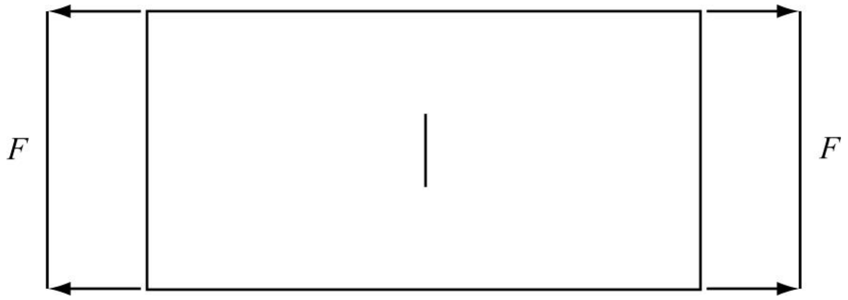
Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Enero 20
Nombre...

La figura muestra una placa de 2 m de largo, 1 m de ancho y 2 cm de espesor. La placa está fabricada con un acero ferrítico-perlítico que posee las siguientes propiedades: límite de fluencia 400 MPa, límite de rotura 550 MPa, factor crítico de intensidad de tensiones 100 MPa$\sqrt{\text{m}}$, y umbral del incremento del factor crítico de intensidad de tensiones 7 MPa$\sqrt{\text{m}}$.



Se pretende realizar un ensayo de la placa para comprobar su comportamiento a fractura. Se dispone para ello de una máquina de tracción en la que se puede sujetar la placa por sus extremos y aplicarle la fuerza *F* deseada, repartida uniformemente en todo el ancho, según se indica en la figura.

Antes de comenzar el ensayo, se practica en la placa una grieta centrada en sentido transversal de longitud 2 cm, como también puede verse en la figura. Se programa la máquina de tracción para que aplique ciclos de carga con una fuerza que varíe entre 0 y *F*.

Calcular el valor de la fuerza *F* para que la grieta alcance una longitud final de 40 cm en el menor número de ciclos posible, de manera que la placa disponga, al terminar el ensayo, de un coeficiente de seguridad de 2 frente al fallo. ¿Cuántos ciclos serán necesarios para realizar el ensayo?

Nota: considerar un valor unitario constante del coeficiente geométrico necesario para el cálculo del factor de intensidad de tensiones.

Condiciones de fallo de la placa con grieta de 40 cm:

– Fractura

$$C_S = \frac{K_{Ic}}{K_I} \Rightarrow K_I = \sigma\sqrt{\pi a} = \sigma\sqrt{\pi \times 0'2} = \frac{K_{Ic}}{C_S} = \frac{100}{2} = 50 \Rightarrow \underline{\sigma = 63\ MPa}$$

$$F = \sigma A = 63 \times 1 \times 0'02 = 1'26\ MN$$

– Fluencia

$$C_S = \frac{S_y}{\sigma} \Rightarrow \sigma = \frac{S_y}{C_S} = \frac{400}{2} = 200\ MPa$$

$$F = \sigma A^* = 200 \times 0'6 \times 0'02 = 2'4\ MN$$

Luego con ciclos de carga que apliquen una fuerza que varíe entre 0 y 1'26 MN, se obtendrá un coeficiente de seguridad frente a fallo (que sería por fractura) de valor 2 al terminar el ensayo.

Hay que comprobar que, con esta carga, la grieta inicial se propaga.

$$\Delta K_I = \sigma\sqrt{\pi a} = 63\sqrt{\pi \times 0'01} = 11'17\ MPa\sqrt{m} > \Delta K_{I_{th}} = 7\ MPa\sqrt{m}$$

Luego la grieta inicial se propaga.

