

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

PROBLEMA 1

Un elemento estructural, asimilable a una placa de grandes dimensiones, se encuentra sometido a una sollicitación variable, siendo de 200 MPa durante 12 horas y de 20 MPa durante las siguientes 12 horas, repitiéndose así sucesivamente en períodos diarios.

Durante el período de carga máxima se observa que aparecen superpuestas a ésta unas tensiones fluctuantes debidas a vibraciones de amplitud 15 MPa (variación tensional total 30 MPa) y una frecuencia de 50 Hz.

La estructura fue sometida a inspección mediante equipos de NDT con una sensibilidad de 0.2 mm, no apreciándose la presencia de fisuras.

Considere la estructura como una placa infinita. Se ha obtenido que la tenacidad a fractura del material es $K_{Ic} = 100 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ y que el umbral de propagación en fatiga es

$\Delta K_{th} = 3 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ si la relación de cargas $R = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} = 0.1$ y $\Delta K_{th} = 1.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ si $R = 0.85$.

La propagación de fisuras sigue una Ley de Paris del tipo: $da/dN = 1 \cdot 10^{-8} (\Delta K)^2$ en m/ciclo si ΔK en $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Determinar:

- a) a-1) Calcular el tamaño de fisura para el que comienza a producirse propagación debida a las vibraciones.
- a-2) Tamaño crítico del defecto para que se produzca la rotura.
- a-3) Tiempo de vida del elemento estructural.
- b) Representar la evolución de la longitud de fisura en función del tiempo.
- c) En atención a lo anterior, ¿cuál sería su sugerencia de fisura aceptable y cómo mejoraría la seguridad con un proceso de inspección periódica?

Nota: Por simplificar, en los cálculos del tiempo de vida (a-3) considere que cuando existan propagaciones debidas a cargas vibratorias sean éstas únicamente las que se contabilicen.

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

PROBLEMA 2

Para construir una instalación se va a utilizar una partida de redondos de acero de alta resistencia, de 36 mm de diámetro, que habrán de soportar una tensión máxima de 700 MPa. La instalación estará sometida a ciclos térmicos que originarán en el acero oscilaciones de temperatura de 40°C, pudiendo considerarse que durante los mismos cada redondo permanece anclado entre dos puntos fijos.

El material tiene garantizado un límite elástico de 1.000 MPa y una resistencia a tracción de 1.200 MPa, pero en un ensayo de control un redondo rompe a 900 MPa, comprobándose la existencia de una fisura de 2 mm de profundidad. Se realiza una inspección por ultrasonidos de toda la partida de acero y se detectan fisuras de hasta 2,5 mm de profundidad. Se pide:

- A partir de los datos, estimar la tenacidad de fractura del acero.
- Si la vida prevista de la instalación es de 400.000 ciclos térmicos, decidir si la partida de acero debe rechazarse o no, así como los períodos de inspección, teniendo en cuenta las siguientes características del acero:

Coefficiente de dilatación térmica lineal: $\alpha = 10^{-5}(\text{°C})^{-1}$

Módulo de elasticidad : $E = 210.000 \text{ MPa}$

Constante de la ley de Paris : $n = 3,4 \quad C = 1,2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{m / ciclo}}{(\text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2})^{3,4}}$

$K_I = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a} \quad ; \quad \Delta\sigma = \alpha E \Delta T$

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD
ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

PROBLEMA 3

La curva S-N de un material elástico se caracteriza por medio de la relación de Basquin: $\sigma_a = C (2N_f)^{+b}$ siendo C y b constantes propias del material, σ_a la amplitud de tensión y N_f el número de ciclos previos a rotura. Si una probeta de dicho material soporta durante el 70% de su vida tensiones alternas de valor igual a la endurance σ_e , el 20% de su vida las tensiones alcanzan el valor de $1.1 \sigma_e$ y el 10% restante su valor es de $1.2 \sigma_e$. Estimar su vida en fatiga.

