

**Állapotábra felvétele**

Anyagtudomány jegyzőkönyv

Készítette:

Kotroczó Nándor

R7TEYX

7. tankör

Gyakorlatvezető

Berecz Tibor

## Elméleti összefoglaló

### Alapfogalmak:

**Állapotábra:** Egy ötvözetrendszer fázisainak egyensúlyi viszonyait összefoglaló diagram.

**Ötvözet:** Két vagy több atomfajtából képződő, szabályos rácsszerkezetű szilárd testek, olyan többalkotójú anyag, melyben a többségben levő alkotó fém.

**Fázis:** Azonos fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkező terület. Mindig fázishatárral rendelkezik.

**Szoliduszgörbe:** Azoknak a pontoknak az összekötő vonala az állapotábrában, amely alatt az ötvözet szilárd állapotú.

**Likviduszgörbe:** Azoknak a pontoknak az összekötő vonala az állapotábrában, amely felett az ötvözet folyékony állapotú.

**Szilárd oldat:** Olyan ötvözet, melyben az ötvöző atomok beépülnek az alapfém rácsába. Ha helyettesítik azt, akkor szubsztitúciós, ha rácshézagba illeszkednek, akkor intersztíciós a szilárd oldat.

**Alkotó:** Az ötvözetet képező különböző atomfajta.

Az ötvözés célja, hogy kedvezőbb tulajdonságú, nagyobb hasznosságú anyagokat hozzunk létre. Az ötvözetek előállítására történhet összeolvasztás, porkohászat vagy felületötvöztetés útján. A gyakorlaton csak a két atomfajtából álló, úgynevezett kétalkotós (binér) ötvözetekkel foglalkozunk, amelyeknek a legegyszerűbben a  $T_c$  síkon ábrázolt állapotábrája segítségével határozhatók meg a szövetszerkezeteik, fázisaik kémiai összetétele stb.

A fémes atomok legegyszerűbb összetett tartománya szilárd állapotban a kristály. Egy-egy fajta kristály az ötvözet egy-egy fázisa. A fázisok így például lehetnek:

- Színfém (egy atomfajtából épül fel)
- Olvadék (fémek folyadék állapotban oldják egymást)
- Szilárd oldat (intersztíciós, szubsztitúciós)
- Vegyület (összetétele állandó)

Gibbstől származik az a megfontolás, hogy egy rendszerben a fázisok száma és a szabadsági fokok száma között összefüggés van. Egy rendszer szabadsági fokának számát növeli minden alkotója. Tehát

$$F + Sz = K + 2$$

ahol **F:** a fázisok száma ( $F = 1, 2, \dots, n$ )  
**Sz:** a szabadsági fokok száma ( $Sz = n-1, \dots, 2, 1, 0$ )  
**K:** a komponensek száma (atom vagy molekulafajták száma,  $K = 1, \dots, n-2$ )

Állandó nyomáson az előző képlet a következőképpen alakul:  $F + Sz = K + 1$ . Általában ezt a képletet használjuk. Egyfázisú állapotban (szilárd vagy olvadék) a rendszer melegíthető vagy hűthető, állapotának megváltozása nélkül. Ha azonban megindul az olvadás folyamata, vagy az olvadék hűtésekor megindul a kristályosodás, a színfém kétfázisúvá válik, a szabadsági fokok száma zérusra csökken. A színfém tehát egy és csakis egy hőmérsékleten kerülhet kétfázisú állapotba. Ez a hőmérséklet az olvadáspont. Ilyenkor a hőmérséklet értéke mindaddig állandó, ameddig az egyik fázis el nem tűnik.

