

Szilárd testek hőtágulási együtthatójának mérése

Mérőpár: S1/1 (Példa Pál és Minta Mónika)

Mérésvezető: Dr. Demo Dénes

Mérés időpontja: 2004.09.29.

Absztrakt A laboratóriumi gyakorlat során egy fém minta lineáris hőtágulási együtthatóját határoztuk meg a minta hőmérsékletének kontrollált változtatásával és az adott hőmérsékletekhez tartozó minta-hosszúság mérésével. Az ezrelék alatti relatív megnyúlás tartományában igazoltuk a hőmérsékletváltozás és a megnyúlás között feltételezett lineáris kapcsolatot, valamint a hőtágulási együttható értéke alapján azonosítottuk a vizsgált minta anyagát.

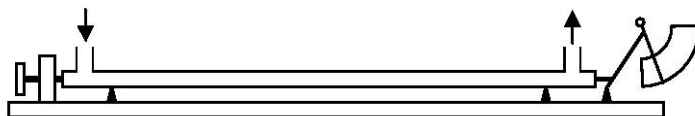
Elméleti összefoglaló

Kísérletek bizonyítják, hogy a nem túl nagy $\Delta t = t - t_0$ hőmérséklet-változás hatására fellépő $\Delta l = l - l_0$ hosszúságváltozás a $\Delta l = \alpha l_0 \Delta t$ összefüggés szerint arányos a test t_0 hőmérsékleten mért l_0 hosszával és a hőmérséklet-változással, ahol α a vizsgált anyag lineáris hőtágulási együtthatója [1]. A lineáris hőtágulási együttható tehát a mért hossz- és hőmérséklet-változásokból számítható.

A valóságban a hőtágulás csak kicsiny hőmérséklet-változások, illetve mérsékelt pontosság esetében közelíthető lineárisan. Abban az esetben, ha tágabb hőmérséklet-intervallumban vagy nagyobb pontossággal vizsgáljuk a hőtágulást, akkor az alábbi sorfejtés szerinti további állandókat is be kell vezetni $l = l_0(1 + \alpha \Delta t + \beta \Delta t^2 + \dots)$.

Mérési elrendezés és a mérés menete

A mérés célja α meghatározása. A kísérlet során egy hosszú fémcső hőtágulását vizsgáljuk. A cső belsejében termosztát segítségével szabályozható hőmérsékletű vizet keringtetünk. A minta egyik vége csavarmikrométerhez, másik vége pedig a kis hosszváltozások észlelését könnyítő mechanikai áttételhez csatlakozik (1. ábra).



1. ábra. A kísérleti elrendezés vázlatja. A nyilak a szabályozható hőmérsékletű víz áramlási irányát jelzik a vizsgált mintadarabban. A mintadarab bal oldalán a mikrométercsavaros rögzítés, jobb oldalon a hossz mérés elrendezése látható.

A hőmérséklet mérése termopárral történik, amelynek referencia pontját olvadó jégbe helyezük. A termopár hőfoktényezője $37 \mu\text{V/K}$. Ez alapján a cső hőmérséklete a

$$t [\text{K}] = \frac{U [\text{mV}]}{0,037} \quad (1)$$

összefüggés szerint határozható meg.

A mérés során először meg kell győződnünk arról, hogy valóban van-e jég a termopár megfelelő végénél. Ezután megmértük a cső hosszát, amire $t_0 = 21,62 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékleten $l_0 = (0,53 \pm 0,002) \text{ m}$ adódott. A hibát az okozza, hogy maga a cső nehezen volt hozzáférhető, ezért a mérést bizonytalanság terheli, melyet 2 mm-re becsülünk. Ezt követően bekapcsoltuk az áramoltatót és a fűtést, majd 2-3 perc hőmérséklet stabilizálódás után leolvastuk a termofeszültség értékét és a minta hosszváltozását. A mérést nagyjából $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ -nak megfelelő feszültségértékig végeztük. A termofeszültséget μV pontossággal mértük, de a cső hőmérséklete nem mindenhol teljesen egyforma, így a hőmérsékletmérés hibáját $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ -nak becsüljük.

