

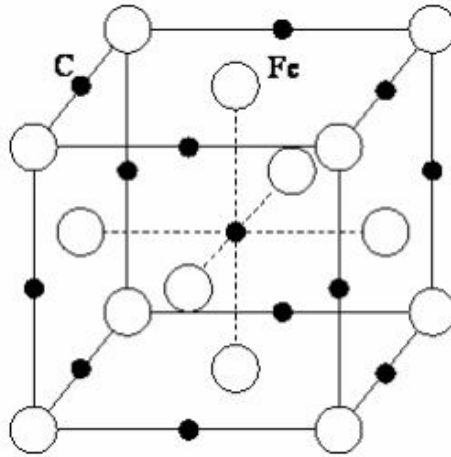
5 előadás

Anyagismeret

Ötvözet

- Legalább látszatra egynemű fémes anyag, amit két vagy több alkotó különböző módszerekkel való egyesítése után állítunk elő. Alapötvöző minden esetben fémes anyag.
- Ötvöző anyag lehet:
 - Fém
 - Nemfém
 - gáz
- Alkotóelemek kapcsolata a fémes ötvözetben:
 - Szilárd oldat: az alkotók egymást szilárd állapotban is oldják
 - Fémes vegyület: alkotók egymással kémiai reakcióba lépnek
 - Eutektikum: egymással sem szilárd oldatot, sem fémes vegyületet nem képeznek

A Fe és a C interstíciós szilárd oldatának vázlata (C-atomok minden lehetséges helyen)



Fázisok és szövetelemek

Fázis	Szövetelem
Folyékony oldat	-
Színfém	Színfém
Szilárd oldat	Szilárd oldat
Fémes vegyület	Fémes vegyület
-	Eutektikum
-	Eutektoid

Kétalkotós ötvözetrendszerrel kapcsolatos alapfogalmak

A kétalkotós ötvözet fogalma

Az alkotók

- alapfém, alapötvöző
- a másik alkotó az ötvözőelem

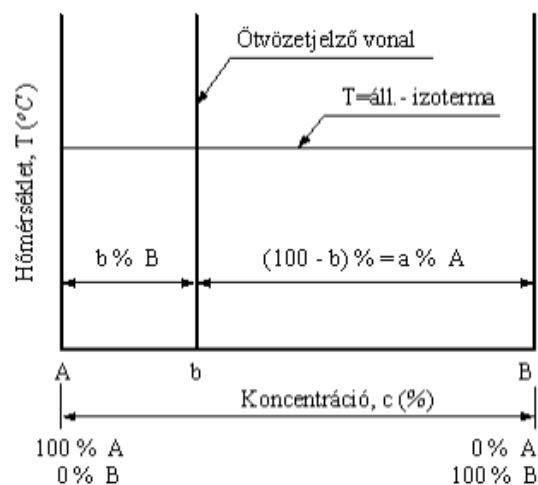
Az egyensúlyi diagram, az állapotábra értelmezése

- kétalkotós rendszerben mindig egy hőmérséklet (T) - koncentráció (c) tengelyekkel jellemezhető

síkbeli diagram

- az egyensúlyi diagram fogalma, kettős értelmezése
- kvázi-egyensúlyi diagram : **állapotábra**

Az egyensúlyi diagram és jelöléseinek értelmezése



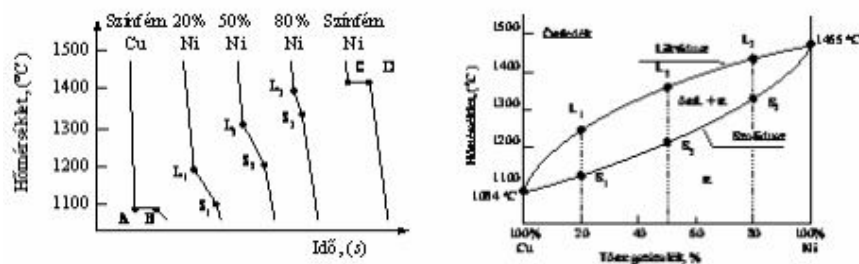
Az egyensúlyi diagramokkal kapcsolatos további alapfogalmak

