

MATERIALES INDUSTRIALES II (9213 / 7213)

PARCIAL 2DO CUATRIMESTRE METALES

1) Defectos e imperfecciones de punto. ¿Cómo influye la temperatura en la cantidad de vacancias presentes en un metal?

El número de vacantes para una cantidad determinada de metal depende exponencialmente de la temperatura según la siguiente expresión que proviene del análisis termodinámico de los cristales.

$$N_v = N e^{-\left(\frac{Q_v}{k \cdot T}\right)}$$

N_v : cantidad de vacantes

$Q_v \left(\frac{J}{atom}\right)$: energía necesaria para la formación de una vacante

$k \left(\frac{J}{atom K}\right)$: constante del gas o de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23} \frac{J}{atom K}$

$T (K)$: temperatura

N : cantidad total de espacios atómicos

$$N = \frac{N_A \cdot \rho}{A}$$

$N_A \left(\frac{atom}{mol}\right)$: número de Avogadro = $6,02 \times 10^{23} \frac{atom}{mol}$

$\rho \left(\frac{g}{m^3}\right)$: densidad

$A \left(\frac{g}{mol}\right)$: masa atómica

Se comprueba que en la mayoría de los metales, la concentración de vacancias (N_v/N) para temperaturas cercanas a la de fusión es del orden de 10^{-4} (1 vacancia cada 10000 puntos reticulares).

2 Aplicación del Niobio - Titanio como superconductor de energía eléctrica.

La superconductividad es un fenómeno eléctrico en el que un material tiene la capacidad de conducir la corriente eléctrica sin resistencia ni pérdidas de energía. Este efecto ocurre solo por debajo de la temperatura y campo magnético crítico del material.

Los materiales superconductores se dividen en dos categorías según se comporten frente a la temperatura y al campo magnético. Son de tipo I si poseen una sola temperatura y campo magnético crítico. Son de tipo II si poseen dos temperaturas críticas y dos campos magnéticos críticos. Si estos últimos se

encuentran en un valor intermedio de alguna de sus características críticas, funcionan en un estado mixto entre conductor normal y superconductor.

Las aleaciones superconductoras de tipo II más utilizadas son el Niobio – Zirconio, Niobio – Estaño y el Niobio – Titanio. Estos se utilizan para fabricar cables que pueden soportar altas corrientes y campos magnéticos. Sus principales usos son en aceleradores de partículas, equipos de resonancia magnética, generadores de energía sofisticados, electrónica y aplicaciones donde se requiera la levitación magnética. Un ejemplo de esta última aplicación son los trenes MAGLEV que requieren una gran cantidad de imanes para la sustentación e impulso.

3 Explicar el principio de Griffith, expresar la formula, a que aplica. En qué se diferencia con Irwin Orowan.

El principio de Griffith estudio las condiciones de fractura de cuerpos frágiles con grietas. Establece que el esfuerzo para generar una falla en un determinado material disminuye a medida que aumenta el tamaño de la grieta o defecto.

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{2 \times E \times \gamma_s}{\pi a}}$$

Con σ_f = *esfuerzo de fractura*, E = *modulo de elasticidad*, γ_s = *energía necesaria para aumentar la grieta por unidad de area*, a = *mitad de la longitud de la grieta*

Pero como esta fórmula aplica solo para solidos frágiles como el vidrio, a partir de esta ecuación Irwin y Orowan plantearon la fórmula para metales. En esta lo que cambia es el numerador, donde se le agrega la deformación plástica. Podemos ver que la diferencia en la fractura entre el vidrio y los metales es la presencia de la deformación plástica.

$$\sigma_f = \frac{C}{\sqrt{\pi a}}$$

4. Un componente estructural de chapa de un diseño de ingeniería debe soportar 207 MPa de tensión. Si se usa una aleación de aluminio 2024-T851 para esta aplicación, ¿cuál es el mayor tamaño de grieta que este material puede soportar? Considerar el factor de intensidad de tensiones, $K_{Ic} = 26,4 \text{ MPa m}^{1/2}$

Según la siguiente ecuación de la Mecánica de fractura:

$$K_{Ic} = Y \cdot \sigma_f \cdot \sqrt{\pi \cdot a}$$

Donde - Y: factor geométrico. Aproximadamente 1

- σ_f : esfuerzo que aplicamos a la pieza
- a : largo de la grieta
- K_{Ic} : factor de intensidad crítico para modo de falla I

Despejando "a":

$$\left(\frac{K_{Ic}}{\sigma_f}\right)^2 \cdot \frac{1}{\pi} = a$$

Reemplazando con los datos:

$$\left(\frac{26,4 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}}{207 \text{ Mpa}}\right)^2 \cdot \frac{1}{\pi} = 5,177 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 5,177 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow a = 5,177 \text{ mm si la grieta es exterior} \vee a = 10,355 \text{ mm si la grieta es interior}$$

5 ¿Por qué el eje de un tren falla a pesar de haber sido dimensionado correctamente?

