

ROTURA

TIM 50
TECNÓLOGO MECÁNICO
2022.

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 8 de “Introducción a la ciencia de los materiales”,
Callister.

ROTURA

La rotura pueda darse por:

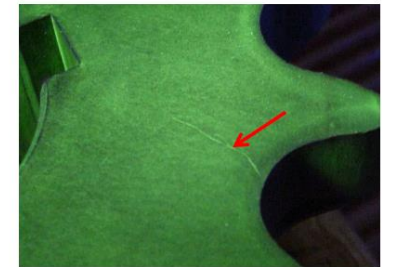
- Fractura
- Fatiga
- Fluencia en caliente

FRACTURA

Fractura: fragmentación de un cuerpo en dos o más partes en respuesta a una tensión aplicada.

→ No confundir el concepto de fractura con el de fisura. La fisura se refiere a la rotura de un cuerpo sólido, sin completa fragmentación del mismo.

Fisuras detectadas con el método de partículas magnéticas fluorescentes:



FRACTURA

TIPOS DE FRACTURA:

- Dúctil
 - Frágil
-
- ✓ La clasificación esta basada en la capacidad del material para experimentar deformación plástica

 - ✓ El proceso de fractura esta compuesto de dos etapas:
 - 1) Formación
 - 2) Y propagación de la grieta

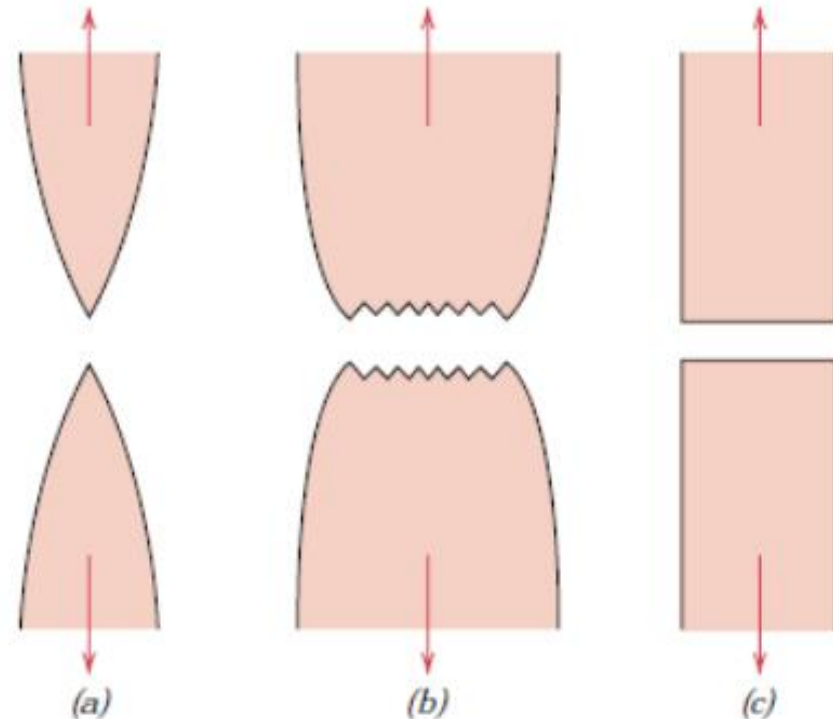
FRACTURA

TIPOS DE FRACTURA:

a) Se da en metales muy blandos, donde la fractura se da cuando la estricción es del 100%.

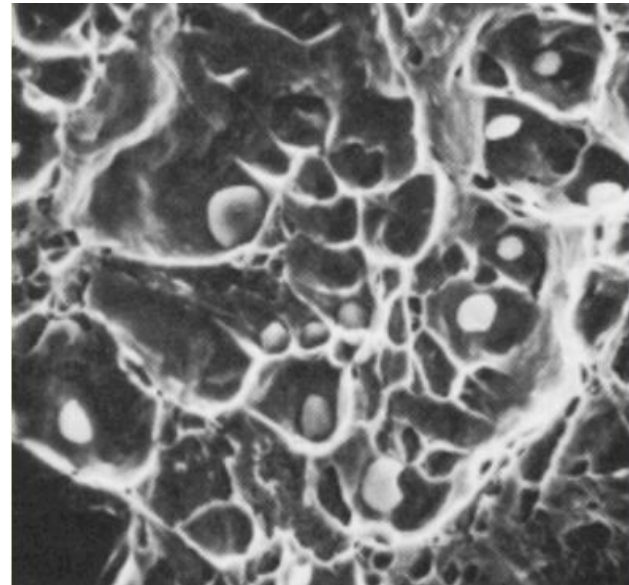
b) Perfil de fractura más común expuesto a tracción.