- Az ötvözetjelző vonal fogalma
- Az izoterma fogalma
- Kapcsolat az A és B alkotó között
$$a \% A + b \% B = 100 \% \text{ ötvözet}$$

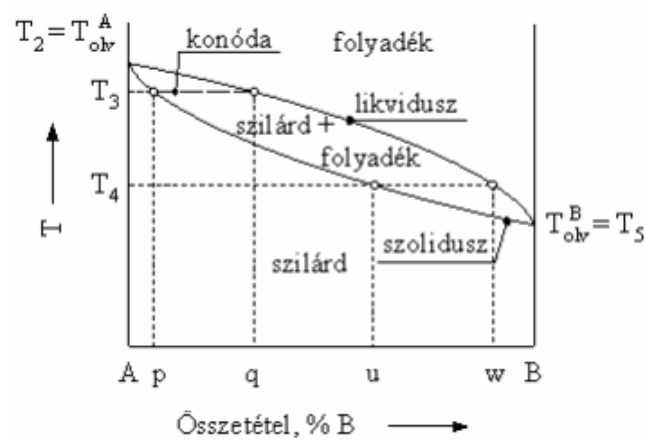
Kétalkotós egyensúlyi diagramok szerkesztése

- Elméleti úton
 - Szabad entalpia görbékből (nem foglalkozunk vele)
- Kísérleti úton
 - Ötvözők hűlésgörbéiből

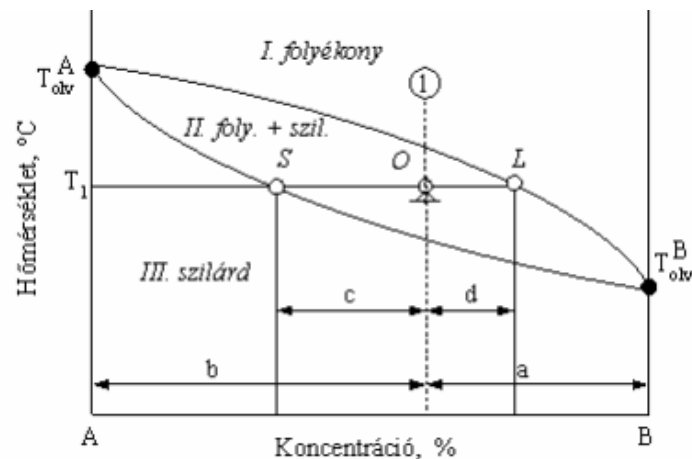
Az egyensúlyi diagram meghatározása a ötvözetek kísérleti hűlésgörbéi alapján



Az egyensúlyi diagramokon alkalmazott további jelölések



Az egyensúlyi diagramok elemzésének szabályai - A minőségi szabály



Az egyensúlyi diagramok elemzésének szabályai - A mennyiségi szabály

- Az **A** és **B** fém mennyisége az ötvözetben $\frac{a}{100} \times \text{kg}$ az A - fém,

$$\frac{b}{100} \times \text{kg} \text{ a B - fém}$$

- a **B** fém mennyisége a vizsgált $T=T_1$ hőmérsékleten

$$\text{a szilárd fázisban} \quad \frac{b-c}{100} x \quad \text{a folyékony fázisban} \quad \frac{b+d}{100} (1-x)$$

