\right]$$

P21

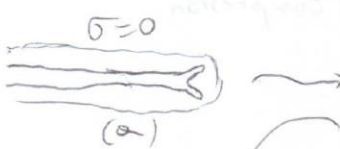
a) Resistencia a la Fatiga: Nivel de tensión que produce la rotura después de un determinado número de ciclos

• Vida a Fatiga: N° de ciclos necesario para producir rotura a una tensión dada

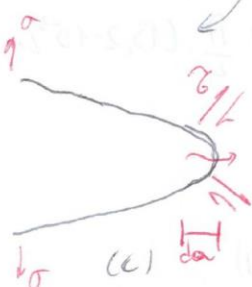
• Límite de Fatiga: Tensión mínima por debajo de la cual NO existirá rotura por fatiga (Mat. Ferrosos, aleaciones de titanio)



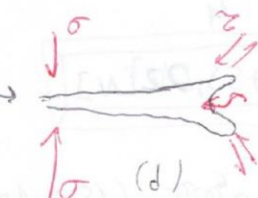
Mecanismo de Fatiga



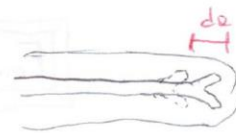
Puntos → Concentradores de tensión
Propag. de grieta por puntos



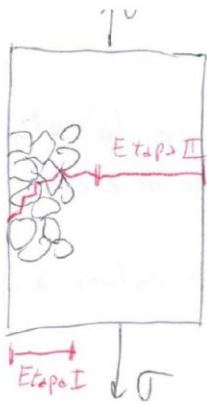
La tensión hace que la grieta avance un da en que el extremo se entorne



Tensión de compresión cierra la grieta y desenforma al extremo



La grieta ha crecido un da en un ciclo



Etapa I: Crecimiento lento de grieta siguiendo planos cristalográficos favorables

Etapa II: Alta velocidad de propagación. Crecimiento de grieta se hace perpendicular a la dirección de aplicación del esfuerzo

b) Del gráfico, para $N_f = 10^7$ ciclos $\Rightarrow \sigma_A = 140$ [MPa] (Amplitud)

$$i) \sigma_A = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$ii) \sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \text{ (Esf. medio)}$$

$$\sigma_m = 35 \text{ [MPa]}$$

$$\frac{i) + ii)}{1) - ii)}$$

$$\frac{\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_A}{\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_A}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_A$$

$$\sigma_{max} = 175 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_A$$

$$\sigma_{min} = -105 \text{ [MPa]}$$

\Rightarrow Nos pida las cargas \rightarrow Fuerzas de tracción y compresión

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

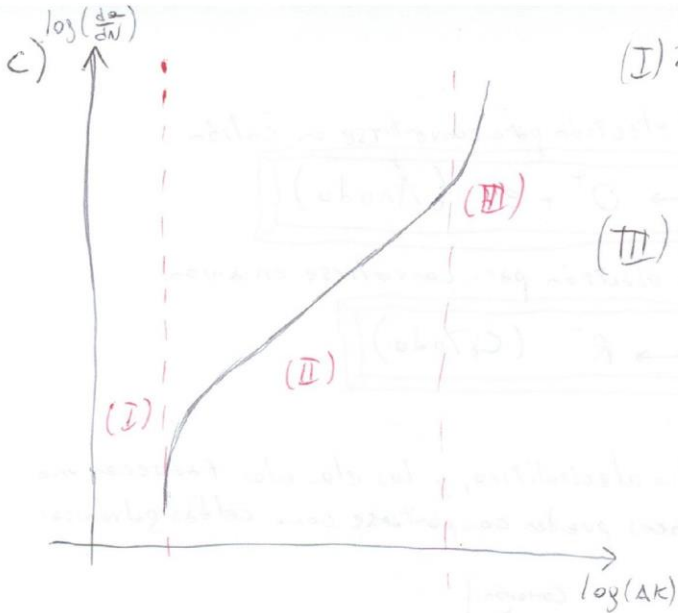
$$F = \sigma \cdot A$$

$$\bullet F_{max} = \sigma_{max} \cdot A = \sigma_{max} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 175 \cdot 10^6 \text{ [Pa]} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (15,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m]})^2$$