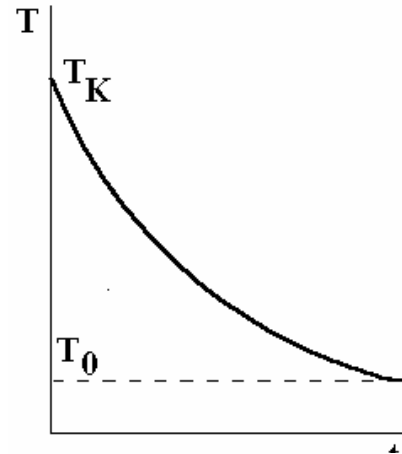
Egy kétkomponensű ötvözet állhat kétféle kristályos anyagból is. Ez fordul elő gyakrabban, mivel két fém kristályos állapotban való kölcsönös oldódásának feltételei ritkán

teljesülnek. Az ötvözet tehát kristályos állapotban is lehet kétfázisú. A "fázis-állapotot" a halmazállapottól meg kell különböztetni. A halmazállapot változása mindig fázisváltozást jelent, de a fázis vagy fázisok változása nem szükségszerűen von magával halmazállapot változást is. A rendszer is, a fázis is lehet *homogén* és *inhomogén*. A rendszer ezenkívül *heterogén* is lehet, ha pl. különböző fázisokat tartalmaz.

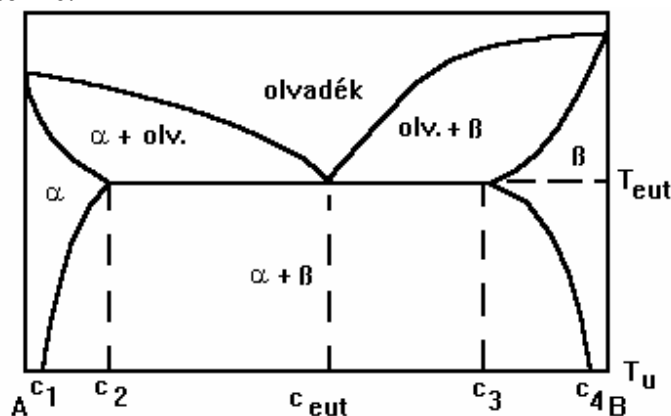
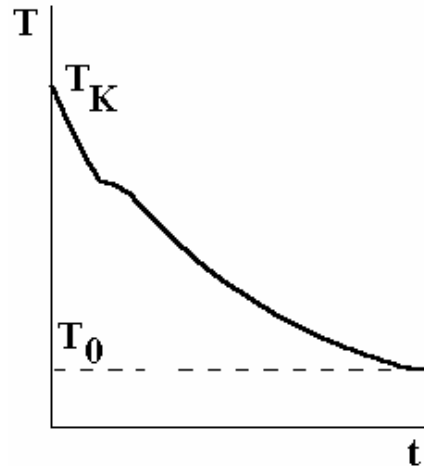
**A természetben tökéletes oldhatatlanság alig fordul elő.**

Az ötvözetek egyik vizsgálata a *termikus analízis*, amely során az ötvözet szerkezetét vizsgálják a hőmérsékletváltozás függvényében. E mérések elvégzésével felvehetjük a lehülési / hevítési diagramokat. Ha a görbe exponenciális jellegű, akkor newtoni lehülési görbét kapjuk. A görbe egyenlete:

$$T = T_0 + (T_K - T_0)e^{-\frac{\alpha A}{mc}t}$$



A kristályosodás megkezdésekor, befejeződésekor a vizsgált ötvözet lehülési görbéjén általában törés mutatkozik, majd az átalakulást követően a függvény ismét exponenciális jellegűt mutat. A kristályosodás kezdetére utaló töréspont a likvidusz pont, befejeződésére utaló a szolidusz pont, a kiválások kezdetére utaló pedig a szolvusz pont. Ezeknek az egész ötvözetrendszerre kiterjedő egyesítése adja a likvidusz vonalat, a szolidusz vonalat, és a szolvusz vonalat. Ezeknek a vonalaknak az ábrázolásával kapjuk az úgynevezett egyensúlyi diagramot, vagy állapotábrát. Az állapotábrákból kvalitatív és kvantitatív információk olvashatók le.



