



EJERCICIOS Y CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN (TEMAS 6 AL 7)

A continuación, se presentan ejercicios y cuestiones para la autoevaluación del alumno. Las soluciones a los mismos se hallan al final de este documento.

- I. Ejercicio: Un componente estructural de chapa debe soportar 250 MPa de tensión. Si se emplea un aluminio 2024 para esta aplicación, ¿cuál sería el mayor tamaño de grieta que podría soportar?

Datos: $K_{IC} = 26,4 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$; $Y = 0,1$

- II. Ejercicio: Se están considerando distintos materiales para la construcción de una viga de sección cuadrada y de 3 m de longitud que deberá soportar a tracción una carga de 50 Tn. Bajo esa carga, la elongación máxima permitida es de 1 cm. El requisito para la selección del material más adecuado es obtener el menor coste, pero teniendo en cuenta que el lado de la sección no debe sobrepasar 5 cm. Se dispone de los materiales de la tabla siguiente:

Material	E (GPa)	L.E. (MPa)	d (g/cm ³)	€/Kg
Aleación Al	75	350	2,75	2,4
Acero (alto C normalizado)	210	550	7,8	0,6
Acero (Martensítico)	215	1000	7,8	0,7

(L.E. = Límite elástico)

- III. Cuestión: ¿Cuáles son las diferencias entre una rotura frágil y una dúctil?, ¿cuál es preferible y porqué?, ¿Cuáles son las etapas de un proceso de rotura?

- IV. Ejercicio: Se dispone de tres piezas iguales fabricadas con tres materiales metálicos diferentes A, B y C. Se sabe que en obra la pieza elegida deberá soportar 600 MPa de tensión a tracción. Mediante ensayos de ultrasonidos se detectan defectos de fabricación en todas ellas en forma de grietas internas. ¿Cuál de las muestras será la más conveniente de utilizar para que la pieza no rompa?

Material	$K_{IC} \text{ (MPa}\cdot\text{m}^{1/2})$	Longitud máxima de grieta (mm)	Y
A	60	4,13	1
B	24	2,05	1
C	45	3,78	1

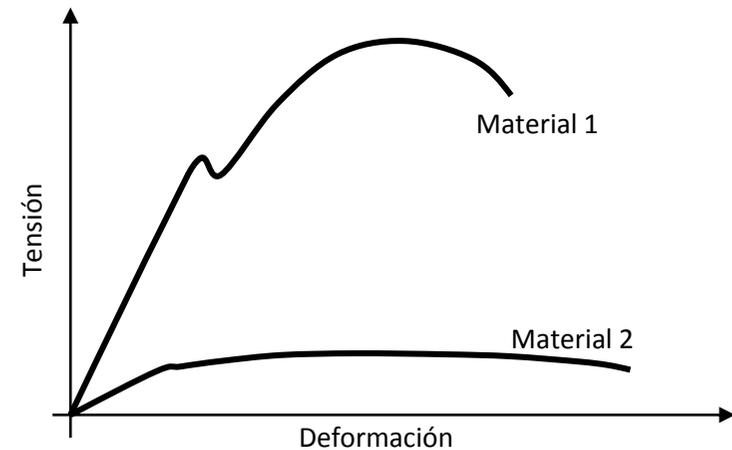
V. Cuestión: Se ha determinado la energía absorbida en la fractura de dos materiales A y B. Se han ensayado 20 probetas diferentes de cada material a diferentes temperaturas obteniendo los datos que se muestran en la figura de la hoja de datos. Responder razonadamente a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué material es más dúctil a temperatura ambiente?
- Si fuera necesario fabricar una pieza que fuera a estar sometida a temperaturas inferiores a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ¿qué material sería más adecuado emplear para minimizar la posibilidad de una rotura frágil?
- ¿Qué tipo de ensayos se emplean para determinar la energía absorbida en la fractura?

VI. Cuestión: En la figura se muestran los resultados de un ensayo de tracción realizado sobre dos materiales diferentes. Responder razonando a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el material menos dúctil?
- ¿Cuál es el material menos resistente?

- ¿Cuál es el que presenta una mayor tenacidad?
- ¿Cuál es el menos rígido?
- ¿Cuál es el que presenta el mayor límite elástico?



VII.

