

II Parte

Comportamiento Mecánico de Materiales Propiedades Elásticas II

Profesor: Donovan E. Díaz Droguett

Miércoles 3 de octubre de 2007

EFECTOS TÉRMICOS

■ A la temperatura del cero absoluto (en donde los movimientos térmicos han cesado). El espacio interatómico tiene el valor d_0 (ver figura). Sin embargo, a medida que se añade energía térmica a los dos átomos, éstos comienzan a oscilar alrededor de sus posiciones de equilibrio d_e . De esta manera, a la temperatura T_1 en la figura los espacios interatómicos máximo y mínimo están en los puntos d_b y d_a , respectivamente, y el espacio interatómico promedio está en el punto d_e .

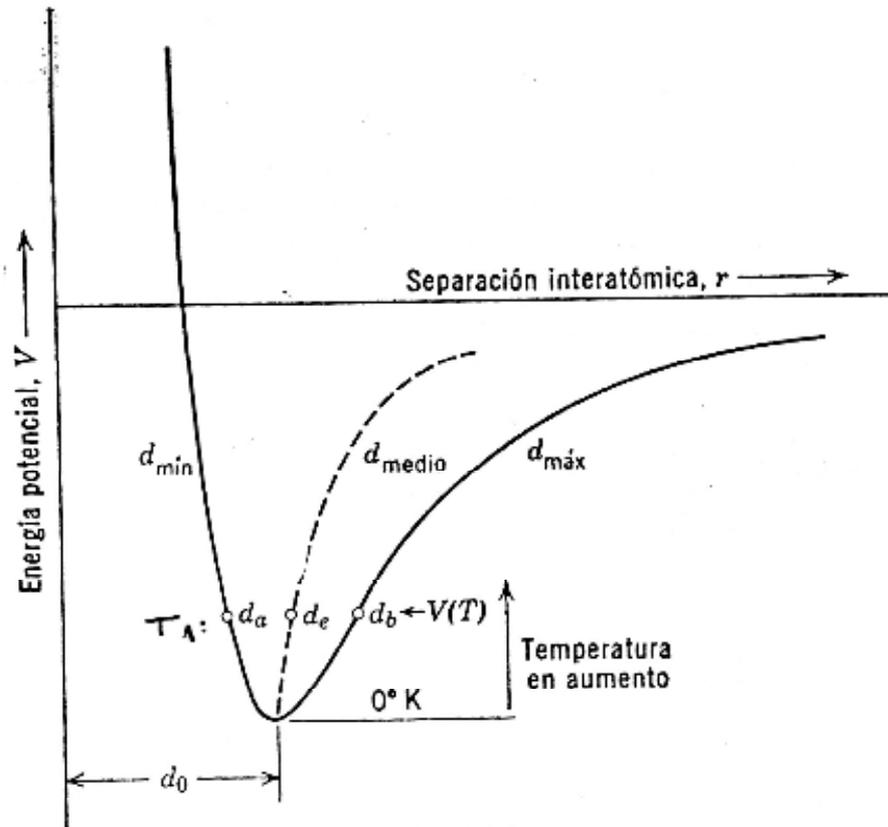


FIGURA 2.10 Cambio en separación radial r , con un aumento en temperatura. A la temperatura T_1 , la energía térmica resulta en una oscilación entre d_a y d_b ; la posición promedio d_e mayor que d_0 (0°K) debido a la asimetría de la curva de energía potencial (en realidad hay una pequeña energía vibracional a 0°K).

- La **expansión térmica lineal** (en una sola dirección), que resulta de un aumento en temperatura dT , puede expresarse con la ecuación:

$$dl/l = \alpha dT$$

donde l es la longitud a una temperatura determinada, dl es el cambio en longitud que se obtiene de un cambio en la temperatura dT y α es el **coeficiente lineal de expansión térmica** (el cual es una función de la temperatura).

- La **expansión térmica** es generalmente isotrópica en cristales cúbicos, y un solo coeficiente lineal de expansión térmica es adecuado para describir la expansión volumétrica (tres veces la expansión lineal), durante un calentamiento. Sin embargo, en aquellos materiales con otras estructuras cristalinas, dos o tres coeficientes en diferentes direcciones cristalográficas pueden necesitarse para describir el cambio en volumen.

■ Ejemplos:

- **INVAR (63%Fe, 36%Ni)** casi no sufre expansión térmica a través de un intervalo amplio de temperaturas.
- **Uranio α** tiene tres coeficientes de expansión térmica completamente diferentes (uno de ellos negativos) en diferentes direcciones cristalográficas.
- **α** puede tener un cambio discontinuo a la temperatura de transformación alotrópica.

■ De la **resistencia de los enlaces** en el material dependen la *temperatura de sublimación*, su *comportamiento de expansión térmica*, y el *módulo de Young*.