Kvalitatív jellegű információk:

Ha az ötvözet összetételét és az adott hőmérsékletet ábrázoló állapotjelző pont olyan területbe esik, ahol az ötvözet homogén állapotú, akkor ennek a pontnak a koordinátái jellemzik az ötvözetet.

Ha az ötvözet összetételének és az adott hőmérsékletnek megfelelő állapotot ábrázoló pont olyan területbe esik, ahol az ötvözet heterogén (kétfázisú) a ponton át a fázishatártól

fázishatárig húzott izoterma (u.n. konóda) két végpontja az ötvözetet alkotó két fázis minőségét és koncentrációját mutatja meg.

Kvantitatív jellegű információk:

A konóda két végpontján tömörítve elképzelve az ott mutatott összetételű fázisok tömegét, az izoterma egyensúlyban lévő emelőként fogható fel. Az egyik oldalon található fázis mennyisége a másik oldalon található fázishoz tartozó "kar" hosszával arányos (mérleg szabály).

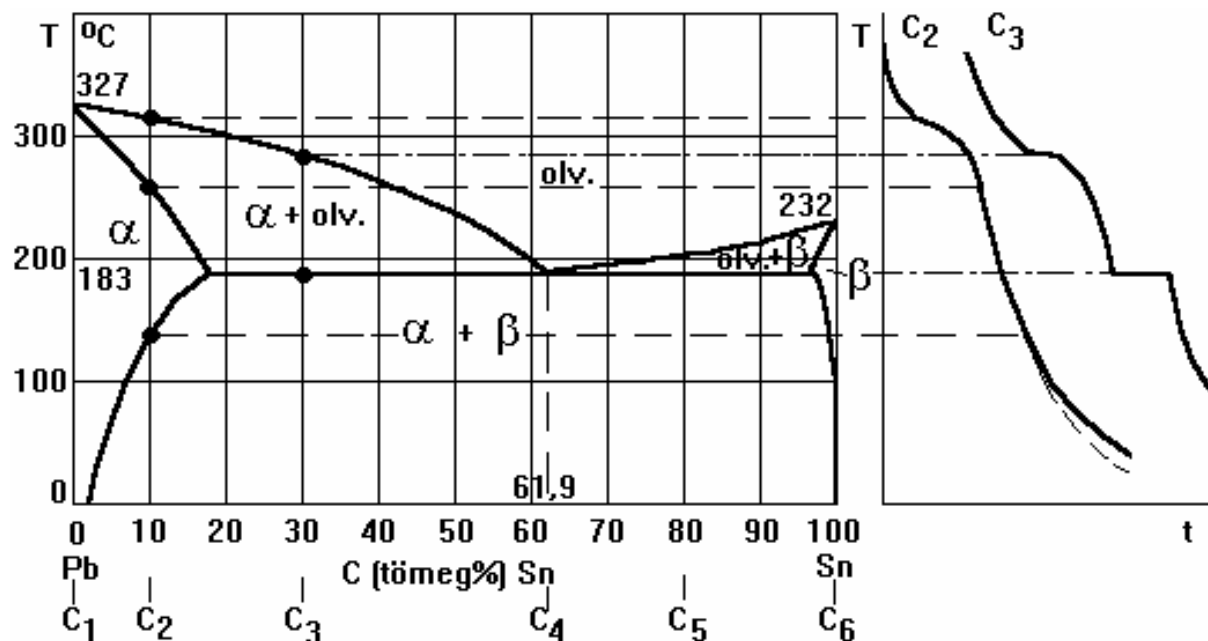
A mérlegszabály két ( $\alpha$  és  $\beta$ ) fázis esetén az alábbi két egyenlet eredményeként adódik:

Az össz-tömegek megmaradására jellemző:  $m_{\text{ötv}} = m_{\alpha} + m_{\beta}$

és az ötvöző anyag tömegének megmaradására jellemző:  $m_{\text{ötv}} \cdot c_{\text{ötv}} = m_{\alpha} \cdot c_{\alpha} + m_{\beta} \cdot c_{\beta}$

### Állapotábra felvétele:

Úgy szerkesztettük meg, hogy az adott hőmérséklethez kijelöltük az egyensúlyt tartó fázisok koncentrációit, a szilárd és folyadékfázis pontjait pedig egy-egy görbével összekötöttük.