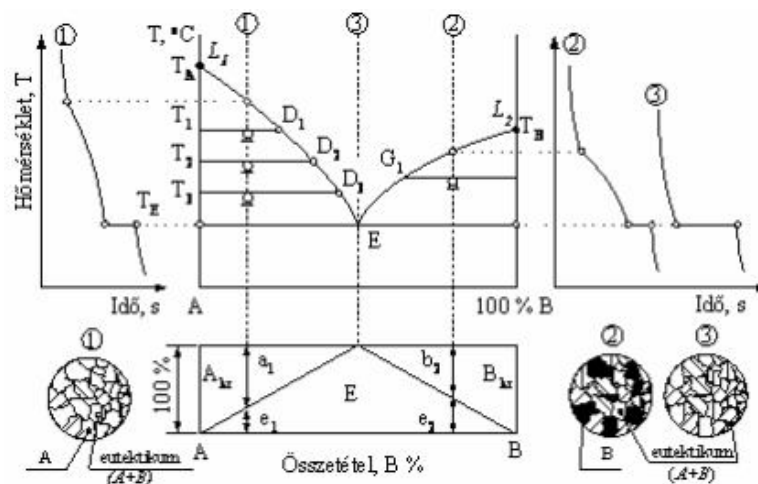
Eszményi, kétalkotós diagramok elemzése

- a lehetséges kétalkotós rendszerek száma (n-számú alkotóelem esetén)

$$N = \binom{n}{2} = \frac{n!}{(n-2)!2!} = \frac{n(n-1)}{2}$$

- ez $n=90$ elem esetén $N=4005$, a gyakorlati jelentőségű $n=50$ alkotót tekintve is $N=1225$ különböző rendszert jelentene
- a rendszerezést Gustav Tammann végezte el
- 8 alaptípust definiálva megalkotta az eszményi kétalkotós egyensúlyi diagramok Tammann-féle rendszerét

Az egyszerű eutektikus rendszer Tammann-1 állapotára

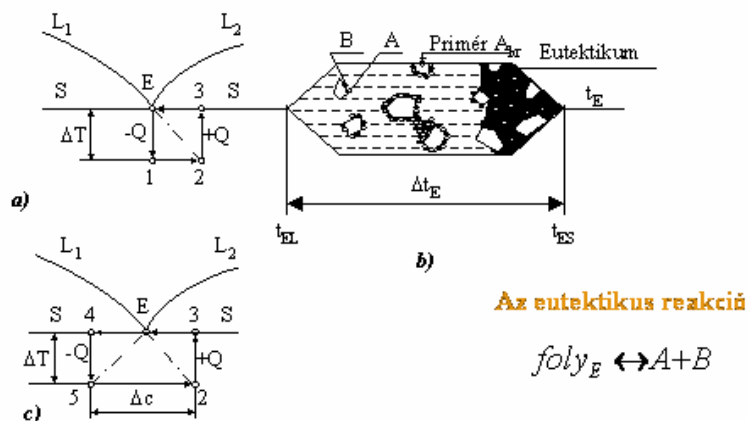


Az egyszerű eutektikus rendszer Tammann-1 állapotára

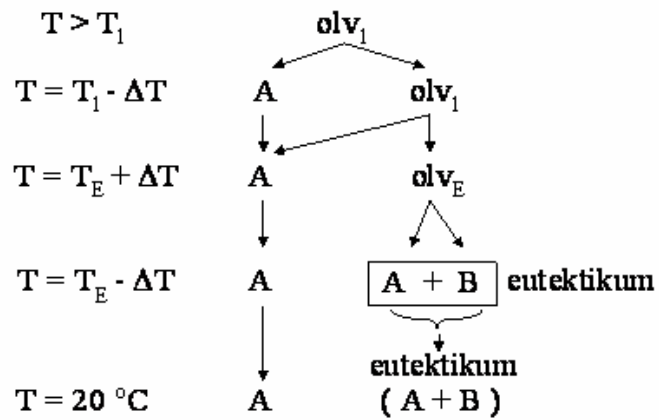
• Jellemzői

- A két alkotó egymást folyékony állapotban korlátlanul oldja \Rightarrow a likvidusz csak görbe szakaszokat tartalmazhat
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást, \Rightarrow a szolidusz csak vízszintes egyenes szakaszokat tartalmazhat
- Mivel a két alkotó sem szilárd oldatot, sem pedig fémes vegyületet nem képez, ezért a kristályosodás során az A és B színtém-kristallitok elegyből álló **eutektikum** keletkezik.

