

Graduado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos
Escuela Técnica Superior en Ingeniería del Diseño

Curso 2020-2021
Primer Parcial Materiales-10273

11 de noviembre de 2020
Duración 105 minutos

Todos los resultados se expresarán en el **Sistema Internacional**, y con notación científica en múltiplos de 3 y 2 decimales significativos.

El FORMULARIO se entregará al finalizar el examen para su revisión y será devuelto después de la publicación de los resultados.

Nombre: _____

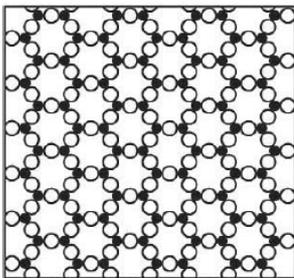
Cuestión 1: ¿Qué información podemos obtener del análisis de una red cristalina?

Se puede obtener número de átomos en la red, número de coordinación, factor de empaquetamiento atómico, relación arista/radio. Además, conociendo el radio atómico y la masa atómica se puede determinar la densidad teórica del material. Indicar como se calcula para cada uno de los casos.

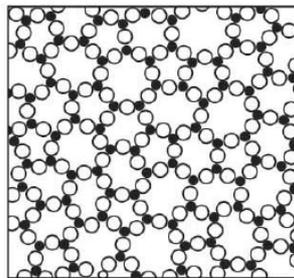
Con la técnica de DRX, puedo identificar el tipo de red.

Cuestión 2: Sólidos no cristalinos: imperfecciones tridimensionales

4.5. Sólidos no cristalinos: imperfecciones tridimensionales



(a)



(b)

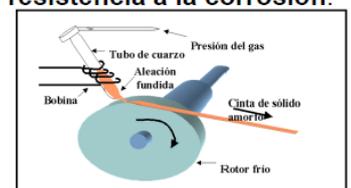
Esquemas bidimensionales en los que se compara
(a) un óxido cristalino y
(b) un óxido no cristalino.

El material no cristalino mantiene un orden de corto alcance (los bloques básicos de coordinación triangular), pero pierde el orden de largo alcance (cristalinidad).

Un ejemplo de sólido no cristalino es el vidrio de óxido tradicional, muchos óxidos son fáciles de encontrar en estado no cristalino. Es resultado de la complejidad de las estructuras de los cristales de óxido. Enfriando rápidamente un silicato, se «congela» la disposición aleatoria de los bloques básicos de silicato (los tetraedros de SiO_4^{4-}). Debido a que muchos vidrios de silicato se han obtenido por enfriamiento rápido desde el estado líquido, el término *líquido superenfriado* suele emplearse como sinónimo de *vidrio*.

Quizá los sólidos no cristalinos más intrigantes sean los nuevos miembros de esta clase, los **metales amorfos**, también denominados *vidrios metálicos*. Debido a que las estructuras cristalinas metálicas en la naturaleza son generalmente sencillas, pueden formarse con bastante facilidad. Para evitar la cristalización es preciso enfriar los metales líquidos muy rápidamente. En los casos típicos es necesario emplear velocidades de enfriamiento de 1000°C por segundo. Se trata de un proceso caro, pero potencialmente útil a causa de las **propiedades únicas** de estos materiales. Por ejemplo, la uniformidad de las estructuras no cristalinas **elimina los bordes de grano** asociados a los metales policristalinos típicos. El resultado es una **resistencia mecánica inusualmente alta** y una **excelente resistencia a la corrosión**.

[Defectos en Estructuras Cristalinas \(UPV\)](#)



Cuestión 3: Describe la información de se puede obtener de un ensayo de tracción en la zona elástica.

Donde se encuentra, como de determinan: Limite elástico, módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, resiliencia

Cuestión 4: ¿Qué se pretende con los ensayos no destructivos? ¿Qué tipo de información podemos obtener?

7.4. Ensayos no destructivos.

Los **ensayos no destructivos** consisten en la evaluación de los materiales de ingeniería sin perjudicar su utilidad.

Un objetivo fundamental de las técnicas de evaluación no destructiva es la identificación de defectos potencialmente críticos, como grietas internas y superficiales.

Como sucede con la mecánica de fractura, los ensayos no destructivos pueden servir para analizar un fallo existente o para evitar fallos futuros.

