

Dilatació tèrmica

Objectiu

Determinar experimentalment el coeficient de dilatació lineal d'alguns materials.

Fonament teòric

En general, en elevar la temperatura, el volum d'un cos augmenta (una excepció vital correspon a l'aigua: això fa possible que el gel suri sobre l'aigua líquida en els llacs durant els hiverns freds i, en conseqüència, que sobrevisqui la vida al fons dels llacs).

Suposem que un sòlid o un líquid experimenta un canvi de volum dV quan la temperatura varia en dT . Es defineix el **coeficient de dilatació cúbica** β com la variació relativa de volum dV/V dividida per la variació de temperatura dT , és a dir:

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \quad (\text{a pressió constant}).$$

La unitat de β és $(^\circ\text{C})^{-1}$ o K^{-1} . El coeficient de dilatació cúbica no és sensible als canvis de pressió, però sí que varia amb la temperatura. Tanmateix, per a un canvi de temperatura ΔT prou petit, l'equació anterior es pot aproximar a:

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T$$

on V_0 és el volum inicial i ΔV és el canvi de volum (és a dir, el volum final menys el volum inicial).

Per a un cos en forma de barra, interessa conèixer la variació de la longitud amb la temperatura i, per això, es defineix un **coeficient de dilatació lineal** α . Si L és la longitud,

$$\alpha = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$$

i per a un canvi de temperatura ΔT :

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

on L_0 és la longitud inicial i ΔL és el canvi de longitud (és a dir, la longitud final menys la longitud inicial). La unitat del coeficient α és $(^\circ\text{C})^{-1}$ o K^{-1} .

El coeficient de dilatació cúbica β està relacionat amb el de dilatació lineal α . Per a obtenir aquesta relació considerarem un sòlid en forma de paral·lelepíped rectangular de dimensions L_1 , L_2 i L_3 . El volum és :

$$V = L_1 L_2 L_3.$$

Aplicant la regla de derivació del producte:

$$\frac{dV}{dT} = L_2 L_3 \frac{dL_1}{dT} + L_1 L_3 \frac{dL_2}{dT} + L_1 L_2 \frac{dL_3}{dT}.$$

Dividint l'equació anterior per $L_1 L_2 L_3$, obtenim:

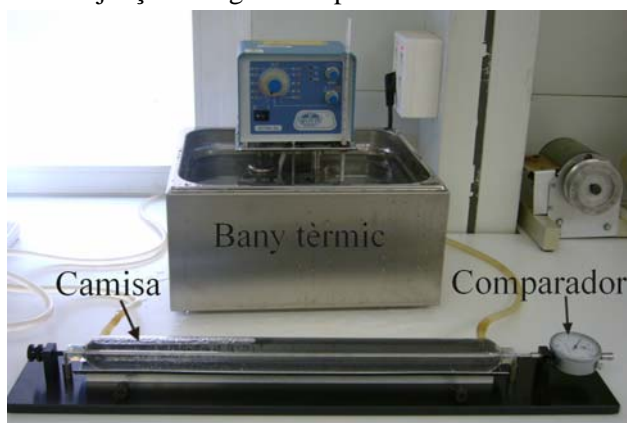
$$\frac{1}{V} \frac{dV}{dT} = \frac{1}{L_1} \frac{dL_1}{dT} + \frac{1}{L_2} \frac{dL_2}{dT} + \frac{1}{L_3} \frac{dL_3}{dT}.$$

Si el sòlid és isòtrop, els tres sumands del segon membre de l'equació anterior, que corresponen als coeficients de dilatació lineal α en les tres direccions de l'espai, són iguals, i per tant

$$\beta = 3\alpha$$

Mètode operatiu

Al laboratori disposem de dues barres, una d'alumini i una altra d'acer. Ambdues estan introduïdes dins una camisa de vidre. Mitjançant un bany tèrmic, es fa circular aigua per la camisa. El bany tèrmic disposa d'una resistència i un termòstat que permet controlar la temperatura de l'aigua. En augmentar la temperatura de l'aigua, es realitzen mesures de l'increment de longitud que experimenta cadascuna de les barres mitjançant sengles comparadors.