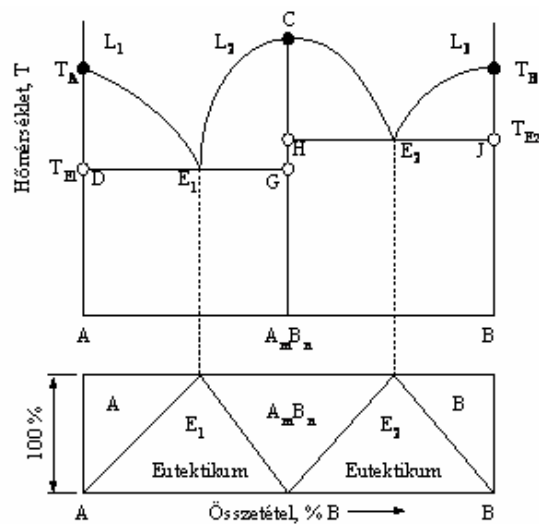
Az eutektikus reakció vázlatos szemléltetése



A kristályosodás folyamatának szemléltetése kristályosodási családfán



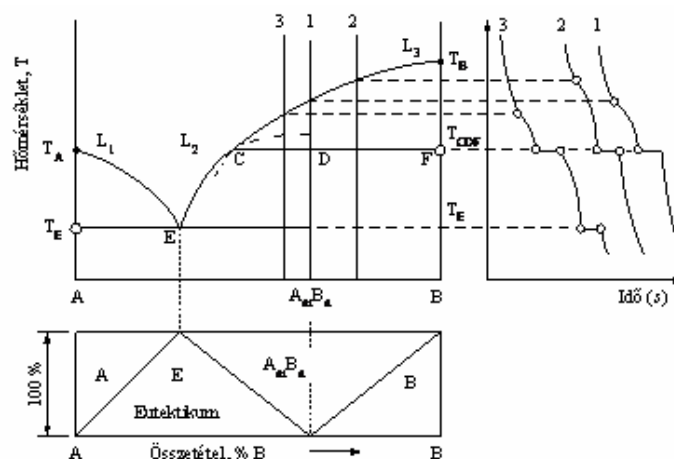
Eutektikus rendszer stabil fémes vegyülettel - a Tammann-2 állapotábra



Eutektikus rendszer stabil fémes vegyülettel - a Tammann-2 állapotára

- Jellemzői
 - A két alkotó egymást folyékony állapotban korlátlanul oldja
 - A primeren kristályosodó fázisok száma három
 - A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást,
 - Az ötvözetrendszerben meghatározott összetétel-nél A_mB_n stabil fémes vegyület keletkezik.
 - Az ötvözetrendszerben két eltérő összetételű eutektikum (E_1 és E_2) keletkezik.

Eutektikus rendszer nem-stabil fémes vegyülettel - a Tammann-3 állapotára



Eutektikus rendszer nem-stabil fémes vegyülettel - a Tammann-3 állapotábra

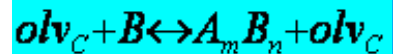
- A két alkotó egymást folyékony állapotban korlátlanul oldja
- A primeren kristályosodó fázisok száma három (A és B színfém, A_mB_n fémes vegyület)
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást,
- Az ötvözetrendszerben peritektikus reakcióval A_mB_n nem-stabil fémes vegyület található, amely állandó hőmérsékleten egy folyékony és egy szilárd fázisra bomlik.
- Az ötvözetrendszerben eutektikum is (E_1) keletkezik.