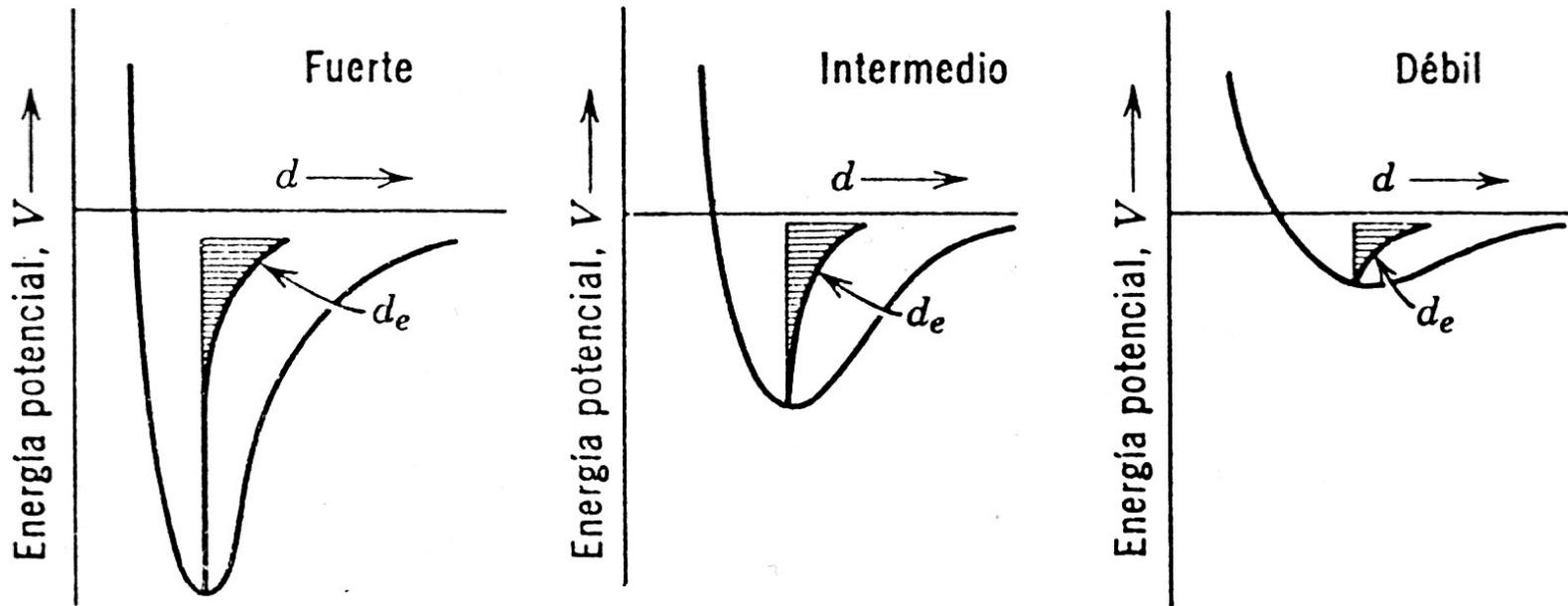


FIGURA 2.11 Punto de fusión, módulo de Young y coeficiente de expansión térmica, relacionados a la forma de la curva potencial de Condon-Morse. La temperatura de sublimación está directamente relacionada a la profundidad del mínimo en la curva; el módulo de Young está inversamente relacionado al radio de curvatura en la depresión de la curva; y la expansión térmica está relacionada al grado de simetría de la curva.

■ De la figura anterior se puede observar que cuando el **mínimo de la depresión de la curva Condon-Morse es muy profundo** (ejemplo: sólidos con enlaces covalentes e iónicos y algunos metales de alta temperatura de sublimación), *el coeficiente de expansión térmica es pequeño, la energía necesaria para sublimación es elevada y el módulo de Young es alto* (ya que es proporcional a d^2V/dr^2)

■ El mínimo en la depresión de la curva de energía potencial es menos profundo que en el caso anterior, para la mayoría de los sólidos con uniones metálicas, y es relativamente superficial para aquellos con enlaces moleculares. Por lo tanto, tales sólidos se *expanden, funden, subliman y deforman bajo esfuerzo con facilidad*.