- Mesureu la longitud inicial de les dues barres, L_0 .
- Poseu el comparador a zero.
- Anoteu la temperatura de l'aigua, que serà la temperatura inicial T_0 de les barres.

d) Engegueu el bany tèrmic (interruptor) i ajusteu el controlador del termòstat a zero. Només el pilot de color verd ha d'estar encès. Si el pilot vermell s'encén afegiu aigua a la cubeta del bany tèrmic. Si s'encén el pilot taronja assegureu-vos de que el controlador del termòstat està a zero i que la escala seleccionada és de 0 a 100 (comandament inferior-dret).

e) Comproveu que circula aigua a través de la camisa.

f) Ajusteu la temperatura del termòstat a 80 °C. S'ha d'encendre el pilot taronja indicant que la resistència ha començat a escalfar l'aigua.

g) Agafeu mesures de l'increment de longitud, cada 10 °C aproximadament d'augment de temperatura fins assolir una temperatura de 70°C.

h) Ajusteu el termòstat a 0 i pareu el bany tèrmic..

Tractament de dades i qüestions

1) Amb els valors obtinguts de l'increment de longitud, ΔL i de l'increment de temperatura, ΔT de cadascuna de les barres, representeu gràficament en paper mil·limetrat ΔL en ordenades i ΔT en abscisses i ajusteu una recta als punts. Representeu les dues rectes en una mateixa gràfica.

2) Estimeu els pendents de les dues rectes. A partir del pendent trobeu el coeficient de dilatació lineal de cadascuna de les barres.

3) Calculeu el coeficient de dilatació cúbica β de cada barra i compareu-lo amb els valors tabulats a la literatura.

4) Com serien les corbes representades si α varies amb la temperatura?

5) Els dipòsits plens de betzina en indústries i automòbils vessen a l'estiu, amb el perill consegüent. Què ens diu això sobre els coeficients de dilatació dels líquids i sòlids?

Dilatació tèrmica

1) Mesureu i anoteu T_0 i L_0 de les dues barres.

2) Completeu les taules següents:

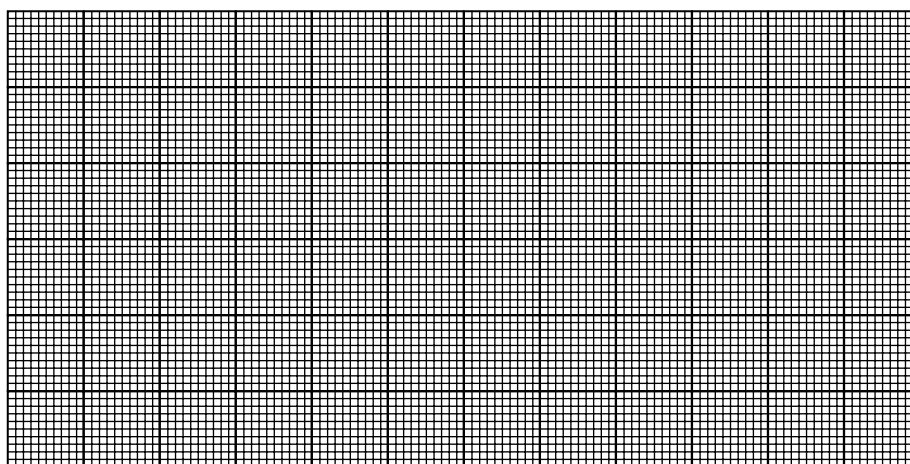
barra d'alumini

ΔL (mm)							
T (°C)							
$\Delta T = T - T_0$ (°C)							

barra d'acer

ΔL (mm)							
T (°C)							
$\Delta T = T - T_0$ (°C)							

3) Amb els valors obtinguts de l'increment de longitud, ΔL i de l'increment de temperatura, ΔT de cadascuna de les barres, representeu gràficament ΔL en ordenades i ΔT en abscesses i ajusteu una recta als punts. Representeu les dues rectes en una mateixa gràfica.



4) Estimeu el pendent de cadascuna de les dues rectes. Calculeu el coeficient de dilatació lineal α de cadascuna de les barres a partir del pendent utilitzant l'equació: $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$.

5) Calculeu el coeficient de dilatació cúbica β de cada material i compareu-lo amb els valors tabulats a la literatura.

6) En enginyeria i arquitectura, la dilatació tèrmica és molt important. Si un pont d'acer té una longitud de 400 m i la temperatura varia de -10°C a 40°C al llarg de l'any, quant varia la longitud del pont? Quant variaria si fos d'alumini? (apliqueu els coeficients de dilatació que heu trobat, no els tabulats). Com evitaríeu la deformació del pont per la dilatació?

7) Com serien les corbes representades si α varies amb la temperatura?