Se trata de un elemento que está sometido a cargas variables y fallan para tensiones inferiores a la resistencia a fluencia del material obtenida del ensayo estático a tracción. El eje falla por fatiga. La fatiga es la causante de la mayor parte de las roturas de las piezas en servicio y las roturas por este fenómeno son especialmente peligrosas porque no suelen presentar indicios de fallo inminente, sino que este se produce de modo repentino y sin observar deformaciones plásticas de conjunto, lo que a lo largo de la historia ha provocado importantes accidentes.



El fallo por fatiga se inicia en muchos casos a partir de una pequeña grieta o defecto (superficial o interno). Esta grieta va agrandándose con la aplicación de numerosos ciclos de carga, hasta que finalmente la sección resistente del material no es capaz de soportar el esfuerzo y rompe de manera repentina. Las marcas de avance de la grieta son apreciables en muchos casos como pequeñas ondulaciones.

La fractura por fatiga presenta una sección en la que se distinguen dos zonas: una zona brillante, en la que se aprecia el grano del material, similar a la de una rotura frágil, y otra mate, con unas marcas ligeras, como ondulaciones de arena en la playa, que es por la que empezó el fallo y que se ha ido oxidando parcialmente desde el inicio del proceso.

6 ¿Que se tiene que producir para que se produzca una fractura en un material? Explique los diferentes tipos de energía involucrados en la misma y de un ejemplo concreto donde un tipo de energía predomina frente a otra y como es la fractura.

Para que se produzca una fractura de un material es necesario que la energía utilizada sobre el material sea mayor que la energía de superficie más la energía de deformación plástica.

La energía de superficie es el grado de atracción o repulsión que ejerce la superficie de un material frente a otro. Cuanto mayor es la fuerza de atracción entre los materiales, mayor es la adhesión, en esencia es la energía por unidad de superficie.

La deformación plástica implica cambios microestructurales en el interior del metal, que inciden especialmente en los defectos de la red cristalina, siendo las dislocaciones los de mayor importancia.

Un caso puede ser el de los cerámicos y vidrios, que son materiales frágiles, es decir, no tienen deformación plástica, por lo que cuando se fracturan la superficie de ambas caras si se ve de cerca parecen fideos entrelazados.

7 Dar 2 ejemplos históricos acerca de fallas por concentración de tensiones y explicar brevemente cada una de ellas.

Ejemplo1: Aviones De Havilland Comet. Estos aviones tenían ventanas cuadradas. Debido a su forma geométrica presentaban concentraciones de tensiones que eran más del doble que el resto del fuselaje. Al producirse un efecto cíclico de presurización y despresurización se producía la fatiga y fisuras en las zonas que tenían más tensión (la parte del fuselaje próxima a las esquinas de las ventanas cuadradas).

Ejemplo2: Buques Liberty Ship. Se presentaban concentraciones de tensiones en las escotillas debido a que presentaba una situación límite de esfuerzo cortante. Además, las fracturas se originaban en las soldaduras a tope, lo que conllevó a cambios de diseño significantes.

8. Para los metales en la mecánica de fractura. ¿De qué depende la intensidad de la tensión en vértice de la fisura?

Concentración del esfuerzo depende de la geometría de defecto y del componente. Factores geométricos que influyen son longitud de la fisura (superficial o interna, considerando el valor de "a" que corresponda) y el radio de curvatura de la punta de la grieta, según:

$$\sigma_m = 2 \cdot \sigma_0 \cdot \left(\frac{a}{\rho_t}\right)^{1/2}$$

Es algo común que se aplique el factor de concentración de tensiones:

$$K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0}$$

Hay distintas curvas para determinar K_t en función de parámetros geométricos específicos para distintas geometrías, fisuras y concentradores de tensiones.

9 ¿Qué sentido tiene estudiar la tenacidad a la fractura de un material? ¿De qué depende su valor?

La tenacidad a la fractura es la propiedad de un material que indica su capacidad para resistir la propagación de una grieta al aplicársele una carga. Cuanto mayor sea el valor de "K", mayor será la resistencia a la rotura del material. Es fundamental estudiar esto, ya que a la hora de la práctica es muy difícil encontrar piezas ideales, o sin grietas. Utilizando esta propiedad, podemos tomar nuestra pieza con sus imperfecciones, medir sus fisuras y en base a estas obtener de manera precisa su resistencia a la rotura.