- Radiografía de rayos X
- Ensayo de ultrasonidos
- Ensayo de corrientes inducidas
- Ensayo de partículas magnéticas
- Ensayo de líquidos penetrantes
- Ensayo de emisión acústica

<https://www.youtube.com/watch?v=WwcdwdvzGmc>

https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=vA_iUSm

<https://www.youtube.com/watch?v=-i9oXIpGIDU>

Con ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Problema 5: (8 variantes) Determina el número de vacantes por m^3 en una aleación de cobre. En el laboratorio de control de calidad hemos determinado la densidad mediante el principio de Arquímedes, siendo de 8891 kg/m^3 .

De la ficha técnica del cobre obtenemos los siguientes datos:

- Estructura cristalina: fcc
- Masa atómica: 63.55 g/mol
- Radio atómico: 1.28 \AA

Responde a las siguientes preguntas, expresando el resultado en el Sistema Internacional:

Estos resultados tienen que coincidir con el documento que subirás a tareas al finalizar el examen.

- 1 ¿Cuánto vale el parámetro de red "a"?: { }
- 2 ¿Cuánto vale el volumen de la celda?: { }
- 3 Número de vacantes en la celda: { }
- 4 Vacantes/ m^3 : { }

Como se trata de una red fcc, sabemos que

- 1) $a = 2R\sqrt{2}$, luego $a = 2 \cdot 1.28 \times 10^{-10} \cdot \sqrt{2} = \underline{3.62 \times 10^{-10} \text{ m}}$
- 2) $V_{\text{celda}} = a^3$, luego $V = (3.62 \times 10^{-10} \text{ m})^3 = \underline{47.4 \times 10^{-30} \text{ m}^3}$
- 3) $\rho = \frac{n^{\text{at.}} \cdot P_{\text{at}}}{N_{\text{A}} \cdot V_{\text{el}}} \Rightarrow n^{\text{at.}} = \frac{\rho \cdot N_{\text{A}} \cdot V_{\text{el}}}{P_{\text{at}}}$, luego
$$n^{\text{at.}} = \frac{8891 \text{ kg/m}^3 \cdot 6.023 \times 10^{23} \text{ at/mol} \cdot 47.4 \times 10^{-30} \text{ m}^3}{63.55 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}} = \underline{3.9988}$$
- 4) $\text{Vacantes} = 4 - n^{\text{at.}}(\text{Real átomos}) = 4 - 3.9988$
$$\frac{\text{Vacantes}}{V_{\text{el}}} = \frac{(4 - 3.9988) \text{ vacantes}}{47.4 \times 10^{-30} \text{ m}^3} = \underline{25.3 \times 10^{24} \frac{\text{vacantes}}{\text{m}^3}}$$

Problema 6: (8 variantes) Dado el plano cristalográfico con índices de Miller [1 0 0].

-Determinar los cortes con los ejes.

-Dibuja el plano en la celdilla unidad.

-Para una estructura cristalina fcc, determinar el factor de empaquetamiento planar.

Responde a las siguientes preguntas, expresando el resultado en el Sistema Internacional:

Estos resultados tienen que coincidir con el documento que subirás a tareas al finalizar el examen.

1 Corte en h: { }, en k: { }, en l: { }.

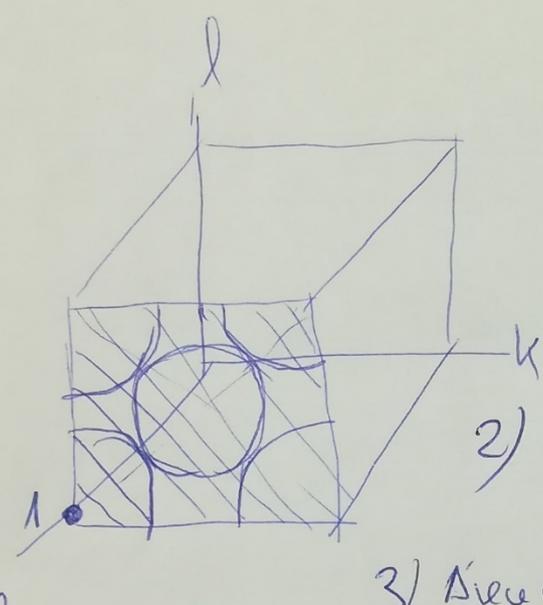
2 ¿Cuántos átomos están considerados en el plano?: { }.

3 ¿Cuánto vale el área del plano?: { } si es necesario, dejar el función del radio, R.

4 ¿Cuál es el factor de empaquetamiento planar?: { }.