c) Fractura frágil



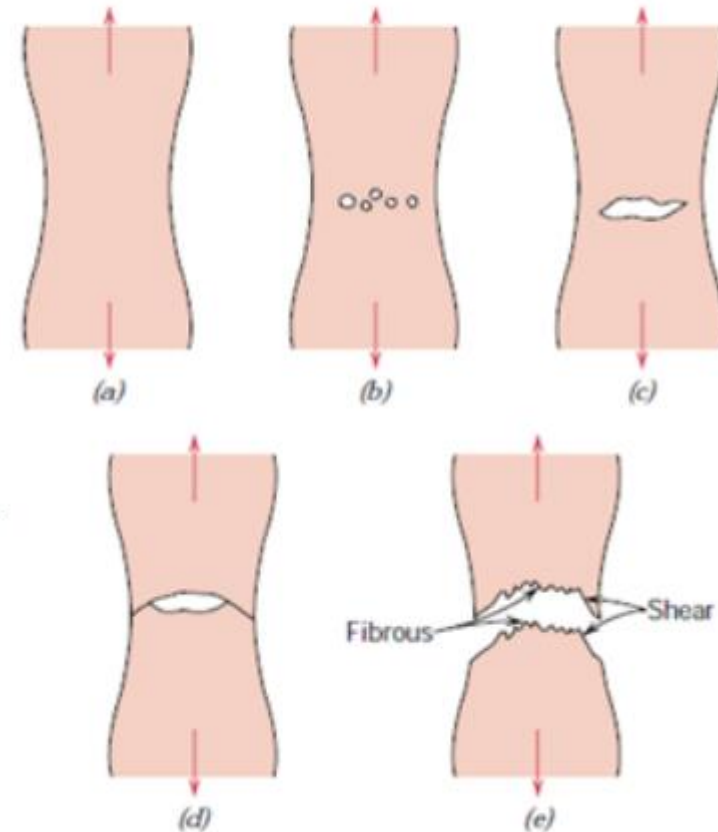
FRACTURA DÚCTIL:

- Alta absorción de energía y deformación plástica antes de la fractura.
- Proceso lento → grieta estable
- Hay evidencia de deformación en la superficie:
 - * retorcimiento
 - * desgarre



FRACTURA DÚCTIL:

- Comienza la estricción.
- Formación de microcavidades.
- Formación de la grieta
- Propagación de la grieta
- Fractura por cizallamiento a un ángulo de 45° respecto de la tensión. Se puede llamar fractura copa-cono.



FRACTURA FRÁGIL:

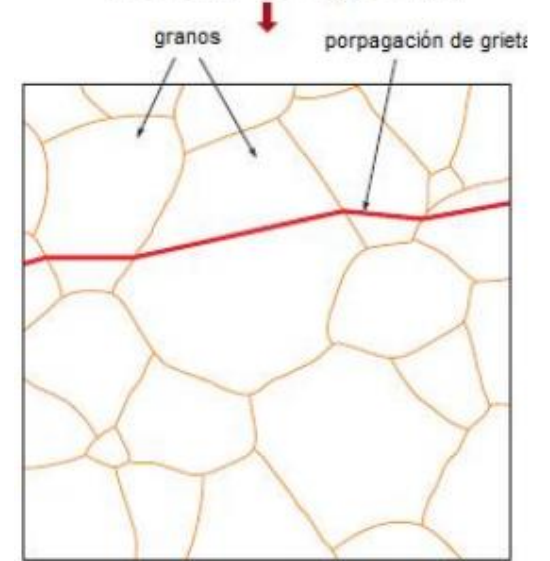
- Baja absorción de energía y escasa o ninguna deformación plástica antes de la fractura.
- La grieta se extiende rápido → grieta inestable
- En materiales amorfos la fractura produce una superficie lisa y brillante