El valor de K depende de la posición de la grieta en la pieza, el valor del esfuerzo a aplicar sobre la pieza, y la longitud de la fisura (si esta está en el borde), o bien la mitad de la longitud de la fisura, si se trata de una fisura interna.

10 ¿Por qué es importante considerar la tenacidad a la fractura en el diseño de un paragolpes?

Como el paragolpes es una pieza propensa a ser impactada, es importante que en caso de que esto suceda y se generen fisuras, estas no se expandan rápidamente, lo que generaría una ruptura de la pieza. Para asegurarnos esto, debemos elegir un material que tenga una alta tenacidad a la fractura, lo que permitirá que en caso de un eventual impacto el material no se rompa, sino que tan solo se vea abollado. Además, nos permitiría aumentar la vida útil en general de la pieza, ya que en caso de sufrir alguna fisura esta mantendría una resistencia alta, pudiendo desempeñar su función más allá de la misma.

11 ¿A qué se hace referencia con “concentrador de tensiones”? Dé ejemplos y proponga recomendaciones para mitigarlos.

Cuando se tenga una pieza de geometría simple y bajo ciertas hipótesis simplificadoras, el estado tensional se puede calcular mediante las fórmulas de Resistencia de Materiales.

Sin embargo, la Resistencia de Materiales no es válida para determinar el estado tensional en determinadas zonas de una pieza, concretamente:

- a) Zonas de cambio repentino en la forma de la pieza, tales como agujeros, muescas, entallas o cambios de sección.
- b) Puntos de apoyo y aplicación de cargas en la pieza.

En estas zonas se dan concentraciones de tensión, lo que altera la distribución de tensiones nominal de la sección resistente. Si el esfuerzo excede la resistencia de la pieza, el material cede en dicho punto y se produce una redistribución de esfuerzos, todo esto sin que la pieza en conjunto presente un deterioro visible, ya que el área de la redistribución es muy pequeña. Sin embargo, si la carga es repetitiva, el esfuerzo puede llegar a exceder la resistencia a la fatiga y la pieza puede romperse.

Para contrarrestar dichos efectos, se debe:

- En zonas de cambio repentino en la forma de la pieza, se puede reducir la concentración de tensiones suavizando dicha transición.
- En puntos de apoyo y aplicación de cargas de la pieza, se recomienda que estos sean lo menos puntuales posible. Una carga puntual supone una concentración de tensión infinita, ya que se está aplicando una fuerza FF en un punto (área infinitesimal).

12 ¿Qué es la mecánica de la fractura? ¿Cuáles son los modos de fractura? ¿De qué depende la intensidad de tensión y como se calcula?

La Mecánica de fractura es la disciplina que estudia el comportamiento de los materiales que poseen grietas o fisuras y tiene como fin calcular el máximo esfuerzo soportado para una grieta de dimensiones conocidas por un material.

Los tres modos de fracturas son de abertura, de deslizamiento y de desgarramiento

La intensidad de la tensión se calcula con la siguiente ecuación: $K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a}$, donde K es el factor de intensidad, σ es el esfuerzo nominal aplicado, a es la longitud de la fisura e Y es una constante geométrica adimensional. De esta forma, la intensidad es en función del esfuerzo aplicado y del tamaño de la fisura

13 Mas allá de la conservación del calor, ¿Por qué sería mejor utilizar un termo de acero inoxidable que uno de tanque de vidrio?

La respuesta se encuentra en la tenacidad a la fractura, es decir la resistencia al crecimiento de una grieta. Mientras que por un lado tenemos el vidrio como un material con una muy baja tenacidad a la fractura, el acero inoxidable, como muchos otros metales, es totalmente lo contrario dándole la capacidad de tener una alta resistencia a soportar que no se propaguen fácilmente las grietas. De esta forma, en caso de un golpe al termo o que sufra una caída a baja altura, el termo de tanque de vidrio se rompería fácilmente, mientras el de acero inoxidable tan solo se abollaría.

14 ¿A qué se debe el agrietamiento por corrosión bajo tensión? ¿Puede ocurrir aún sin la aplicación de esfuerzos? ¿Por qué?

El agrietamiento por corrosión bajo tensión de metales se refiere a la rotura originada por la combinación del efecto de tensiones y corrosión que ocurre en el medio que se encuentra el metal. Muchas veces puede ocurrir sin la presencia de esfuerzos aplicados ya que el ambiente en el que se encuentra el metal es altamente corrosivo y los esfuerzos residuales son suficientemente grandes.