Acero ferrítico-perlítico: $C = 6'9 \cdot 10^{-12}$, $m = 3$

El número de ciclos del ensayo será,

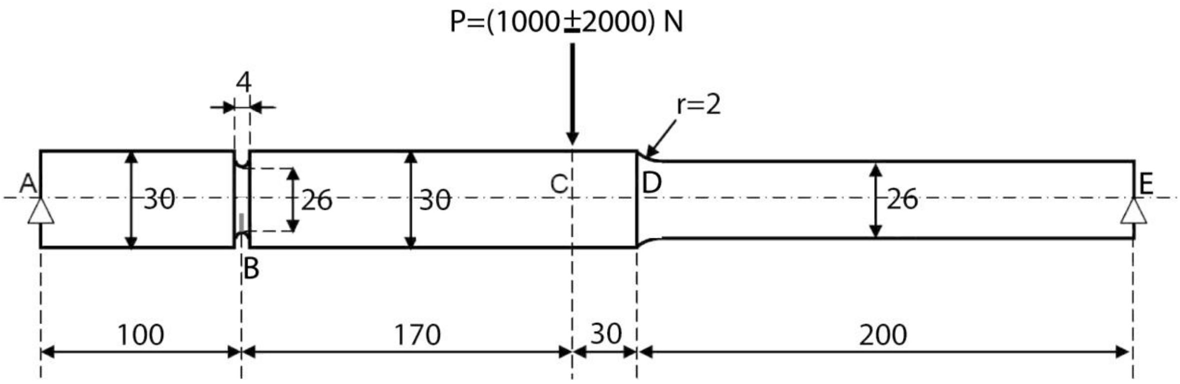
$$N = \frac{1}{C\alpha^m (\Delta\sigma)^m \pi^{m/2} (\frac{m}{2}-1)} \left[\frac{1}{a_0^{\frac{m}{2}-1}} - \frac{1}{a_f^{\frac{m}{2}-1}}\right] =$$

$$= \frac{1}{6'9 \cdot 10^{-12} \cdot 63^3 \pi^{1'5}\, 0'5} \left[\frac{1}{\sqrt{0'01}} - \frac{1}{\sqrt{0'2}}\right]$$

$\boxed{N = 1.616.278 \text{ ciclos}}$ llevaría el ensayo.

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Enero 21
Nombre...

La pieza de sección circular maciza de la figura está construida con un acero ferrítico-perlítico cuyo límite de rotura es 630 MPa, límite de fluencia 530 MPa, factor crítico de intensidad de tensiones 70 MPa$\sqrt{\mathrm{m}}$, y umbral del incremento del factor crítico de intensidad de tensiones 7 MPa$\sqrt{\mathrm{m}}$. La pieza ha sido mecanizada y se mantiene en posición fija (no gira), simplemente apoyada en sus extremos. La carga que actúa sobre ella oscila entre los valores máximo y mínimo indicados en la figura.



Se ha detectado una grieta en la parte inferior de la sección B, con una longitud de 3 mm.

a) Indicar si la grieta crecerá o no.

b) Calcular la longitud de la grieta tras 500.000 ciclos de carga.

c) ¿Se llegará a alcanzar el valor crítico del factor de intensidad de tensiones para algún número de ciclos, y con ello el fallo frágil de la pieza por fractura?

Nota: considerar un valor constante de 1.1 para el coeficiente geométrico del factor de intensidad de tensiones.

a) $\left.\begin{array}{l} R_A + R_E = P \\ R_A\, 500 = P \times 230 \end{array}\right\}$ $R_A = 0'46\,P$; $R_E = 0'54\,P$

$$M_B = R_A \times 0'1 = 0'46\,P \times 0'1 = 0'046\,P \text{ Nm}$$

$$\sigma_B = \frac{32\,M_B}{\pi\,d^3} = \frac{32 \times 0'046\,P}{\pi \times 0'026^3} = 0'0266\,P \text{ MPa}$$

Las tensiones máxima y mínima en el punto inferior de la sección B serán:

$$\left\{\begin{array}{l} \sigma_{max} = 0'0266 \times 3000 = 80 \text{ MPa} \\ \sigma_{min} = -0'0266 \times 1000 = -27 \text{ MPa} \end{array}\right.$$

Por lo tanto, de cara a la fractura (crecimiento de grieta), las tensiones nominales serán:

$$\sigma_{max} = 80 \text{ MPa} \;;\; \sigma_{min} = 0$$

Y, por tanto,

$$\left\{\begin{array}{l} \Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} = 80 \text{ MPa} \\ R = \dfrac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = 0 \end{array}\right.$$

Para que la grieta comience a crecer, el valor de ΔK_I ha de superar al valor umbral:

$$\Delta K_I = \alpha\,\Delta\sigma\sqrt{\pi a_0} = 1'1 \times 80\sqrt{\pi \times 0'003} =$$
$$= 8'54 \text{ MPa}\sqrt{m} > 7 \text{ MPa}\sqrt{m}$$

luego <u>la grieta sí crecerá</u>.