Cuestión: Si se desea medir la dureza de un metal que se sospecha que es muy duro, ¿qué escala/método de dureza sería adecuado emplear?

VIII. Cuestión: ¿Existe alguna relación entre la resistencia y la dureza en los metales?, ¿cuál?



- IX. Cuestión: En un ensayo de tracción, ¿qué es la estricción?
- X. Cuestión: En un ensayo de tracción, ¿en qué influye la velocidad del ensayo?



RESPUESTAS

I. Ejercicio:

Considerando condiciones de deformaciones planas, se tiene que:

$$K_{IC} = Y * \sigma * \sqrt{\pi * a_c} \quad ;$$

$$a_c = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{26,4}{250}\right)^2 = 3,54 * 10^{-3} \text{ m} = 3,54 \text{ mm}$$

Dimensiones de la grieta:

Exterior: 3,54 mm

Interior: 7,08 mm

II. Ejercicio:

Lo primero, comprobamos que 1cm está dentro del límite elástico de cada material. Calculamos la deformación máxima permitida:

$$\epsilon_{\max} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{1}{300} = 0,00333$$

Y ahora la deformación en el límite elástico de cada material:

$$\epsilon_{LE-AI} = \frac{\sigma_{LE}}{E} = \frac{350 \text{ MPa}}{75000 \text{ MPa}} = 0,00467$$

$$\epsilon_{LE-Acero \text{ alto C}} = \frac{\sigma_{LE}}{E} = \frac{550 \text{ MPa}}{210000 \text{ MPa}} = 0,00262$$

$$\epsilon_{LE-Acero \text{ Mart}} = \frac{\sigma_{LE}}{E} = \frac{1000 \text{ MPa}}{215000 \text{ MPa}} = 0,00465$$

Tanto el aluminio como el acero martensítico pueden deformarse 1 cm sin sobrepasar el límite elástico, y por tanto se trabajará con la correspondiente deformación como referencia. El acero de alto contenido de carbono no se puede deformar tanto sin sobrepasar el límite elástico, y por tanto se trabajará con él con el límite elástico como referencia.

La tensión del aluminio y acero martensítico será:

$$\sigma_{AI} = \epsilon_{\max} * E_{AI} = 3,33 * 10^{-3} * 75 \text{ GPa} = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Acero \text{ Mart}} = \epsilon_{\max} * E_{Acero \text{ Mart}} = 3,33 * 10^{-3} * 215 \text{ GPa} = 716 \text{ MPa}$$

Y para el acero con alto contenido de carbono

$$\sigma_{Acero \text{ alto C}} = 550 \text{ MPa}$$

Ahora vamos a calcular la sección que le corresponde a esa tensión y la fuerza aplicada, de ahí el volumen, luego el peso, y luego el coste (todo en uno).



$$\text{Coste} = \frac{F}{\sigma} * L * d * \text{precio}$$

$$\text{Coste Al} = \frac{500000 \text{ N}}{250 * 10^6 \text{ Pa}} * 3 * 2750 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 2,4 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 39,6 \text{ €}$$

$$\text{Coste Acero Alto C} = \frac{500000 \text{ N}}{550 * 10^6 \text{ Pa}} * 3 \text{ m} * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,6 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 12,8 \text{ €}$$

$$\text{Coste Acero Marten} = \frac{500000 \text{ N}}{716 * 10^6 \text{ Pa}} * 3 \text{ m} * 7800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,7 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 11,4 \text{ €}$$

El acero martensítico es el más barato, pero hay que comprobar el lado (a), que no puede ser mayor de 5cm:

$$a = \sqrt{\frac{F}{\sigma}} = 0,0264 \text{ m} = 2,64 \text{ cm}$$

No hay problema!!

III. Cuestión:

Una rotura dúctil ocurre con una deformación plástica del material siendo la energía que absorbe elevada. Por el contrario, una rotura frágil ocurre sin apenas deformación plástica y por lo tanto con una absorción muy pequeña de energía.

En general, en la mayoría de los casos es preferible una rotura dúctil del material porque el proceso de rotura es más lento, y

porque dado que el material se deforma plásticamente antes de romperse, generalmente podemos apreciar a simple vista que existe un problema antes de que ocurra la rotura.