$$F_{max} = 31755,22 \text{ [N]}$$

$$\bullet F_{min} = \sigma_{min} \cdot A = -105 \cdot 10^6 \text{ [Pa]} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (15,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m]})^2$$

$$F_{min} = -19053,15 \text{ [N]}$$



(I): No hay crecimiento de grieta
(Largo no es suficiente ó nivel de tensiones no es suficiente)

(III): Crecimiento inestable de la grieta
(Fractura rápida)

(II) Velocidad de crecimiento constante de grieta, de acuerdo con:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^{mn}$$

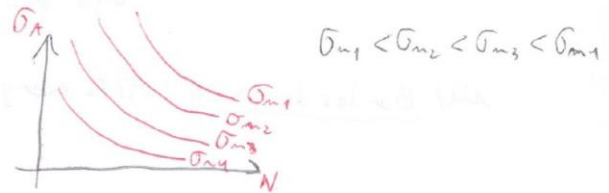
$\frac{da}{dN}$ = Velocidad de crecimiento de grieta

K = Factor de intensidad de tensiones

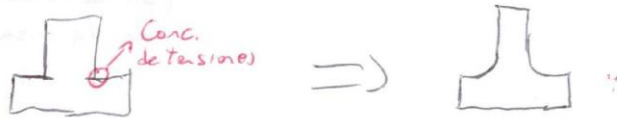
$$\Delta K = K_{max} - K_{min} = \sqrt{\pi a} (\sigma_{max} - \sigma_{min})$$

↳ Factores que afectan la Vida a Fatiga:

- Tensión Media: $\uparrow \sigma_m \Rightarrow \downarrow NF$



- Factores de Diseño: Concentradores de tensiones \rightarrow Inicidores de grietas

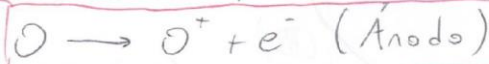


- Tratamiento superficial: Arranque de viruta (Mecanizado) produce rayas o surcos que pueden inducir una grieta de fatiga

- Endurecimiento superficial: Carbonización o nitruración aumenta dureza superficial, evitando producción de grietas superficiales

P3

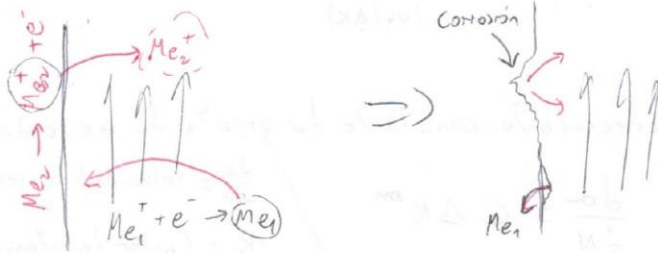
a) Oxidación: Átomo cede un electrón para convertirse en catión



Reducción: Átomo ~~cede~~ capta un electrón para convertirse en anión



b) i) Composición: Si existe medio electrolítico, y los elementos favorecen una REDOX, entonces pueden comportarse como celdas galvánicas



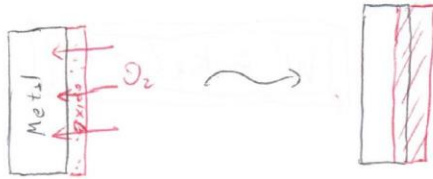
ii) Estado de la pieza: Una pieza deformada se corroerá más fácil que una que no

iii) Bordes de grano: Alta energía \rightarrow Tienden a reducirse
Comienza corrosión ahí

iv) Concentración de gases (Aireación diferencial): Zonas con baja concentración de O_2 actúan como ánodos
(Dif. de concentración entre zonas de la misma pieza)

c)

i) Óxido Poroso \leadsto El oxígeno difunde a través del óxido, y el proceso ocurre en la interfase Metal-óxido