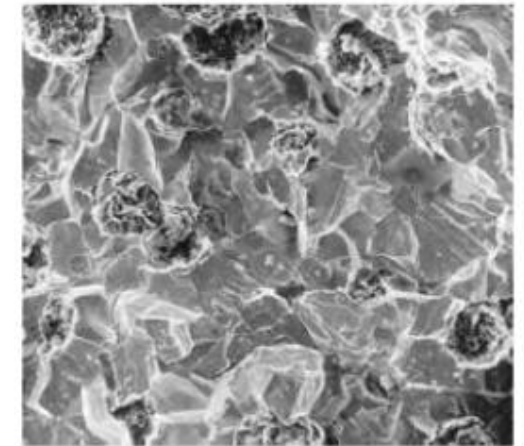
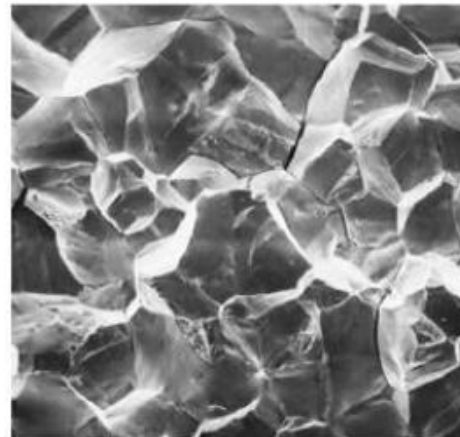
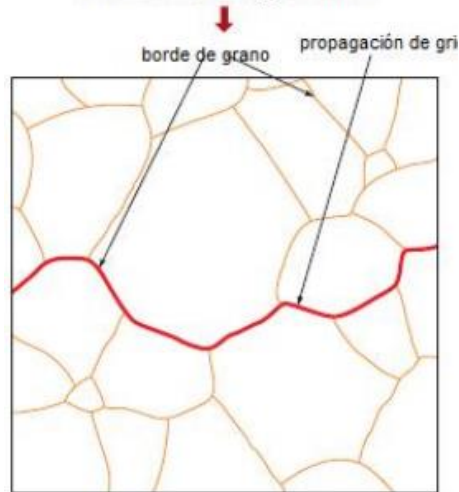
FRACTURA FRÁGIL:

- En materiales cristalinos la propagación de la grieta implica la sucesiva y repetida rotura de enlaces atómicos a lo largo de los planos cristalográficos, proceso llamado descohesión. Este tipo de fractura se dice transgranular, debido a q las grietas pasan a través de los granos.
- En algunas aleaciones, la propagación de la grieta ocurre a lo largo de los bordes de grano, por lo que se denomina fractura intergranular.