b) $C = 6'9 \cdot 10^{-12}$; $m = 3$

$$N = \frac{1}{C(\Delta\sigma)^m \alpha^m \pi^{m/2} \left(\frac{m}{2}-1\right)} \left[\frac{1}{\sqrt{a_0}} - \frac{1}{\sqrt{a_f}}\right]$$

$$5 \cdot 10^5 = \frac{1}{6'9 \cdot 10^{-12} \cdot 80^3 \cdot 1'1^3 \pi^{1'5}\, 0'5} \left[\frac{1}{\sqrt{0'003}} - \frac{1}{\sqrt{a_f}}\right]$$

$$\boxed{a_f = 7'29 \text{ mm}}$$

c) La longitud de grieta necesaria para alcanzar el valor crítico del factor de intensidad de tensiones es:

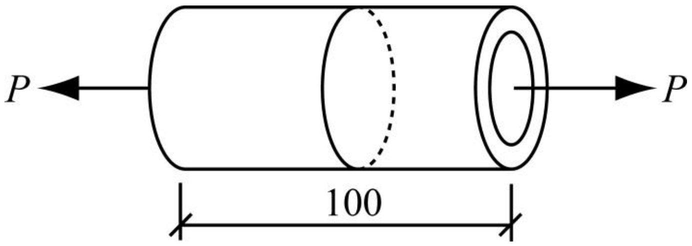
$$K_{I\,máx} = \alpha\, \sigma_{máx} \sqrt{\pi a_c} = K_{Ic}$$

$$1'1 \times 80 \sqrt{\pi a_c} = 70 \Rightarrow \underline{a_c = 201 \text{ mm}}$$

Dado que la sección sólo tiene 26 mm, no se llegará a alcanzar el fallo frágil por fractura, sino que la pieza fallará antes de manera dúctil por fluencia.

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Enero 22
Nombre...

La figura muestra un cilindro hueco, de radio exterior 15 mm, radio interior 10 mm, y longitud 100 mm. La pieza se halla sometida a una carga axial que fluctúa entre –20 y 80 kN, a razón de un ciclo por minuto. Se ha detectado una grieta circunferencial de 1 mm de profundidad en la periferia de la sección central del cilindro, según se muestra en la figura. El material es acero ferrítico-perlítico con límite de rotura 500 MPa, límite de fluencia 350 MPa, factor crítico de intensidad de tensiones 35 MPa$\sqrt{m}$, y umbral del incremento del factor crítico de intensidad de tensiones 7 MPa$\sqrt{m}$.



a) Calcular los coeficientes de seguridad ante fallo por fluencia y por fractura, respectivamente, en el primer ciclo de carga.
b) Determinar si la grieta crecerá o no.
c) Si la respuesta al apartado anterior es afirmativa, obtener la longitud crítica de la grieta, señalando si el fallo final se producirá por fluencia o por fractura.
d) Calcular el tiempo, en días, que transcurrirá hasta el fallo de la pieza.

a) Fluencia. $\sigma_{máx} = \frac{P_{máx}}{A} = \frac{80000}{\pi(14^2-10^2)\cdot 10^{-6}} = 265 \text{ MPa}$

$$C_s = \frac{S_y}{\sigma_{máx}} = \frac{350}{265} = \boxed{1'32 = C_s}$$

Fractura. $\sigma^*_{máx} = \frac{P}{A^*} = \frac{80000}{\pi(15^2-10^2)\cdot 10^{-6}} = 204 \text{ MPa}$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{a_0}{r_0 - r_i} = \frac{1}{15-10} = 0'2 \\ \frac{r_i}{r_0} = \frac{10}{15} = 0'66 \end{array}\right\} \alpha = 1'1$$

$$K_{I_{máx}} = \alpha\, \sigma^*_{máx} \sqrt{\pi a} = 1'1 \times 204 \times \sqrt{\pi \times 0'001} = 13 \text{ MPa}\sqrt{m}$$

$$C_s = \frac{K_{I_c}}{K_{I_{máx}}} = \frac{35}{13} = \boxed{2'69 = C_s}$$

b) $\left\{\begin{array}{l} \sigma^*_{máx} = 204 \text{ MPa} \\ \sigma^*_{mín} = 0 \text{ MPa} \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} \Delta\sigma = \sigma^*_{máx} - \sigma^*_{mín} = 204 \text{ MPa} \\ R = \frac{\sigma^*_{mín}}{\sigma^*_{máx}} = 0 \end{array}\right.$

$$\Delta K_I = \alpha\, \Delta\sigma \sqrt{\pi a} = 1'1 \times 204 \sqrt{\pi \times 0'001} = 13 \text{ MPa}\sqrt{m}$$

$$\Delta K_I = 13 \text{ MPa}\sqrt{m} > 7 \text{ MPa}\sqrt{m} = \Delta K_{I_{th}}$$

luego la grieta sí crecerá.