A peritektikus reakció

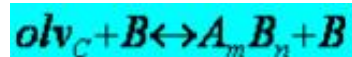
- A Tammann-3 rendszer jellegzetes reakciója a peritektikus reakció $olv_C + B \leftrightarrow A_mB_n$
- amelynek lényege, hogy egy szilárd (B-színfém) és egy folyékony fázis (olv_C) reakciójából egy új szilárd fázis (A_mB_n fémes vegyület) keletkezik állandó $T = T_{CDF}$ hőmérsékleten $\frac{olv_C - DF}{B - CD}$
- a „tisztá peritektikus reakció” mennyiségi

A peritektikus reakció változatai a Tammann-3 rendszerben

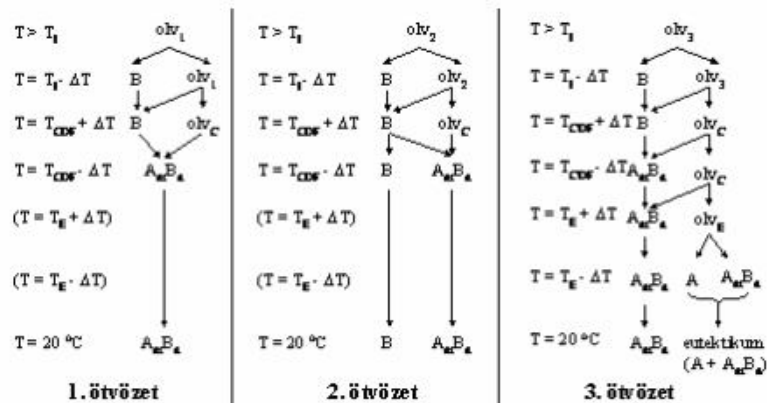
- Ha az ötvözet összetétele az $E - A_m B_n$ összetétel intervallumba esik:



- Ha az ötvözet összetétele az $A_m B_n - B$ összetétel intervallumba esik:



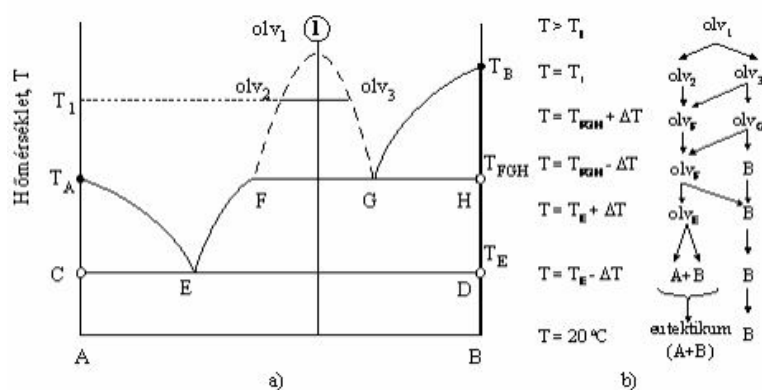
Jellegzetes ötvözetek kristályosodása a Tammann-3 rendszerben



Egyensúlyi diagram monotektikus reakcióval - a Tamman-4 állapotábra

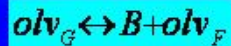
- A két alkotó egymást folyékony állapotban sem oldja korlátlanul: meghatározott összetétel tartományban két különböző összetételű folyadékra válik szét \Rightarrow a likvidusz ezen a szakaszon egyenes
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást,
- Az ötvözetrendszer jellegzetes reakciója a **monotektikus reakció**, amely során egy homogén folyadék fázis (olv_G) állandó hőmérsékleten egy új összetételű folyékony (olv_F) és egy szilárd (B) fázisra bomlik.

Egyensúlyi diagram monotektikus reakcióval - a Tamman-4 állapotábra

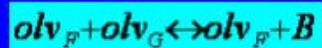


A monotektikus reakció változatai a Tamman-4 rendszerben

- *Tiszta monotektikus reakció* a G-pont összetételének megfelelő ötvözetben:



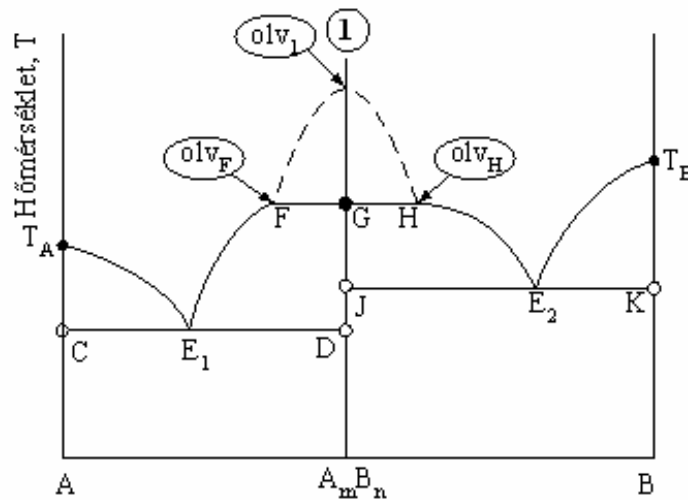
- Ha az ötvözet összetétele az F - G pontok összetétel intervallumába esik „*nem tiszta monotektikus*” reakció megy végbe:



Egyensúlyi diagram szintektikus reakcióval - a Tamman-5 állapotábra

- A két alkotó egymást folyékony állapotban sem oldja korlátlanul: meghatározott összetétel tartományban két különböző összetételű folyadékra válik szét \Rightarrow a likvidusz ezen a szakaszon egyenes
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást,
- Az ötvözetrendszer jellegzetes reakciója a **szintektikus reakció**, amely során két különböző folyadék fázisból (olv_F és olv_G) állandó hőmérsékleten egy új összetételű szilárd fázis ($A_m B_n$) keletkezik.

Egyensúlyi diagram szintektikus reakcióval - a Tamman-5 állapotábra



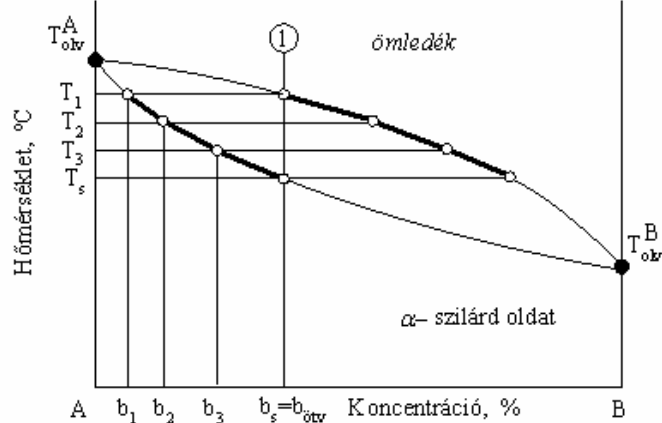
Egyensúlyi diagram korlátlan szilárd oldattal - a Tamman-6 állapotábra

Jellemzői

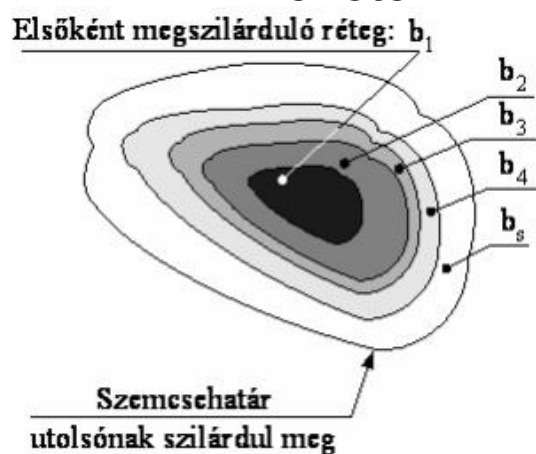
- A két alkotó egymást szilárd és folyékony állapotban egyaránt korlátlanul oldja
- R ebből következően mind a szolidusz, mind a likvidusz, görbe vonalú
- jellegzetessége a szilárd oldatos „vegyes kristály” kialakulása az egyensúlytól eltérő (kvázi-egyensúlyi) hűtés esetén