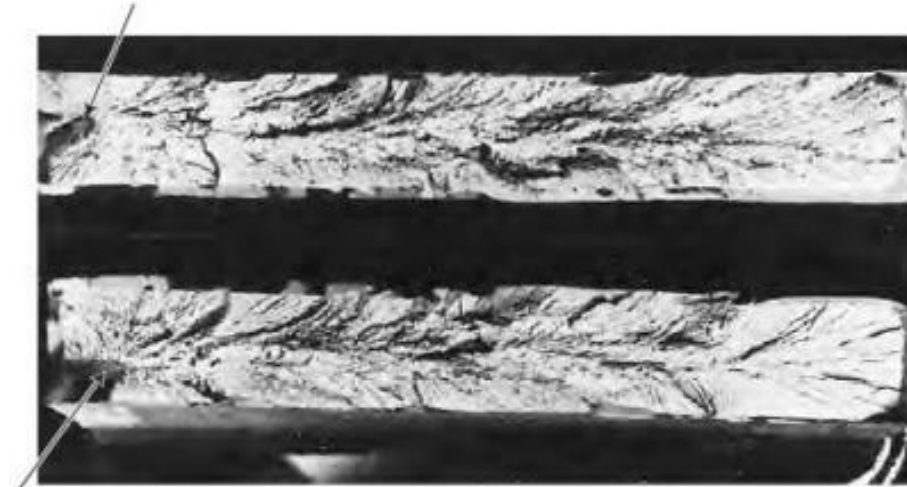
Fractura Transgranular



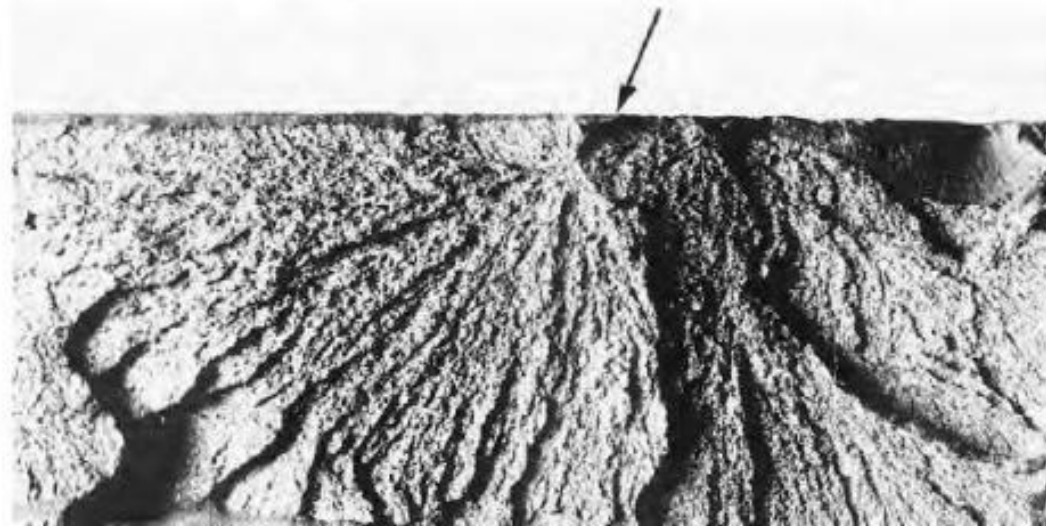
Fractura Intergranular



Fractura frágil a nivel macroscópico



(a)



(b)

fractura de materiales

FRAGIL

Ocurre por una propagación rápida de la fisura después de poca o ninguna deformación plástica

La apariencia de la superficie es brillante y cristalina

DUCTIL

Se produce después de una deformación plástica extensa y se caracteriza por una propagación lenta de la fisura

La apariencia de la superficie tiene aspecto opaco y fibrosa

fractura de materiales

Cualquier proceso de fractura involucra dos etapas, iniciación de la fisura y su propagación como respuesta a las tensiones impuestas.

El tipo de fractura es altamente dependiente de los mecanismos de propagación de la fisura.

La fractura dúctil esta caracterizada por una gran deformación plástica en la vecindad de la punta de fisura.

Es un proceso relativamente lento a medida que la fisura se extiende, así que se dice que la fisura es estable.

La fractura frágil por el contrario se propaga extremadamente rápido (300 a 2000 m/s) con muy poca deformación plástica, y se llaman fisuras inestables.

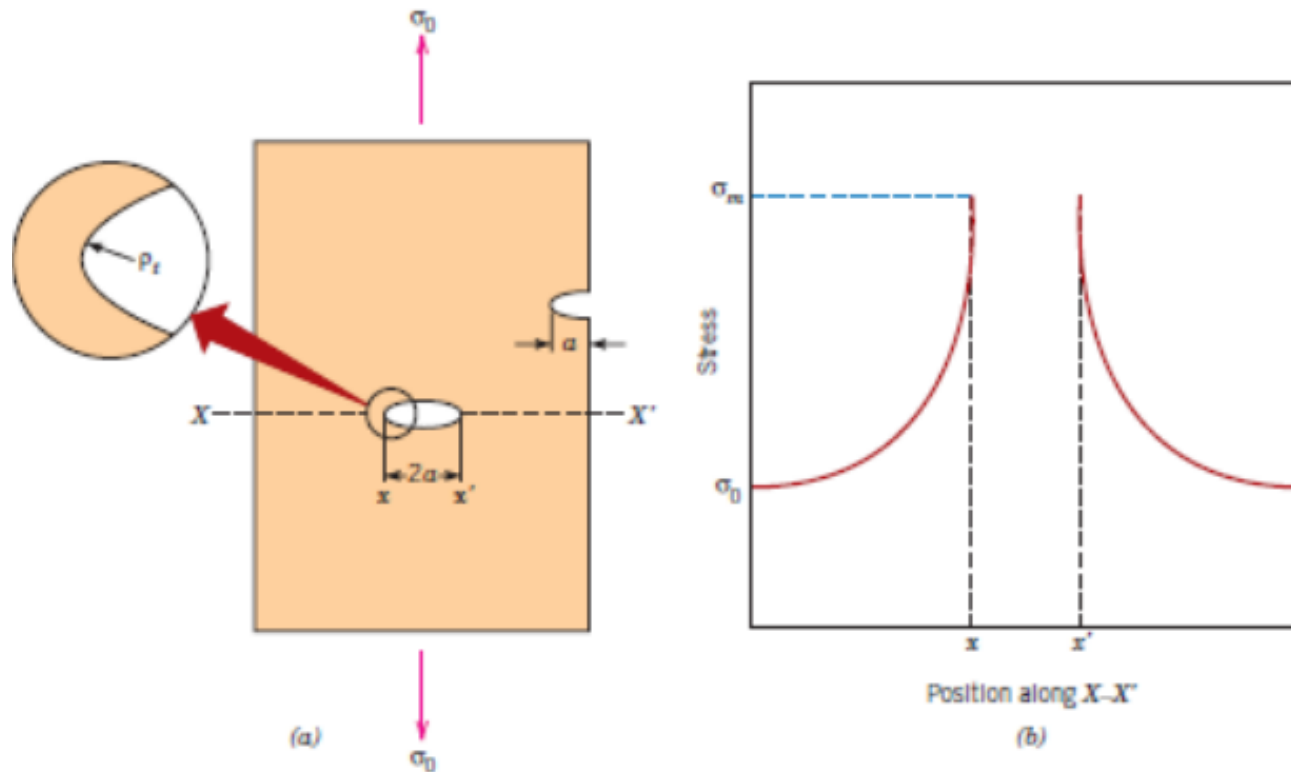
PRINCIPIOS DE LA MECÁNICA DE LA FRACTURA