Ley cinética lineal:

$$W = A \cdot t$$

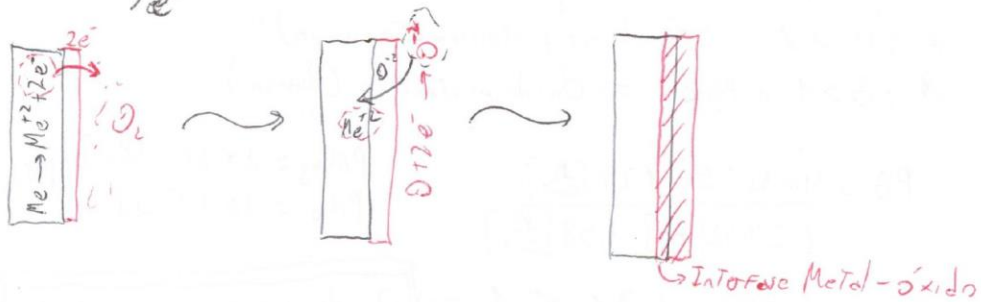
c/c.

W: Peso óx
 W: Incremento de peso por unidad de área

* También ocurre con óxido denso, el cual resquebraja y permite el paso del O_2

ii) Óxido no poroso \leadsto Gas no puede viajar a través de óxido, pero iones y electrones sí. Tres casos:

1-) Ión O^{2-} viaja a través de óxido \leadsto Oxidación en interfase Metal-óxido $2e^-$



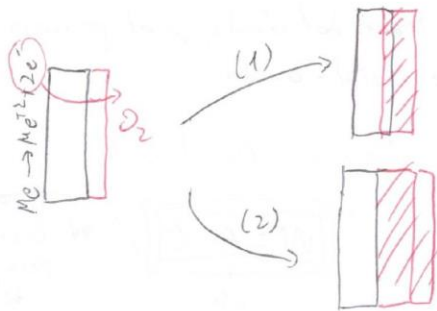
2-) Ion Me^{i2} viaja a través de óxido \leadsto Oxidación en interfase Aire-óxido $2e^-$



~~3-) Ión O^{2-} ó Me^{i2} viajan a través de óxido \leadsto Depende del caso~~



3-) Ión O^{2-} ó Me^{2+} viajan a través del óxido \rightarrow Depende del caso
Puede dar (1) ó (2)



Ley cinética parabólica

$$W^2 = k_1 t + k_2$$

iii) Películas dobladas \rightarrow Ley de velocidad logarítmica

$$W = K \log(At + B)$$

d) Relación de Polling-Bedworth $PB = \frac{PM_{ox} \cdot \rho_{me}}{n PM_{me} \cdot \rho_{ox}}$ / PM : Peso molecular
 ρ : Densidad
 n : Át. de Metal en óxido

* $PB < 1 \Rightarrow$ Óxido no protectorio (Poroso)

* $PB > 2 \Rightarrow$ Óxido no protectorio (Se rompe)

* $PB > 1$ ó $PB < 2 \Rightarrow$ Óxido protectorio (Densos)

MgO

$$PB = \frac{40,32 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right] \cdot 1,74 \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]}{1 \cdot 24,32 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right] \cdot 3,58 \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]}$$

$$\left. \begin{array}{l} PM_{Mg} = 24,32 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right] \\ PM_{O} = 16 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right] \end{array} \right\} PM_{ox} = 40,32$$

$PB = 0,81 < 1 \Rightarrow$ Óxido poroso, no protector

V₂O₅

$$PB = \frac{181,88 \cdot 6,11}{2 \cdot 50,94 \cdot 3,56}$$

$= 3,25 > 2 \Rightarrow$ Óxido se rompe
No protector

ZnO

$$PB = \frac{81,39 \cdot 7,13}{1 \cdot 65,39 \cdot 5,61}$$

$= 1,88 \Rightarrow$ Óxido denso
Protector