Korlátlan folyékony és szilárd oldás

a Tamman-6 állanotáhra



A szilárd oldatos kristályosodás menete



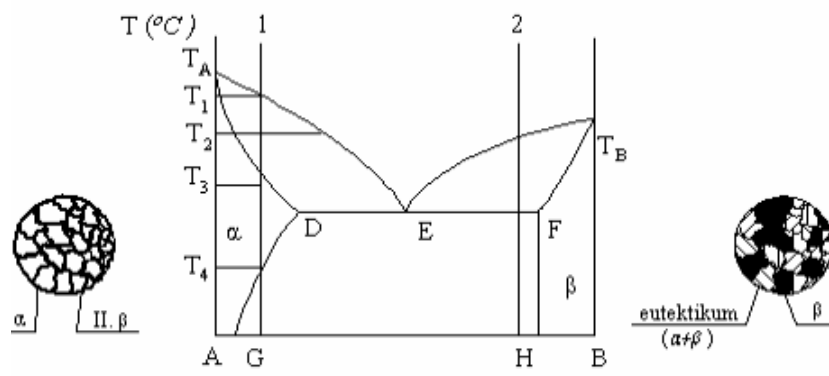
Egyensúlyi diagram korlátolt szilárd oldattal - a Tamman-7 állapotára

Jellemzői

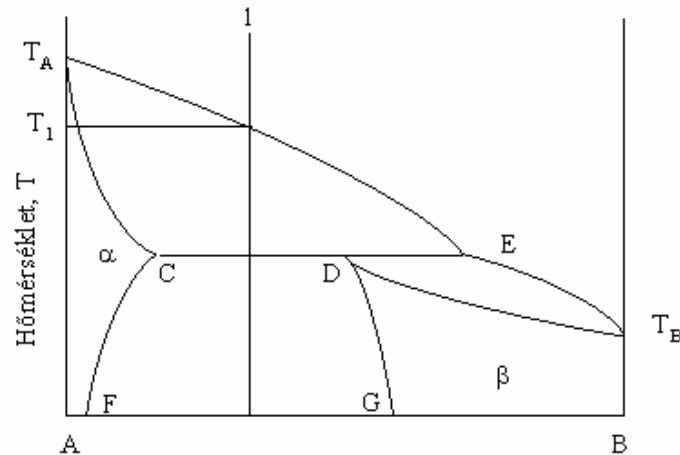
- A két alkotó egymást folyékony állapotban korlátlanul oldja
- Szilárd állapotban a két alkotó korlátolt szilárd oldatot képez (meghatározott összetétel tartományban nem szilárd oldatot, hanem eutektikumot képeznek)
- a szilárd oldat oldóképessége a hőmérséklettel
 - jellemzően csökken (ld. DG-görbe szakasz)
 - lehet állandó (ld. FH-görbe)
 - ritkább esetekben növekedhet is (ld. később)

a
Cu-Zn ötvözet sor)

Egyensúlyi diagram korlátolt szilárd oldattal - a Tamman-7 rendszer



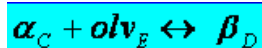
Egyensúlyi diagram szilárd oldatos peritektikus reakcióval - Tamman-8



Egyensúlyi diagram szilárd oldatos peritektikus reakcióval - Tamman-8

Jellemzői

- A két alkotó egymást folyékony állapotban korlátlanul oldja
- Szilárd állapotban a két alkotó korlátozott szilárd oldatot képez: meghatározott összetétel tartományban a b-szilárd oldat peritektikus reakció eredménye az alábbi reakció szerint:



- mindkét szilárd oldat (a- és b) oldóképessége a hőmérséklettel csökken (ld. CF és DG-görbe szakasz)

Kétalkotós egyensúlyi diagramok általánosítható törvényszerűségei - I.