CONCENTRACIÓN DE TENSIONES:

- En la práctica la resistencia a la fractura difiere ampliamente de la resistencia cohesiva.
- A.A. Griffith propuso que tal discrepancia obedece a presencia de concentradores de tensión.
- Concentradores de tensión: grietas internas capaces de amplificar la tensión aplicada al material.

PRINCIPIOS DE LA MECÁNICA DE LA FRACTURA

CONCENTRACIÓN DE TENSIONES:

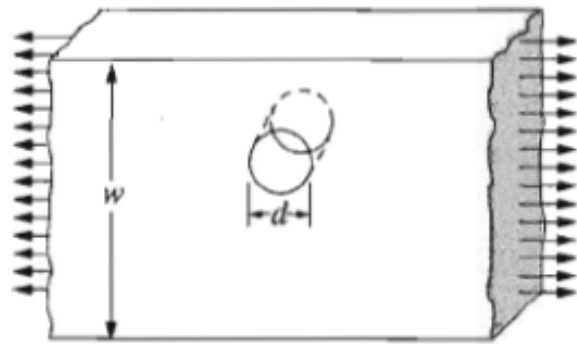


$$\sigma_m = 2 \cdot \sigma_0 \cdot \sqrt{\frac{a}{\rho_t}}$$

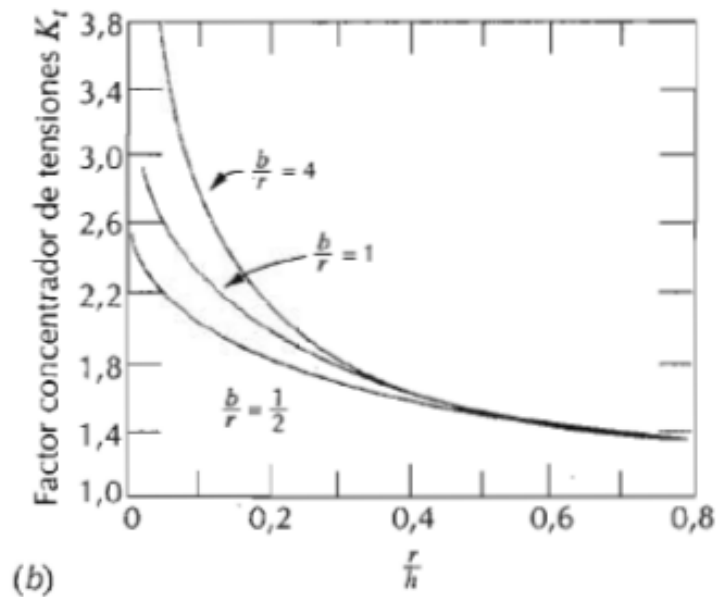
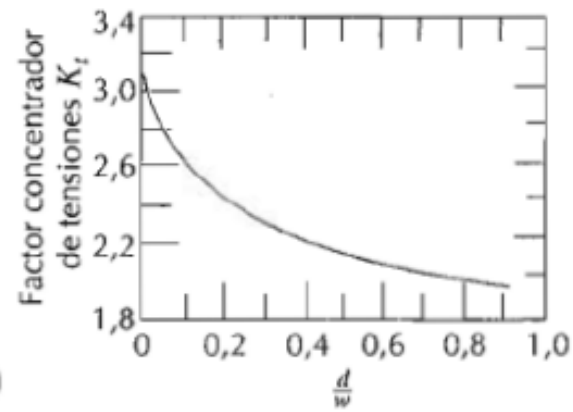
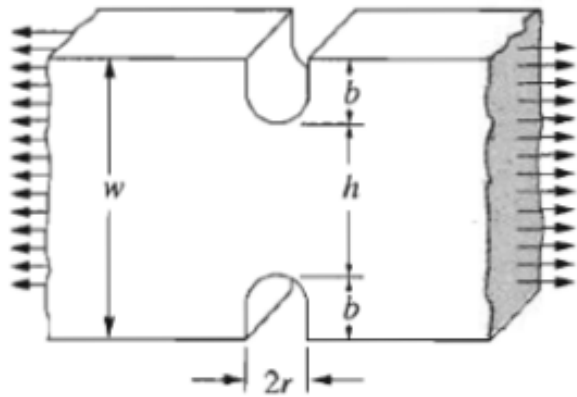
Factor de concentrador de tensiones (K_t):