- Variación del **Módulo de Young con la temperatura homóloga** (T/T_m = razón entre La temperatura ambiente y la temperatura de fusión)

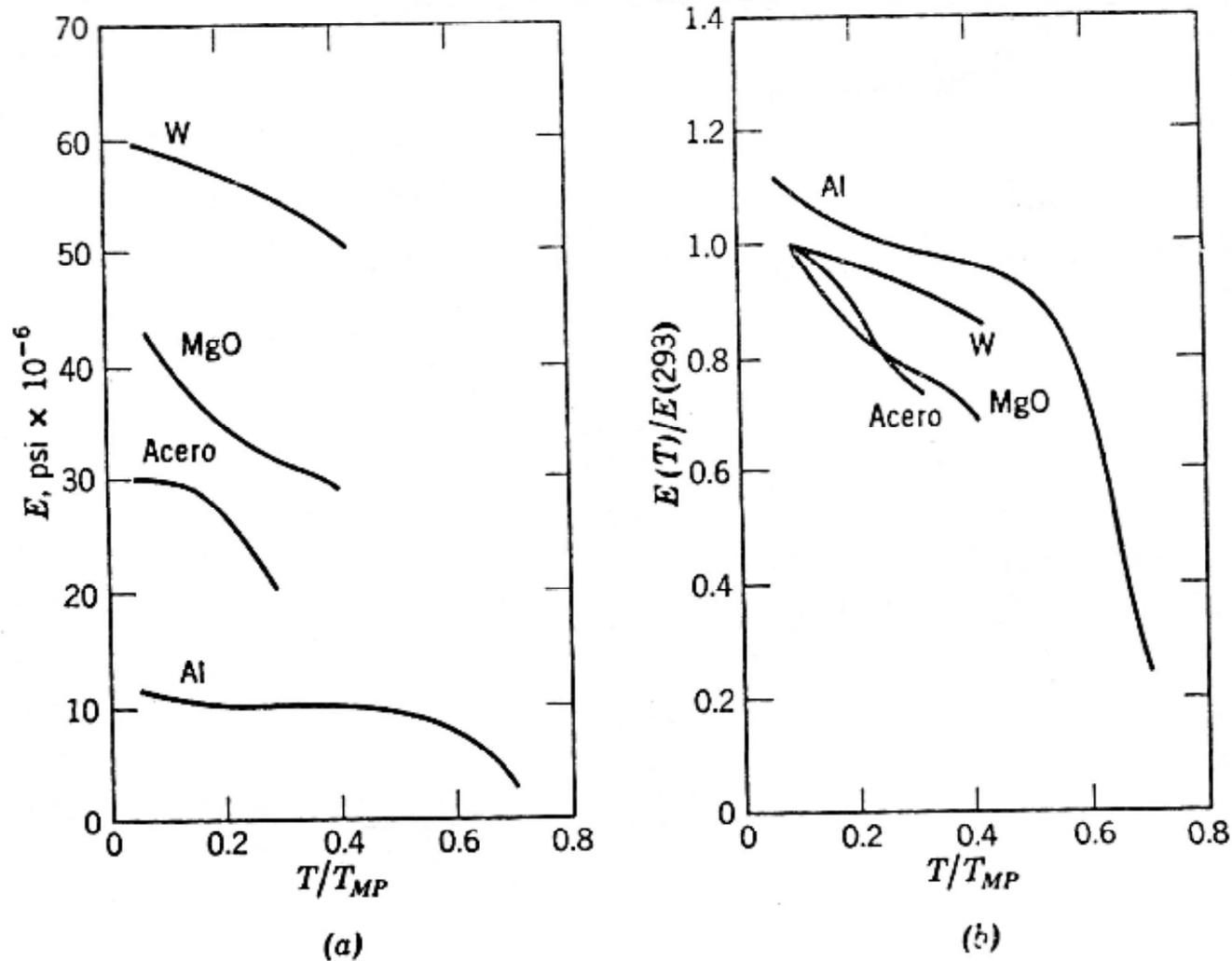


FIGURA 2.12 (a) Variación de E y T/T_m para varios materiales cristalinos; (b) variación de E/E_{293} y T/T_m para los mismos materiales.

Anisotropía elástica

Tabla 2.1 Módulo de Young y módulo de corte para algunos metales

METAL	E MÓDULO DE YOUNG 10^6 LB/PULG ²			G MÓDULO DE CORTE 10^6 LB/PULG ²		
	MAX.	MIN.	POLICRIS-TALINO	MAX.	MIN.	POLICRIS-TALINO
Al	11.0	9.1	10.0	4.1	3.5	3.9
Cu	27.9	9.7	16.1	13.9	4.5	6.6
Ag	16.7	6.2	10.4	6.4	2.8	4.2
Pb	5.6	1.6	2.3	2.1	0.7	0.90
α Fe	41.2	19.2	30.0	16.9	8.7	12.0
 W	56.5	56.5	56.5	22.0	22.0	22.0
Mg	7.4	6.3	6.3	2.6	2.4	2.5
Zn	18.0	5.0	14.5	7.1	4.0	5.6
Cd	11.8	4.1	7.2	3.6	2.6	2.8
Sn	12.4	3.8	6.6	2.6	1.5	2.4