Datos: $b = -0.09$; Regla de Palmgren-Miner : $\sum \frac{n_i}{N_i} = 1$; σ_e es definido para $N_f =$

10^7 ciclos

$$\sigma_e \approx 0.5 \sigma_{TS}$$

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

PROBLEMA 4

Un disco de la carcasa de un reactor fabricado en superaleación Ni-Fe sufre inspecciones periódicas para evaluar el tamaño de posibles fisuras. Sabiendo que los equipos de inspección tienen una sensibilidad de 100 μm y que durante cada vuelo, de duración media 3 h., el disco sufre una tensión media de 2000 MPa. Determinar:

- El número de vuelos que puede soportar la turbina antes de su rotura.
- Si durante el vuelo, además, el disco soporta unas tensiones, debidas a fenómenos vibratorios, cuya frecuencia es la de giro de la turbina (5000 rpm). Determinar la amplitud máxima admisible de estas tensiones si queremos que la vida de la turbina no se vea reducida en más de un 5%.

Datos: $K_{Ic} = 86 \text{ MPa m}^{1/2}$

$$\frac{da}{dN} = 4 \cdot 10^{-12} (\Delta K)^3 \quad \frac{da}{dN} \text{ (m/ciclo)}, \Delta K \text{ (MPa m}^{1/2}\text{)}$$

Nota: Se considera $\Delta K_{th} \rightarrow 0$

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$

- A la vista de los resultados, ¿qué comprobación en los cálculos recomendaría efectuar?

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

PROBLEMA 5

Una aleación de aluminio, habitualmente empleada en componentes aeronáuticos presenta un comportamiento en fatiga, analizado a través de la ley de Basquin, con los parámetros $b= 0.073$ y $\sigma'_f= 340$ MPa.

- a) Determinar el número de ciclos antes de rotura final si el componente se encuentra sometido a una tensión $\sigma_a= 75$ MPa con $R= -1$.
- b) Un segundo componente estructural, fabricado con la misma aleación continua en servicio en servicio tras $350 \cdot 10^6$ ciclos a la misma tensión. Determinar la amplitud de tensión máxima admisible para asegurar, al menos, 10.000 ciclos de vida remanente.
- c) Se sabe que tras los $350 \cdot 10^6$ ciclos ha aparecido una grieta de 1 mm. Explicar cualitativamente cómo este hecho modifica el apartado b.
- d) Asumiendo que el factor de intensidad de tensiones de una probeta del mismo material viene dado por $K_I=1.12\sigma\sqrt{\pi a}$ y que la ley de propagación de fisuras por fatiga se expresa en la forma siguiente:

$$\frac{da}{dN} = 4 \cdot 10^{-12} (\Delta K)^3$$

dados ΔK en MPa $m^{1/2}$ y $\frac{da}{dN}$ en m/ciclo, estimar el número de ciclos empleados a iniciación y propagación para nivel tensional de 75 MPa ($R=-1$) y 150 MPa ($R= -1$).

Datos: $\Delta K_{th}= 2$ MPa $m^{1/2}$ $K_{Ic}= 40$ MPa $m^{1/2}$

$$\frac{\Delta\sigma}{2} = \sigma_a = \sigma'_f (2N_f)^b \quad \text{Basquin}$$

$$\sum_i \frac{n_i}{N_{fi}} = 1 \quad \text{Palmgren-Miner}$$

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

PROBLEMAS MÓDULO FATIGA

HOJA RESUMEN

<i>Problema 1</i> Tiempo de vida elemento estructural (Apartado a-3)	
<i>Problema 2</i> ¿Debe rechazarse la partida de acero?	
<i>Problema 3</i> Vida en fatiga de la probeta	
<i>Problema 4</i> Número de vuelos antes de rotura de la turbina (Apartado a)	
<i>Problema 5</i> Número de ciclos de iniciación para nivel tensional de 75 MPa. (Apartado d)	