$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2 \cdot \sqrt{\frac{a}{\rho_t}}$$

CONCENTRACIÓN DE TENSIONES:



$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2 \cdot \sqrt{\frac{a}{\rho_t}}$$

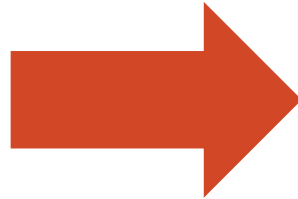


➤ ¿Qué fuerza soporta la tensión? = Las fuerzas de los enlaces interatómicos del material

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\gamma E}{r_0}}$$

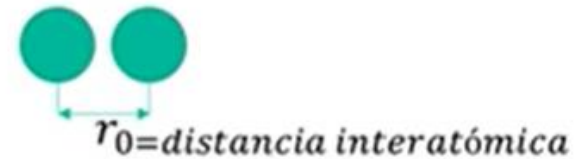
$\sigma_R =$ tensión de rotura del material
 $\gamma =$ energía superficial del material
 $E =$ módulo elástico del material
 $r_0 =$ distancia interatómica

La rotura se producirá cuando la tensión local sea igual a la tensión de rotura del Material: $\sigma_{local} = \sigma_R$



$$2\sigma \sqrt{\frac{a}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma E}{r_0}}$$

$$\sigma_{critica} = \sqrt{\frac{\gamma E \rho}{4 a r_0}}$$



TEORÍA GRIFFITH DE LA FRACTURA FRÁGIL:

➤ Considera un material frágil sin plasticidad.

Aportación de Irwin y Orowan a la fractura de materiales dúctiles

La aportación de Irwin y Orowan fue introducir en el balance de energía realizado por Griffith la consideración de un parámetro denominado G_c , característico de cada material, que expresaría la cantidad total de energía absorbida antes de la rotura.

La reformulación de la ecuación [1] da lugar a la siguiente expresión:

$$\sigma_{fractura} = \sqrt{\frac{EG_c}{\pi a}} \quad [2]$$

La ecuación [2] pone en relación:

- Las propiedades del material: E y G_c
- El nivel tensional
- El tamaño de la grieta

G_c se presupone
que es independiente del
tamaño y geometría de la pieza

FATIGA

La fatiga es una forma de fractura que se produce en estructuras sujetas a tensiones dinámicas y fluctuantes (ej. Puentes, aviones y componentes de máquinas).

Bajo estas circunstancias es posible que la fractura se produzca a niveles de tensiones considerablemente bajas.

El término fatiga es usado debido a que este tipo de fractura normalmente se produce después de un período de tensiones repetitivas o cíclicas.

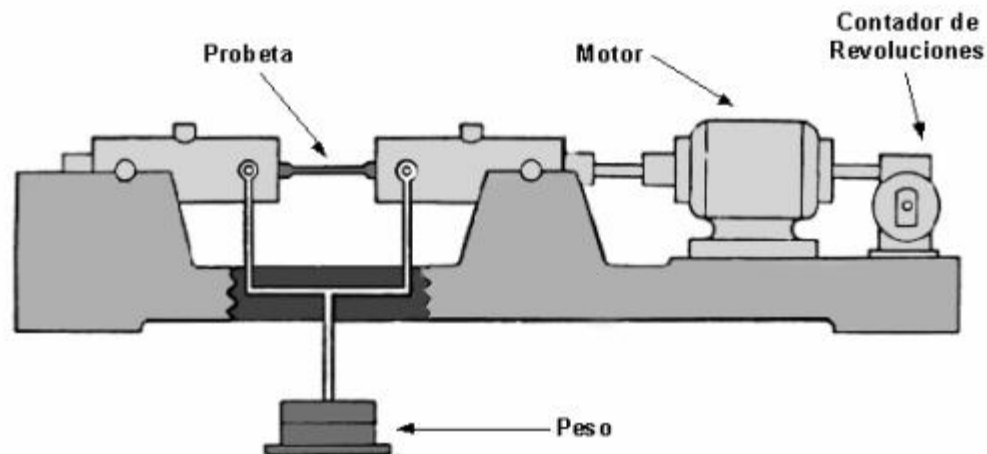
La fractura por fatiga es semejante en naturaleza a la fractura frágil aún en metales normalmente dúctiles en los que hay muy poco, o ninguna deformación plástica asociada con la fractura

