

KLASSZIKUS FIZIKA LABORATÓRIUM

6. MÉRÉS

Fázisátalakulások vizsgálata

Mérést végezte:

Enyingi Vera Atala

ENVSAAT.ELTE



Mérés időpontja:

2011. szeptember 28.

Szerda délelőtti csoport

1. A mérés célja

A mérés során egy adott minta viselkedését vizsgáljuk a hőmérséklet függvényében. A megfigyelések alapján látjuk, hogy a minta fázisátalakuláson megy át a megválasztott hőmérséklet határok között, a mért adatok alapján pedig meghatározhatjuk ezen átalakulások jellemzőit: az olvadás és forráspontot, illetve a hőmennyiséget. A mérést [1] alapján, DTA (Digital Thermal Analysis) módszerrel végezzük.

2. A mérés elmélete és menete

A termodinamika vizsgálja az anyagok tulajdonságainak megváltozását hő hatására. Bizonyos hőmérsékleteken az anyagok lassú, folytonos változása ugrásszerűvé válik, szerkezetük átalakul. Ezt *fázisátalakulás*nak hívjuk.

Ebben a mérésben egy fém olvadását és dermedését vizsgáltuk. A mérést a DTA módszerű berendezéssel végezzük. A mintatartó, amibe a mintát helyeztük, egy elektromosan vezérelhető kályhában helyezkedik el. A vízű hűtéssel a környezettől elszigetelt tartó, és a kályha hőmérsékletét termoelemekkel mérjük, amely adatokat számítógéppel dolgozzuk fel. Referenciapontként a szintén elektromos vezérléssel állandó hőmérsékleten tartott műjég szolgált. A mérés fontos közelítéssel él, mégpedig azzal, hogy a mintatartót és a kályhát azonos hőmérsékletűnek vesszük, azaz egytest-modellként közelítünk. A h hőátadási tényező jellemzi a mintatartó és a környezet közti hőátadást, a mintatartó hőmérséklete T , a környezeté T_k , az átadott hő Q .

Ezekkel felírható a Newton-féle hőátadási törvény:

$$\frac{dQ}{dt} = -h(T - T_k) \quad (1)$$

A kályha hőmérsékletét lineárisan változtatjuk. Ez melegítéskor:

$$T_k(t) = T_0 + \alpha t \quad (2)$$

Hűtéskor értelemszerűen a lineárisan változó tag mínusz előjellel szerepel.

Először felfűtöttük a mintát, és túlhevítettük az olvadásponton. Erre azért volt szükség, hogy a minta olvadáspontját megbecsülhessük, illetve a minta jobban elterüljön a mintatartó alján, így biztosítva a közelítésünknek még nagyobb pontosságot.

Ezután lehűtöttük a rendszert. Ekkor a minta az olvadáspontja alá hűl, de még nem jön létre a fázisátalakulás. Ezt túlhűtésnek nevezzük, ami után hirtelen hőmérséklet-emelkedéssel megindul a fázisátalakulás.

Ezt követően újra felfűtjük a mintát. Kis kezdeti szakasz után a mintatartó és a kályha hőmérsékletének különbsége beállt egy konstans értékre, ennek egyenesét alapvonalnak nevezzük. Az olvadáskor egy ideig a minta hőmérséklete közel állandó, majd exponenciálisan közelítve újra beállt az alapvonalhoz.

A forrásban ([1]) található elméleti levezetés alapján

$$Q_f = hF \quad (3)$$

Azaz a $T_m(t) - T_k(t)$ különbségi hőmérsékletgörbe által bezárt terület (F) arányos a minta által felvett (a későbbiekben pedig a leadott) Q hővel. Az arányossági tényező h , azaz a hőátadási tényező. Ezt egy hitelesítési görbéről olvassuk le. A fajlagos fázisátalakulási hő ebből kifejezhető (m a minta tömege):

$$q_f = \frac{hF}{m} \quad (4)$$

3. Eredmények és hibaszámítások

3.1. A lassú hűtés

A túlhűtés után, mikor megindul a dermedés folyamata, hő szabadul fel, az anyag a dermedési hőmérsékletre melegszik, és ezt addig tartja, míg az egész meg nem szilárdult. Ezután a minta hőmérséklete exponenciálisan tart az alapvonalhoz.

A 3. ábrán jól látható a túlhűtés jelensége. A $T - t$ grafikonon a rövid konstans szakasz és a hőmérsékleti tengely metszetéből megkapjuk a minta dermedési hőmérsékletét. Ez a mérési adatok alapján

$$T_h = 231,58^\circ\text{C}$$

A 4. grafikon a $T_k - T$ hőmérséklet-különbséget ábrázolja t függvényében. A grafikon által bezárt terület a kiértékelő programmal való numerikus integrálás után az alábbi értéknek számolt:

$$F^h = 69,2^\circ\text{C} \cdot \text{min}$$

3.2. A lassú fűtés

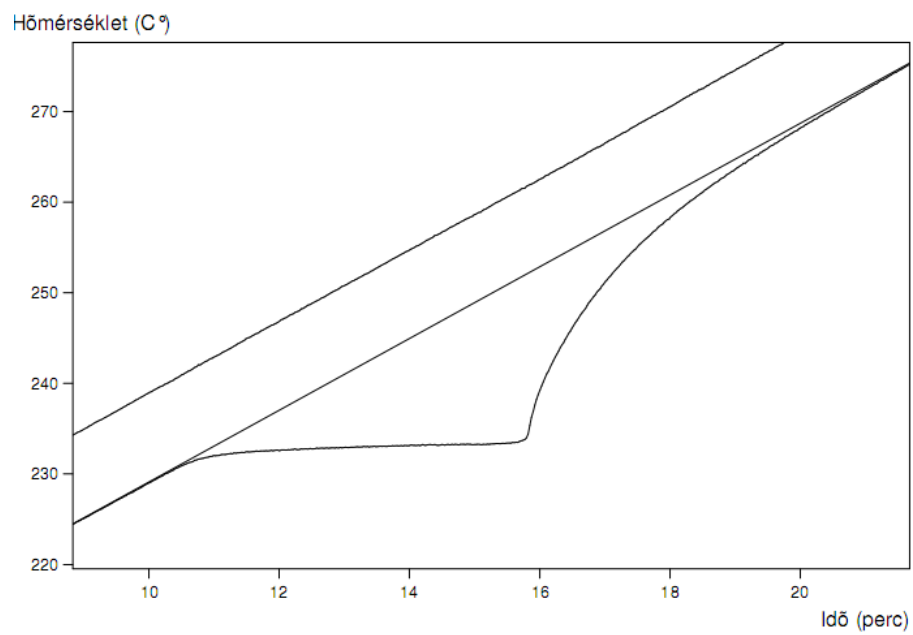
A kihűlt mintát újra felmelegítettük, túl az olvadásponton.

A 1. ábrán jól látható az a konstans szakasz, amelynek a hőmérsékletitengely-metszete adja az olvadáspontot, ami a mérésemben:

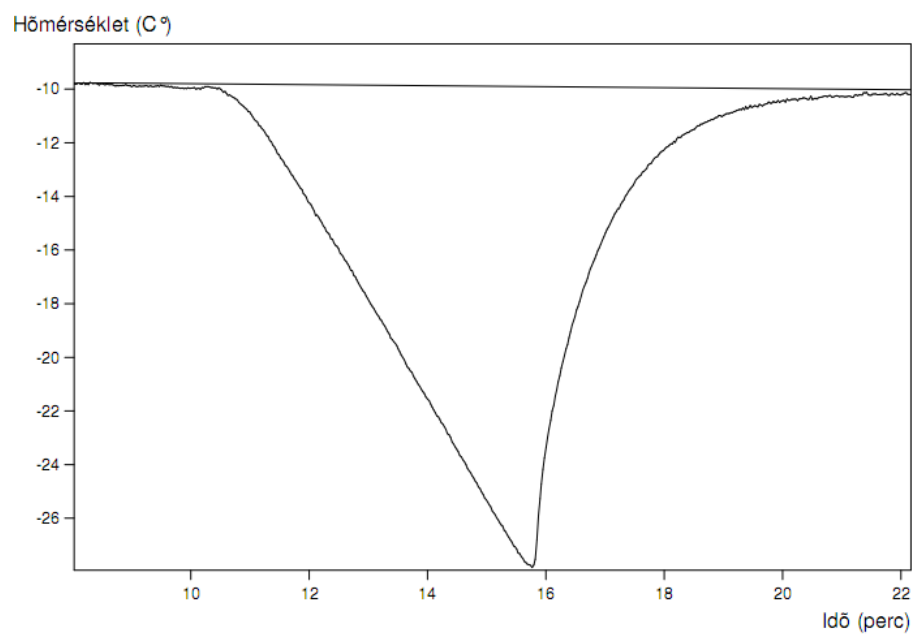
$$T_f = 232,84^\circ\text{C}$$

Az alábbi, 2. grafikonon, a $T_k - T$ hőmérséklet-különbséget a t függvényében felrajzolva, a területet numerikus integrálással számolva az alábbi értéket kapjuk:

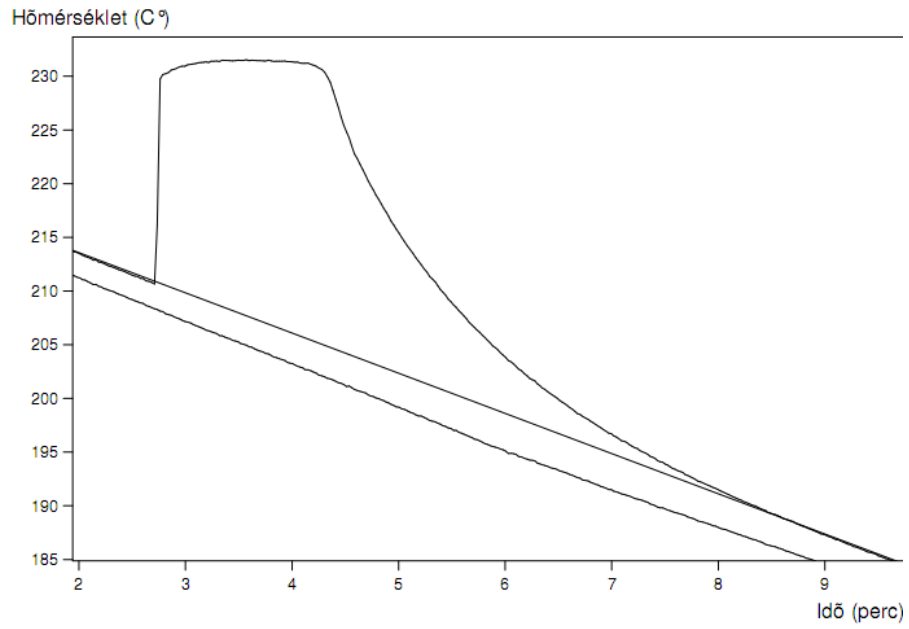
$$F^f = 63,72^\circ\text{C} \cdot \text{min}$$



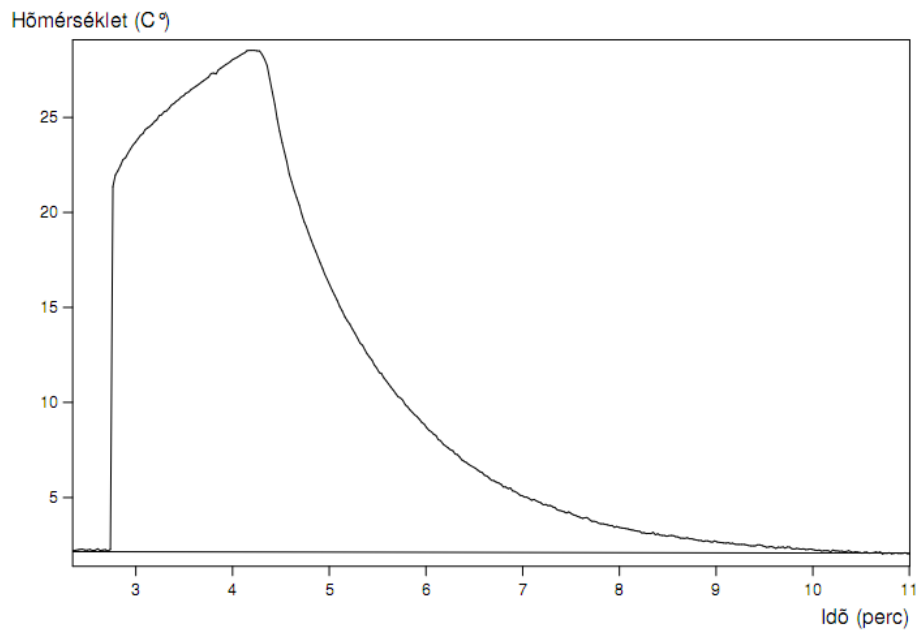
1. ábra. A fűtés $T_k - t$ és $T - t$ grafikonja



2. ábra. A fűtés $T_k - T - t$ grafikonja



3. ábra. A hűtés $T_k - t$ és $T - t$ grafikonja



4. ábra. A hűtés $T_k - T - t$ grafikonja

4. A fázisátalakulási hő kiszámítása és hibaszámítás

Az általam vizsgált minta tömege:

$$m = 0,8540 \pm 0,0001g$$

Az olvadáspontot a két mérés során kapott olvadási és dermedési hőmérsékletek átlagaként kapjuk, melynek a hibája a mért adatok átlagtól való eltérése:

$$T_o = 232,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$$

A laborban található grafikonról leolvasott hőátadási együttható:

$$h = 0,747 \pm 0,005 \frac{J}{^\circ\text{C} \cdot \text{min}}$$

A görbe alatti területet szintén a két mérés átlagaként vesszük:

$$F = 66 \pm 2,7^\circ\text{C} \cdot \text{min}$$

A fázisátalakulási hőt ezekből az alábbi értékek számoltam:

$$Q_f = 50 \pm 2,4J$$

A fajlagos fázisátalakulási hő:

$$q = 58 \pm 2,8 \frac{J}{g}$$

A mérés hibái az elmélet valóságtól való eltéréséből származtak főleg, hiszen például a minta fajhője hőmérsékletfüggő, és a minta és a mintatartó között sem tökéletes a hőátadás.

5. A minta azonosítása

A [1] alapján a minta valószínűleg ón (Sn), amelynek irodalmi adatai a mértekkel összevetve az alábbi táblázatban láthatók:

	$T_{olv} [^\circ\text{C}]$	$q [\frac{J}{g}]$
Mért adatok	$232,2 \pm 0,6$	$58 \pm 2,8$
Irodalmi érték	231,9	59,2
Eltérés	0,3	1,1

Hivatkozások

- [1] Böhönyey - Havancsák - Huhn: Mérések a klasszikus fizika laboratóriumban, Szerkesztette: Havancsák Károly, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2003.