El plano [1 0 0], corresponde a unos cortes con los ejes

	h	k	l
INDICES	1	0	0
Recíprocos	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$
Cortes	1	∞	∞



1) Se consideran: $1 \times 1 + 4 \times \frac{1}{4} = 2$ átomos

3) Área del plano = $a \times a = a^2$.
Como es fcc $a = 2R\sqrt{2}$

Luego $\overline{\Delta \text{área}} = (2R\sqrt{2})^2 = \underline{8R^2}$

4) Factor de empaquetamiento planar = $\frac{\text{Área átomos}}{\text{Área plano}}$

$$= \frac{2 \cdot \pi R^2}{8 R^2} = \underline{\frac{\pi}{4}}$$

Problema 7: (12 variantes) Para poder reciclar adecuadamente un vidrio borosilicato, necesitamos conocer su temperatura de fusión.

Mediante un viscosímetro de sólidos, hemos determinado la temperatura de recocido (400°C para $1\text{E}12 \text{ Pa}\cdot\text{s}$) y de ablandamiento (700°C para $4\text{E}6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

Determina la temperatura de fusión ($10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$)

Responde a las siguientes preguntas, expresando el resultado en el Sistema Internacional:

Estos resultados tienen que coincidir con el documento que subirás a tareas al finalizar el examen.

1 ¿Cuánto vale el calor de activación "Q"?: { }

2 ¿Cuánto vale el η_0 ?: { }

3 ¿Cuál es la temperatura de fusión: { }

Para los vidrios sabemos que la temperatura de fusión corresponde a una viscosidad de $10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.
La viscosidad sigue una ley $\eta = \eta_0 e^{\frac{Q}{RT}}$
Como conocemos la temperatura de recocido y de ablandamiento, planteamos un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas

$$\left. \begin{aligned} \eta_R &= \eta_0 \cdot e^{\frac{Q}{RT_R}} \\ \eta_{\Delta} &= \eta_0 \cdot e^{\frac{Q}{RT_{\Delta}}} \end{aligned} \right\} \text{ queda } Q = \frac{R \ln\left(\frac{\eta_R}{\eta_{\Delta}}\right)}{\left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T_{\Delta}}\right)} = 226292 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{K}$$

Sustituyendo Q en cualquiera de las 2 ecuaciones

$$2) \eta_0 = \frac{\eta_R}{e^{\frac{Q}{RT_R}}} = \frac{\eta_{\Delta}}{e^{\frac{Q}{RT_{\Delta}}}} = 2'73 \times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

3) Para calcular la T_{FUSION} , despejo T

$$T_x = \frac{Q}{R \ln\left(\frac{\eta_x}{\eta_0}\right)} = 1074'6 \text{ K}$$

$x = \text{FUSION}$
 $\eta_f = 10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Problema 8: (18 variantes) Tenemos que cementar un engranaje de acero, con una composición de 0,2% de carbono.

El horno de cementación trabaja a 900°C con una atmósfera de metano, CH₄, que permite mantener en la superficie del engranaje una composición de 1,1% de carbono.

Si el coeficiente de difusión a esa temperatura es $D=8,356 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$.

Determinar el tiempo necesario para obtener una concentración de 0,5% de carbono a 0,5 mm de profundidad.

Realiza los cálculos por interpolación.

Responde a las siguientes preguntas, expresando el resultado en el Sistema Internacional:

Estos resultados tienen que coincidir con el documento que subirás a tareas al finalizar el examen.

1 ¿Cuánto vale "erf(z)"?: { }

2 ¿Cuánto vale "z"?: { }

3 ¿Cuánto tiempo es necesario?: { }

Se trata de una aplicación directa de la

2^a ley de Fick.
$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

Se nos puede pedir diferentes resultados:

- Temperatura
 - Tiempo
 - profundidad
 - Composición
- } Pero solo 1 de ellos, y necesitamos conocer el resto
- En el ejemplo nos pide "tiempo"

Determinamos el cociente de la izquierda.

$$\frac{0,5\% - 0,2\%}{1,1\% - 0,2\%} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \Rightarrow \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) = \underline{0,667}$$

2) Calculamos $z = \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$ interpolando de la tabla

$$\underline{z = 0,654} = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{2\sqrt{8,356 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s} \cdot t(\text{s})}}$$

Despejando $t = \underline{1748 \text{ segundos}} = 0,49 \text{ horas}$