En la rotura frágil el proceso es “imprevisto”, la rotura ocurre repentinamente, lo cual impide que podamos actuar para prevenir la rotura. No obstante, hay algunas aplicaciones en las cuales la fractura frágil puede presentar ventajas frente a la rotura dúctil. Es el caso de los blindajes balísticos:

Durante el impacto del proyectil el material se fractura, y transmite la energía cinética en forma de onda de choque a través del material frágil. Esa onda de choque provoca miles de fracturas en el material, lo cual conduce a que en total se absorba una gran cantidad de energía en la rotura.

Si el material es dúctil, la energía del proyectil se emplea en deformarse plásticamente alrededor del impacto, y después en producir un agujero en dicha zona. La energía total absorbida es menor, y el proyectil puede acabar atravesando el blindaje.

La rotura ocurre en dos etapas fundamentales: primero ocurre la nucleación de la grieta/s y posteriormente su propagación.



IV. Ejercicio:

Aplicando la expresión: $K_{IC} = \sigma \cdot Y \cdot \sqrt{\pi \cdot a_c}$ para cada material y para cada tamaño de grieta detectado se calculará cuál es la tensión máxima permitida y a partir del cual la grieta se propagará:

Material A:

$$\sigma = \frac{60}{1 \cdot \sqrt{\pi \cdot \left(\frac{4,13 \cdot 10^{-3}}{2}\right)}} = 745 \text{ MPa} > 600 \text{ MPa}$$

por lo tanto, con la tensión aplicada la grieta en este material no se propagará.

Material B:

$$\sigma = \frac{24}{1 \cdot \sqrt{\pi \cdot \left(\frac{2,05 \cdot 10^{-3}}{2}\right)}} = 423 \text{ MPa} < 600 \text{ MPa}$$

por lo tanto, con la tensión aplicada la grieta en este material se propagará.

Material C:

$$\sigma = \frac{45}{1 \cdot \sqrt{\pi \cdot \left(\frac{3,78 \cdot 10^{-3}}{2}\right)}} = 584 \text{ MPa} < 600 \text{ MPa}$$

por lo tanto, con la tensión aplicada la grieta en este material se propagará.

La única opción posible para que no ocurra la rotura será emplear el material A.

V. Cuestión:

- El material A absorbe a temperatura ambiente más energía durante el impacto por lo que será más dúctil.
- Ambos materiales son frágiles a esa temperatura, pero el material B absorbe algo de energía al romper a esa temperatura con lo que es más dúctil.
- Se emplean ensayos de impacto el más habitual es el del péndulo Charpy.

VI. Cuestión:

- El menos dúctil será el que presente una menor deformación plástica, por lo tanto, el material 1.
- El menos resistente será aquel que presente un máximo menor en la curva, por lo tanto, el material 2.
- La tenacidad se define como la energía que es capaz de absorber un material hasta llegar a la rotura y se calcula como el área confinada bajo la curva. Por lo tanto, el material más tenaz será el 1.



d) La rigidez es la oposición que presenta el material a ser deformado elásticamente y se define como la tangente del ángulo que forma la parte inicial recta de la curva. En este caso el material menos rígido será el 2.

e) El límite elástico es el valor de tensión en el cual la deformación del material deja de ser elástica y pasa a ser plástica. Esta zona está definida donde la curva inicialmente recta deja de serlo. Por lo tanto en este caso el material que mayor límite elástico posee es el material 1.

VII. Cuestión:

Los metales más duros se ensayan en la escala Rockwell C empleando un cono de diamante como indentador.

VIII. Cuestión:

Sí, la dureza está directamente relacionada con la resistencia de los metales. Es por esta razón que se emplea el ensayo de dureza como método barato y no destructivo para estimar la resistencia de los metales. La relación es la siguiente: la dureza es directamente proporcional a la resistencia del material.

IX. Cuestión:

La estricción es una disminución de la sección localizada que sufren los materiales y que comienza a visualizarse cuando el material alcanza la resistencia máxima y que acaba con la rotura de la pieza.

X. Cuestión:

La velocidad del ensayo es una variable fundamental en el ensayo de tracción dado que modifica los resultados obtenidos. Con velocidades de ensayo altas se obtienen mayores resistencias y menores ductilidades que cuando se emplean velocidades bajas.