



## EJERCICIOS Y CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN (TEMAS 4 AL 5)

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: Se quiere depositar una capa de carbono sobre una pieza de acero de 0,2 % de C mediante difusión. El proceso se llevará a cabo en un horno a 927 °C, pretendiendo conseguir un contenido en C de 0,9 % en la superficie y del 0,4 % a 0,5 mm de profundidad. Responder a las siguientes cuestiones:
  - I. ¿Cómo influiría que el horno estuviera a mayor temperatura?, ¿y a menor?
  - II. ¿Cuánto tiempo duraría el proceso, en minutos, realizándolo tal como se describe?

$$D_{927^{\circ}\text{C}} = 1,28 * 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}.$$

*Emplear la tabla de la función error que aparece en el tema 5*

- II. Cuestión: Los procesos de difusión industriales se realizan en hornos ¿por qué?

- III. Cuestión: En los procesos industriales de difusión, ¿cómo afecta que el horno se encuentre a mayor temperatura?, ¿y a menor?
- IV. Cuestión: Indicar de manera razonada y breve si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: Las irregularidades en el arreglo atómico producen una menor resistencia del material.
- V. Cuestión: Indicar de manera razonada y breve si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: La difusión es más rápida en materiales con elevado punto de fusión.
- VI. Cuestión: Indicar de manera razonada y breve si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: La difusión a través de vacantes es más rápida que la difusión intersticial.
- VII. Cuestión: ¿Por qué algunos materiales pueden ser doblados sin romperse y otros no? Dar ejemplos.
- VIII. Cuestión: Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
  - a. Los defectos en la red cristalina son siempre perjudiciales para las propiedades de los materiales
  - b. Una disolución sólida de un metal en otro trae normalmente como consecuencia una menor resistencia de la mezcla



- c. La disolución intersticial suele ocurrir cuando los átomos del metal base son de tamaño parecido a los átomos de la otra especie química aportada
- d. Las dislocaciones se generan en el proceso de fabricación
- e. Las dislocaciones se mueven espontáneamente por la red cristalina de los materiales

IX. Cuestión: Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- f. En el proceso de cementación, el mecanismo de difusión principal es el intersticial
- g. En un proceso de difusión cuanto mayor sea la temperatura aplicada más lento será el proceso
- h. Si el material base posee inicialmente en su composición átomos de la especie que se va a difundir se podrá lograr un mayor espesor de la capa difundida a igualdad de tiempo y de temperatura
- i. El coeficiente de difusión de un material es constante a cualquier temperatura
- j. La segunda ley de Fick permite calcular los coeficientes de difusión de los materiales

X. Cuestión: Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- k. El hierro puede cristalizar en el sistema BCC y en el sistema FCC
- l. Los planos de deslizamiento son siempre los de menor compacidad
- m. El deslizamiento de las dislocaciones da lugar a la deformación elástica de los materiales
- n. Los defectos de Frenkel y Schottky son propios de cerámicas
- o. Los bordes de grano se consideran defectos de volumen

## RESPUESTAS

### I. Ejercicio:

Aplicando indistintamente:

$$\frac{C_s - C_x}{C_s - C_0} = \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right)$$

o bien

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right)$$

Se tiene:

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = \frac{0,9 - 0,4}{0,9 - 0,2} = 0,7143$$

En la tabla dato introduciendo  $\operatorname{erf} z = 0,7143$  se obtiene que  $z = 0,755$

El tiempo será:

$$\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} = 0,755; \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{2\sqrt{1,28 \cdot 10^{-11} \cdot t}} = 0,755 \rightarrow$$

$$t = 8565,96 \text{ s} \approx 2,4 \text{ h}$$

### II. Cuestión:

La manera de realizar la difusión de unos átomos en otros es aplicar calor que suministre la suficiente energía de activación para que los átomos migren a otras posiciones. Industrialmente este proceso se lleva a cabo introduciendo las piezas en un horno.

### III. Cuestión:

Una mayor temperatura favorece el proceso de difusión haciendo que los tiempos se reduzcan. Al disminuir la temperatura, para conseguir el mismo grado de penetración, los tiempos del proceso aumentan.

### IV. Cuestión:

No. Los defectos en la estructura de los materiales cristalinos generan mayores resistencias debido a que las dislocaciones tienen mayor dificultad para moverse cuando se aplica una fuerza exterior.

### V. Cuestión:

No. Los materiales presentan un elevado punto de fusión cuando poseen enlaces fuertes. Cuanto más fuerte sea el enlace más



dificultad tendrán los átomos a difundir para penetrar en la red cristalina del material base.

VI. Cuestión:

No. El tipo de difusión energéticamente más favorable es la difusión intersticial de átomos más pequeños que los del material base.

VII. Cuestión:

La capacidad de doblar un material está relacionado con su ductilidad, de tal manera que cuanto más dúctiles son más capacidad tienen para ser doblados. Los metales son materiales dúctiles en general y, por ello, presentan facilidad para ser doblados, por el contrario, las cerámicas son materiales frágiles y tiene una gran facilidad para romperse cuando se intentan doblar.

En la ductilidad de un material influyen principalmente dos cuestiones: el tipo de enlace químico que presente el material y el comportamiento de las dislocaciones cuando el material se ve sometido a una carga que intenta doblarlo.

En el caso de los metales, cuya estructura está formada por enlaces metálicos, cuando son sometidos a fuerzas que tienden a doblarlos las dislocaciones tienen la capacidad de desplazarse por la estructura ayudadas por las características del enlace. A medida

que se aplica la carga se forman más dislocaciones y se van desplazando. El resultado es que el material se dobla o se estira.

Por el contrario, en los materiales cerámicos sus enlaces iónicos y covalentes muy fuertes y rígidos impiden el movimiento de las dislocaciones cuando se aplica una fuerza sobre el material. El resultado es una rotura espontánea sin deformación plástica.

VIII. Cuestión:

- a. Falso
- b. Falso
- c. Falso
- d. Verdadero
- e. Falso

IX. Cuestión:

- f. Verdadero
- g. Falso
- h. Verdadero
- i. Falso
- j. Falso



- X. Cuestión:  
k. Verdadero  
l. Falso  
m. Falso  
n. Verdadero  
o. Falso