A felső görbe azokat a pontokat köti össze, amelyeknél a megfelelő koncentrációjú ötvözet kristályosodni kezd, vagy az olvadás befejeződik, attól függően, hogy a rendszer hőmérséklete csökken vagy nő, ezért ezt a vonalat *likviduszgörbének* nevezzük. Ennél nagyobb hőmérsékleten az ötvözet homogén folyadék. Hasonló megfontolások alapján az alsó vonal neve *szoliduszgörbe*. Ennél kisebb hőmérsékleten a rendszerben csak a szilárd fázis lehet egyensúlyban. Ebből az egyensúlyi diagramból minden hőmérsékletre meghatározhatjuk az egymással egyensúlyt tartó fázisok koncentrációját, és azok relatív mennyiségét a következőképpen számíthatjuk ki:

$$a : x, \text{ és olv} : 1-x$$

$$x \cdot a = (1-x)b \rightarrow x = b / (a+b) \quad 1-x = a / (a+b) \rightarrow x / (1-x) = a / (a+b)$$

Az állapotábra olyan síkbeli diagram, amely az ötvözetsor tetszőleges összetételű ötvözetére, bármely kiválasztott hőmérsékleten megadja az egyensúlyban lévő fázisok mennyiségét és minőségét. A komponensek nagy száma és a hozzájuk tartozó sokféle fázis

miatt az állapotábrák N száma is nagy: 102 elemmel számolva 5151. Az állapotábrák sokasága ellenére, azok alakja csak kevés változatosságot mutat, így az állapotábrákat néhány csoportba sorolhatjuk csupán:

1. Az első csoportba tartoznak azok az ötvözetrendszerek, amelyek komponensei azonos szerkezetűek és mind szilárd, mind folyadék állapotban *korlátlanul* oldják egymást. Az egész rendszerben mindössze két fázis (szilárd és folyadék) fordul elő.
2. A második csoport ötvözeteinek alkotói egymástól eltérő szerkezetűek. Jellemzően a *peritektikus* ötvözeteknek vannak ilyen állapotábrái.
3. A harmadik csoportba sorolhatjuk az *eutektikus* ötvözeteket.
4. A negyedik csoportba azok az ötvözetek tartoznak, amelyekben bizonyos koncentrációnál homogén ömledékből *intermetallikus vegyület* keletkezik egy adott hőmérsékleten. A vegyületek összetétele megfelel az  $A_mB_n$  kémiai képletnek. Az ilyen típusú állapotábrák mindig felbonthatók, visszavezethetők a már tárgyalt egyszerű ábrákra.
5. Az ötödik csoport ötvözeteire az jellemző, hogy az intermetallikus vegyület akkor keletkezik, amikor az egy  $C_{sz}$  koncentrációjú szilárd fázisból és egy  $C_f$  összetételű folyadékból áll.
6. A hatodik csoport ötvözeteiben az intermetallikus vegyület szilárd halmazállapotban keletkezik.