Mérési eredmények és kiértékelésük

A mért termofeszültség és hosszváltozás valamint a származtatott hőmérséklet adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

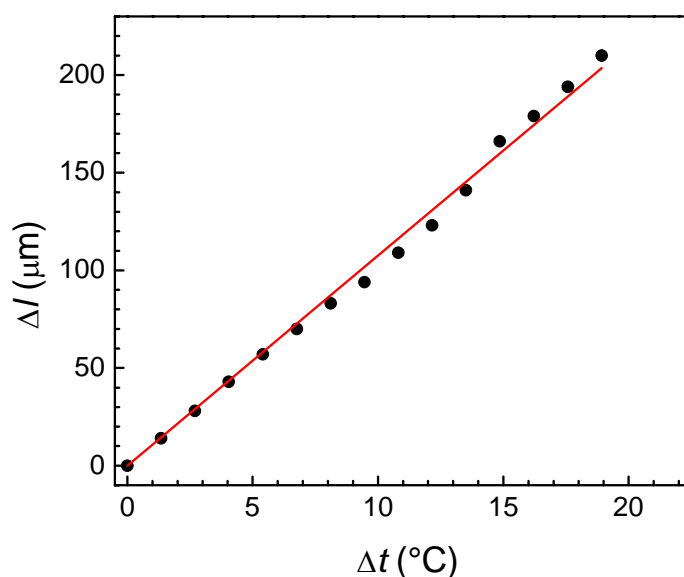
1. táblázat. A mért termofeszültség és megnyúlás adatok és a származtatott hőmérséklet értékek.

$U \text{ (mV)}$	$t \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}$	$\Delta l \text{ (m)}$
0,80	21,62	0	0
0,85	22,97	1,35	1,4E-05
0,90	24,32	2,70	2,8E-05
0,95	25,68	4,05	4,3E-05
1,00	27,03	5,41	5,7E-05
1,05	28,38	6,76	7,0E-05
1,10	29,73	8,11	8,3E-05
1,15	31,08	9,46	9,4E-05
1,20	32,43	10,81	1,09E-04
1,25	33,78	12,16	1,23E-04
1,30	35,14	13,51	1,41E-04
1,35	36,49	14,86	1,66E-04
1,40	37,84	16,22	1,79E-04
1,45	39,19	17,57	1,94E-04
1,50	40,54	18,92	2,10E-04

Az egyes Δt hőmérséklet-változásokhoz tartozó Δl hosszváltozás értékek valamint a rájuk legkisebb négyzetek módszerével illesztett $y = bx$ alakú egyenes a 2. ábrán láthatóak.

Az illesztett egyenes $b = (1,0 \pm 0,012) \cdot 10^{-5} \text{ m/K}$ meredekségéből számolva az α hőtágulási együttható értéke

$$\alpha = \frac{\Delta l}{\Delta t} \cdot \frac{1}{l_0} = \frac{b}{l_0} = 1,89 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}. \quad (2)$$



2. ábra. A mért megnyúlás értékek a referencia hőmérséklettől való eltérés függvényében. A folytonos vonal a mérési adatokra a legkisebb négyzetek módszerévé illesztett, origón átmenő egyenest mutatja.

A hőtágulási együttható relatív hibája

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta l_0}{l_0} = \frac{0,012}{1,0} + \frac{0,002}{0,53} = 0,016, \quad (3)$$

így α értékére $(1,89 \pm 0,03) \cdot 10^{-5}$ 1/K adódik.

Ez az érték nagyon közel esik az ón lineáris hőtágulási együtthatójához ($\alpha_{\text{Sn}} = 2,20 \cdot 10^{-5}$ 1/K) [2], de a cső valószínűleg alumíniumból ($\alpha_{\text{Al}} = 2,31 \cdot 10^{-5}$ 1/K) [2] van. Ehhez az értékhez is közel van a mért érték, de nem hibahatáron belül. Ennek egyik lehetséges oka, hogy a cső ötvözött alumíniumból készült.

Az eredmények összefoglalása

A laboratóriumi gyakorlat során egy fém minta lineáris hőtágulási együtthatóját határoztuk meg a minta hőmérsékletének kontrollált változtatásával és az adott hőmérsékletekhez tartozó mintahosszúság mérésével. Az ezrelék alatti relatív megnyúlás tartományában igazoltuk a hőmérsékletváltozás és a megnyúlás között feltételezett lineáris kapcsolatot. A feltételezésünk szerint alumínium ötvözet minta hőtágulási együtthatójának általunk mért és a szakirodalomban elfogadott értékei között jó nagyságrendi egyezést találtunk.

Felhasznált irodalom

- [1] N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, *Solid State Physics*, Saunders College, 1976.
- [2] WebElements: the periodic table on the web, <http://www.webelements.com/physics.html>