c) Fluencia

$$\sigma_{máx} = \frac{P_{máx}}{A} = \frac{80000}{\pi[(15-a_c)^2 - 10^2]\cdot 10^{-6}} = 350 \cdot 10^6 = S_y$$

$a_c = 1'856$ mm

Fractura.

$$k_{I\,máx} = \alpha(a)\,\Delta\sigma\sqrt{\pi a_c} = \alpha(a_c)\,204\sqrt{\pi a_c} = 35\ MPa\sqrt{m} = K_{Ic}$$

Hay que ajustar los valores de a_c y α que cumplan la ecuación. Comenzaremos suponiendo una a_c similar a la obtenida en fluencia, e iremos iterando.

a_c	α	a_c
1'8	1'2	6'5
4'1	2'5	1'5
2'8	1'5	4'2
3'5	1'8	2'9
3'2	1'7	3'2

Luego la solución es $a_c = 3'2$ mm. En efecto,

$$\left.\begin{array}{l} \frac{a}{r_o - r_i} = \frac{3'2}{15-10} = 0'64 \\ \frac{r_i}{r_o} = 0'66 \end{array}\right\} \alpha = 1'7$$

$$k_{I\,máx} = 1'7 \times 204\sqrt{\pi a_c} = 35 \Rightarrow \underline{a_c = 3'2\ mm}$$

Entonces, el fallo final será por fluencia, para una longitud de grieta $\boxed{a_c = 1'856\ mm}$

c) $$N = \frac{1}{C(\Delta\sigma)^m \bar{\alpha}^m \pi^{m/2}\left(\frac{m}{2}-1\right)}\left[\frac{1}{a_o^{\frac{m}{2}-1}} - \frac{1}{a_f^{\frac{m}{2}-1}}\right]$$

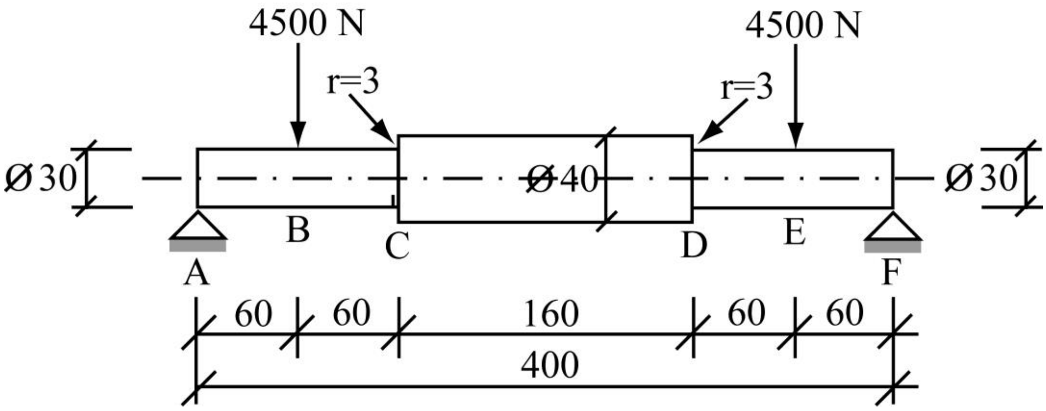
$$N = \frac{1}{6'9\cdot 10^{-12} \times 204^3 \times 1'15^3\, \pi^{1'5}\, 0'5}\left[\frac{1}{\sqrt{0'001}} - \frac{1}{\sqrt{0'001856}}\right] =$$

$$= 33908 \text{ ciclos} = 33908 \Rightarrow \boxed{t = \frac{33908}{60\times 24} = 23'54 \text{ días}}$$

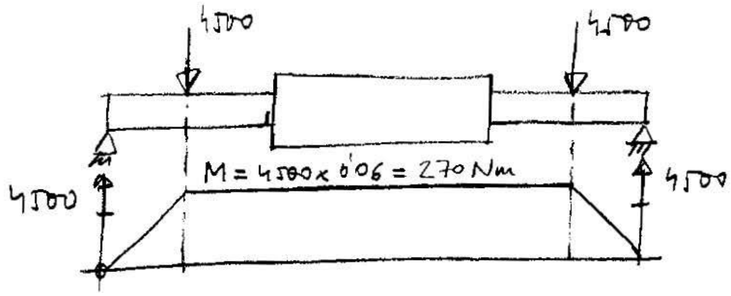
$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha(a_o) + \alpha(a_f)}{2} = \frac{1'1 + 1'2}{2} = 1'15$$

Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Enero 23
Nombre...