#### Összefoglalás:

1. Az állapotábrák vízszintes tengelyén mindig a koncentrációt (atom, súly, térfogat vagy tömeg százalékban), míg a függőleges tengelyen a hőmérsékletet ( $^{\circ}K$  vagy  $^{\circ}C$ -ban) tüntetik fel.
2. A likvidusz vonal felett mindig csak olvadákfázis szerepel.
3. A szolidusz vonal alatt minden fázis szilárd állapotú.
4. Az állapotábrában vízszintes vonal alatti terület mindig heterogén jellegre utal, mert a vízszintes vonalon a szabadsági fokok száma nulla, vagyis itt az átalakuláskor egy időben három fázis van jelen.
5. A szolidusz nem vízszintes szakasza alatti terület homogén állapotra utal.
6. Az állapotábrában adott összetételnél található függőleges vonalak a vegyületfázisok kémiai összetételét jelölik ki.
7. Az állapotábra heterogén (kétfázisú) területeibe húzott izoterma (konóda) metszéspontjai a területet határoló vonalakkal meghatározzák az ötvözetet alkotó fázisok jellegét, koncentrációját, illetve a mérlegszabály alkalmazása esetén a fázisok mennyiségét is.
8. Az állapotábra vonalain áthaladva a fázisok száma eggyel változik. (A vízszintes vonal köze három fázisú, míg a függőleges vonal köze egyfázisú (tisztá fém, vagy vegyület) területet jelent.)

## Mérési feladat

Pb-Sn ötvözetsorból hat féle ismert összetételű mintát készítettünk. Két kemencében, a gyakorlati időnek megfelelő hevítési és hűtési feltételek mellett, három-három ötvözetet egy-egy (20-450 °C hőmérséklettartományban inert anyagnak számító) acél mintával együtt olyan hőmérsékletig hevítünk, amelyben a három ötvözet mindegyike már teljesen olvadék állapotba kerüljön.

A hat ötvözetből egy mérési adatgyűjtő eltárolja a hat ötvözet  $T(t)$  lehülési görbék adatait.

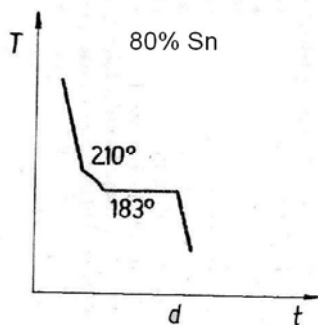
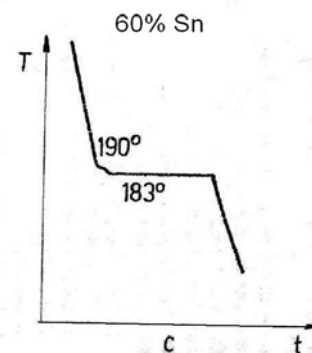
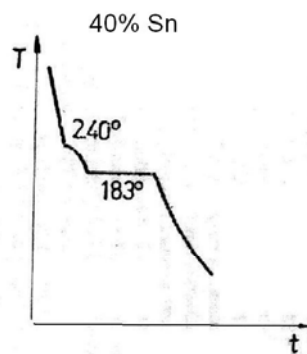
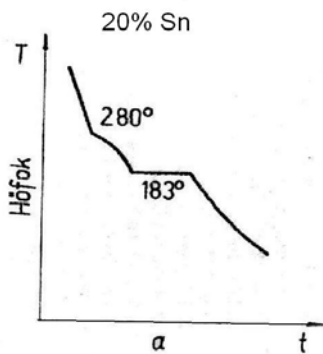
Az adatgyűjtés ideje alatt a gyakorlaton az állapotábrák általános kezelésének megismerése és az állapotábrákból nyerhető információk rendszerezése és begyakorlása a feladat.

Az adatgyűjtés befejeződésével a hat ötvözet lehülési görbéjének számítógépes értékelése illetve a lehülési görbék rajzának kinyomtatása következik.

Mérési eredmények:

C: koncentráció

C1 (tisztá Pb)	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C6 (tisztá Sn) 100 %
0%	10	20	30	40	60	64,2	80	86,4	100%
350	330	295	260	230	190	178	210	220	250
350	254	200	183	183	183	189	183	182	250



Állapotábra