FATIGA_CURVAS S-N

Las propiedades de la fatiga de los materiales pueden ser determinadas a partir de ensayos de simulación en el laboratorio.

Las series de ensayos se comienzan sometiendo a la pieza a ensayar a tensiones cíclicas con una amplitud de las tensiones máximas relativamente altas, usualmente en el orden de dos tercios de la tensión de tracción estática, contándose el número de ciclos a la rotura.

Este procedimiento se repite en otras probetas disminuyendo progresivamente la amplitud de las tensiones máximas. Se grafican los datos como tensión versus el logaritmo del número de ciclos a la rotura para cada una de las probetas. Los valores de S se toman normalmente como amplitud de tensiones.



PROBETA DE MOORE

FATIGA_CURVAS S-N

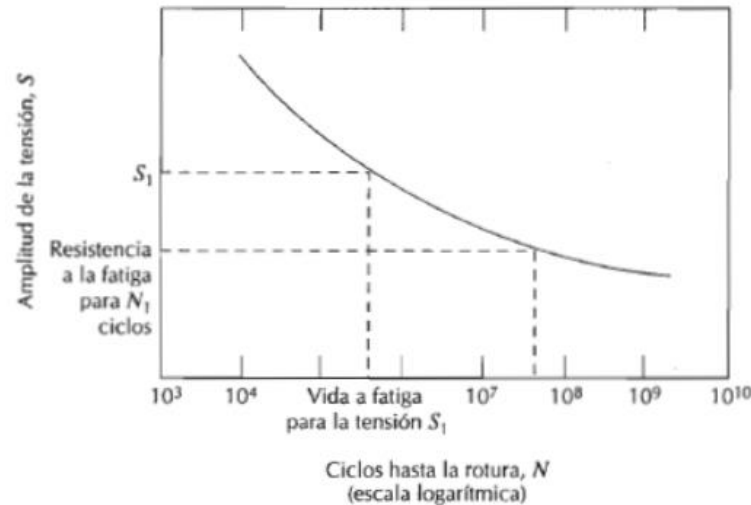
Límite a la fatiga: representa el mayor valor de la tensión fluctuante que no produciría fatiga en una número infinito de ciclos.

Para materiales que no presentan límite a la fatiga se definen los parámetros:

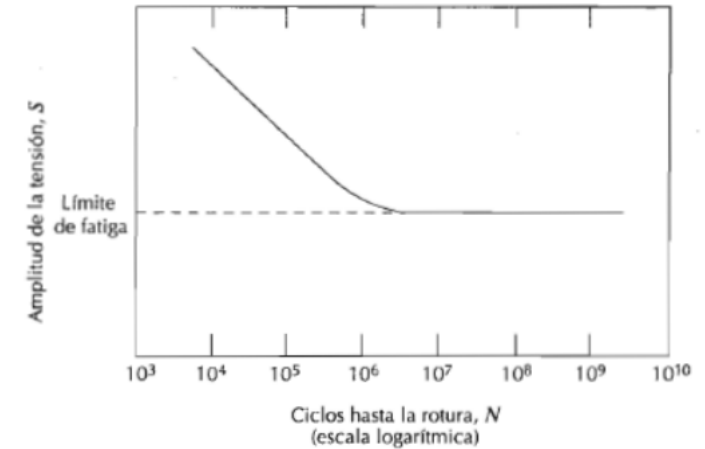
Resistencia a la fatiga:

nivel de tensión que produce rotura para un determinado n° de ciclos.

Vida a fatiga (N_f): número de ciclos para producir rotura a un nivel de tensión determinado.