La figura muestra un eje rotativo apoyado en sus extremos, que soporta dos cargas verticales constantes de 4500 N. Se ha detectado una grieta de 2 mm de profundidad en la periferia de la sección C del eje, como se puede apreciar en la figura. El material es acero ferrítico-perlítico con límite de rotura 650 MPa, límite de fluencia 550 MPa, factor crítico de intensidad de tensiones 37 MPa$\sqrt{m}$, y umbral del incremento del factor crítico de intensidad de tensiones 7 MPa$\sqrt{m}$. El coeficiente geométrico del factor de intensidad de tensiones se considera constante, con valor 1.15.



a) Determinar si la grieta crecerá o no.
b) Calcular el número de vueltas que podrá dar el eje hasta el fallo de la pieza por fractura.



La tensión en la sección de la pieza será,

$$\sigma_0 = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 270}{\pi \times 0'03^3} = 101'86 \text{ MPa}$$

Hay que tener en cuenta la concentración de tensiones,

$$\left.\begin{array}{l} \frac{D}{d} = \frac{40}{30} = 1'33 \\ \frac{r}{d} = \frac{3}{30} = 0'1 \end{array}\right\} K_t = 1'64 \qquad \left.\begin{array}{l} S_u = 0'65 \text{ GPa} \\ r = 3 \text{ mm} \end{array}\right\} q = 0'81$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0'81(1'64 - 1) = 1'52$$

Entonces, la tensión máxima en la sección C vale,

$$\sigma = K_f \sigma_0 = 1'52 \times 101'86 = 155 \text{ MPa}$$

Por tanto, como los puntos de sección pasarán continuamente por tensiones comprendidas entre + 155 MPa y − 155 MPa, de cara al estudio de la fractura se tendrá:

$$\left.\begin{array}{l} \sigma_{máx} = 155 \text{ MPa} \\ \sigma_{mín} = 0 \text{ MPa} \end{array}\right\} \begin{array}{l} \Delta\sigma = \sigma_{máx} - \sigma_{mín} = 155 \text{ MPa} \\ R = \frac{\sigma_{mín}}{\sigma_{máx}} = 0 \end{array}$$

a) Inicialmente, el incremento del factor de intensidad de tensiones será,

$$\Delta K_I = \alpha \Delta\sigma \sqrt{\pi a} = 1'15 \times 155 \sqrt{\pi \times 0'002} = 14'13 \, MPa\sqrt{m}$$

$$\Delta K_I = 14'13 \, MPa\sqrt{m} > 7 \, MPa\sqrt{m} = \Delta K_{I_{th}}$$

Por lo tanto, la grieta crecerá.

b) El fallo por fractura llegará cuando el factor de intensidad de tensiones alcance el valor crítico,

$$K_{I_{max}} = \alpha \sigma_{max} \sqrt{\pi a_c} = K_{Ic}$$

$$1'15 \times 155 \sqrt{\pi a_c} = 37 \Rightarrow \underline{a_c = 13'71 \text{ mm}}$$

El acero ferrítico-perlítico tiene como constantes de la ecuación de Paris: $C = 6'9 \cdot 10^{-12}$; $m = 3$

Entonces, el número de vueltas que podrá dar el eje hasta el fallo por fractura será:

$$N = \frac{1}{C(\Delta\sigma)^m \alpha^m \pi^{\frac{m}{2}} \left(\frac{m}{2} - 1\right)} \left[\frac{1}{\sqrt{a_0}} - \frac{1}{\sqrt{a_f}} \right]$$

$$N = \frac{1}{6'9 \cdot 10^{-12} (155)^3 \, 1'15^3 \, \pi^{1'5} \, 0'5} \left[\frac{1}{\sqrt{0'002}} - \frac{1}{\sqrt{0'01371}} \right]$$

$$\boxed{N = 127023 \text{ vueltas}}$$