A folyékony állapotra vonatkozó törvényszerűségek

- A folyékony állapotbeli oldhatóságra a likvidusz görbe alakja jellemző
 - ℞ korlátlan oldódás \Rightarrow görbe likvidusz-ágak (T1,T2,T3,T6,T7,T8)
 - ℞ korlátolt folyékony oldás \Rightarrow a likvidusznak egyenes szakaszai is vannak (T4,T5)
- a primeren kristályosodó fázisok száma = likviduszgörbe ágainak száma

Kétalkotós egyensúlyi diagramok általánosítható törvényszerűségei - II

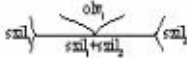
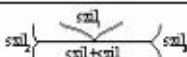
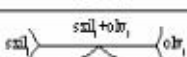
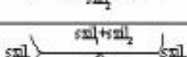
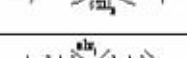
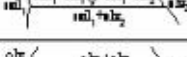
a szilárd állapotra vonatkozó törvényszerűségek

- szilárd állapotbeli oldóképességre a szolidusz alakja jellemző
 - ℞ nincs szilárd oldat \Rightarrow csak egyenes szolidusz szakaszok (T1,T2,T3,T4,T5)
 - ℞ korlátolt szilárd oldat \Rightarrow görbe és egyenes szolidusz ágak (T7,T8)
 - ℞ korlátlan szilárd oldódás \Rightarrow csak görbe szolidusz (T6)
- szilárd oldatok száma = szolidusz görbe ágainak száma

Kétalkotós egyensúlyi diagramok általánosítható törvényszerűségei - III.

- Az egyensúlyi diagramban bármilyen irányban vonalat metszve a fázisok számának eggyel változnia kell, az alábbi kiegészítő értelmezéssel
 - a non-variáns reakciók vízszintes egyenese végtelen kis hőfokközű ($\Delta T \rightarrow 0$) háromfázisú heterogén mezőt jelent
 - a fémes vegyület függőleges egyenese végtelen kis koncentrációközű ($\Delta c \rightarrow 0$) egyfázisú homogén mezőt jelent

Kétalkotós egyensúlyi diagramok jellegzetes non- variáns reakciói

A reakció típusa	A reakció-egyenlet	Jellemző diagram részlet
eutektikus	$olv_1 \leftrightarrow szil_1 + szil_2$	
eutektoidos	$szil_1 \leftrightarrow szil_2 + szil_3$	
peritektikus	$olv_1 + szil_1 \leftrightarrow szil_2$	
peritektoidos	$szil_1 + szil_2 \leftrightarrow szil_3$	
monotektikus	$olv_1 \leftrightarrow szil_1 + olv_2$	
szintektikus	$olv_1 + olv_2 \leftrightarrow szil_1$	

Háromalkotós ötvözet- rendszerek

Csak **térbeli diagramokkal** szemléltethetők

– a koncentrációk jelölésére két dimenzió:
egy

egyenlő oldalú háromszög síkidom oldalai

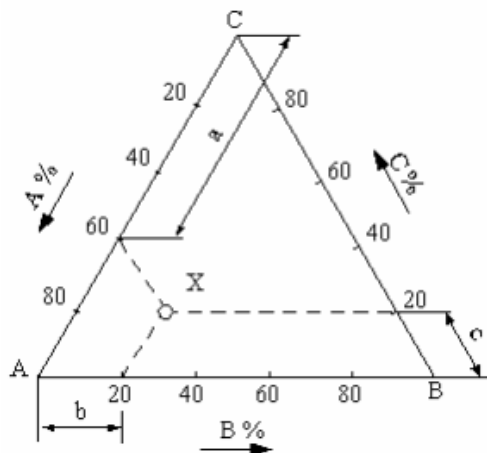
R a háromszög csúcsai az A, B, C
színfémeket

R az oldalak páronként két alkotós
ötvözeteket

R a háromszög belső pontjai háromalkotós
ötvözeteket jelentenek

– a hőmérséklet jelölésére e síkra
merőleges

Háromalkotós egyensúlyi diagram koncentrációs alapháromszöge



Fe-Cr-Ni háromalkotós ötvözetrendszer $T=650^{\circ}\text{C}$ -os izotermás metszete