Material que no presenta un límite a la fatiga



Material que presenta límite a la fatiga

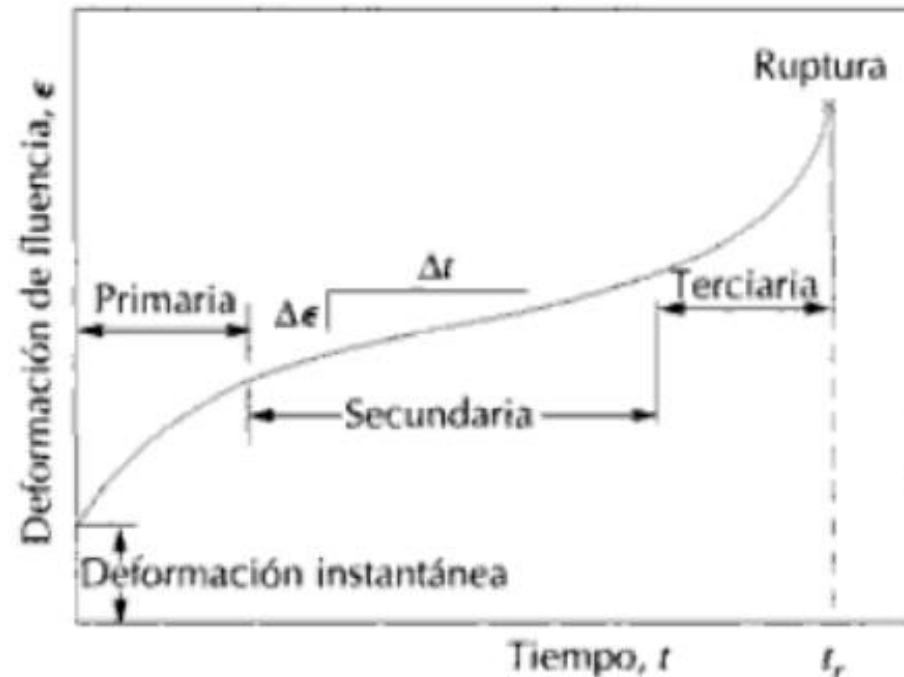
Creep o fluencia en caliente

- Fluencia: Deformación que se produce en un período cuando un material está sometido a un esfuerzo constante y a temperatura constante. En los metales, la fluencia suele producirse únicamente a elevadas temperaturas: rotores de turbinas en motores y generadores de vapor que experimentan tensiones centrífugas, y líneas de vapor de alta presión.
- Es un fenómeno indeseable y frecuentemente un factor limitante en el tiempo de vida de una pieza.
- Se observa en todo tipo de materiales; en metales esto se vuelve importante para altas temperaturas que están alrededor del $0,4 T_m$ (T_m : temperatura de fusión absoluta).

FLUENCIA EN CALIENTE

COMPORTAMIENTO BAJO FLUENCIA EN CALIENTE:

Ensayo: se somete una probeta a una carga constante mientras es mantenida a una temperatura constante, se mide la deformación y se representan gráficamente en función del tiempo.



La pendiente de la curva es la velocidad de fluencia

FLUENCIA EN CALIENTE

COMPORTAMIENTO BAJO FLUENCIA EN CALIENTE:

Regiones:

- I. Fluencia primaria: se caracteriza por una velocidad de fluencia decreciente, es decir, la pendiente de la curva disminuye con el tiempo. Esto sugiere que el material está experimentando un aumento en su resistencia a la fluencia, o sea, endurecimiento por deformación.
- II. Fluencia secundaria: también llamada fluencia estacionaria: la velocidad es constante; o sea, la gráfica se hace lineal. El hecho de que la velocidad de fluencia sea constante se explica sobre la base de un balance entre dos procesos que compiten, como son el endurecimiento por deformación y la restauración. Por este último proceso el material se hace más blando y retiene su capacidad para experimentar deformación.
- III. Fluencia terciaria: se produce una aceleración de la velocidad de fluencia y la rotura final; se produce debido a cambios micro estructurales y/o a cambios metalúrgicos.

FLUENCIA EN CALIENTE

COMPORTAMIENTO BAJO FLUENCIA EN CALIENTE:

Datos obtenidos del ensayo:

- El parámetro más importante de un ensayo de fluencia en caliente es la pendiente de la porción de la fluencia secundaria.
- Se denomina velocidad mínima de fluencia o velocidad de fluencia estacionaria

$$\dot{\epsilon}_s$$

- Este es el parámetro de diseño utilizado en ingeniería para aplicaciones de vida larga. Por otro lado, para situaciones de fluencia de vida corta el tiempo a la ruptura es la consideración dominante del diseño.
- Para poder determinar dicho parámetro el ensayo debe ser realizado hasta la fractura.