

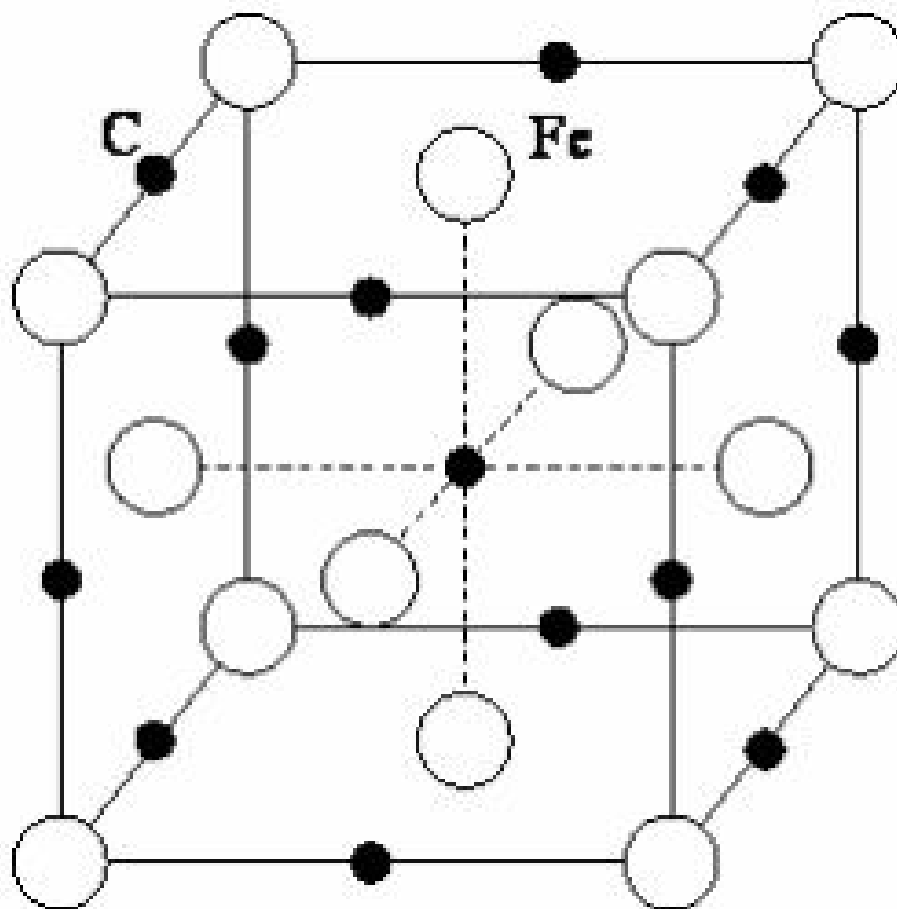
5 előadás

Anyagismeret

Ötvözet

- Legalább látszatra egynemű fémes anyag, amit két vagy több alkotó különböző módszerekkel való egyesítése után állítunk elő. Alapötvenző 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 ötvözetrendszerekkel kapcsolatos alapfogalmak

A kétalkotós ötvözet fogalma

Az alkotók

- alapfém, alapötvöző
- a másik alkotó az ötvözőelem

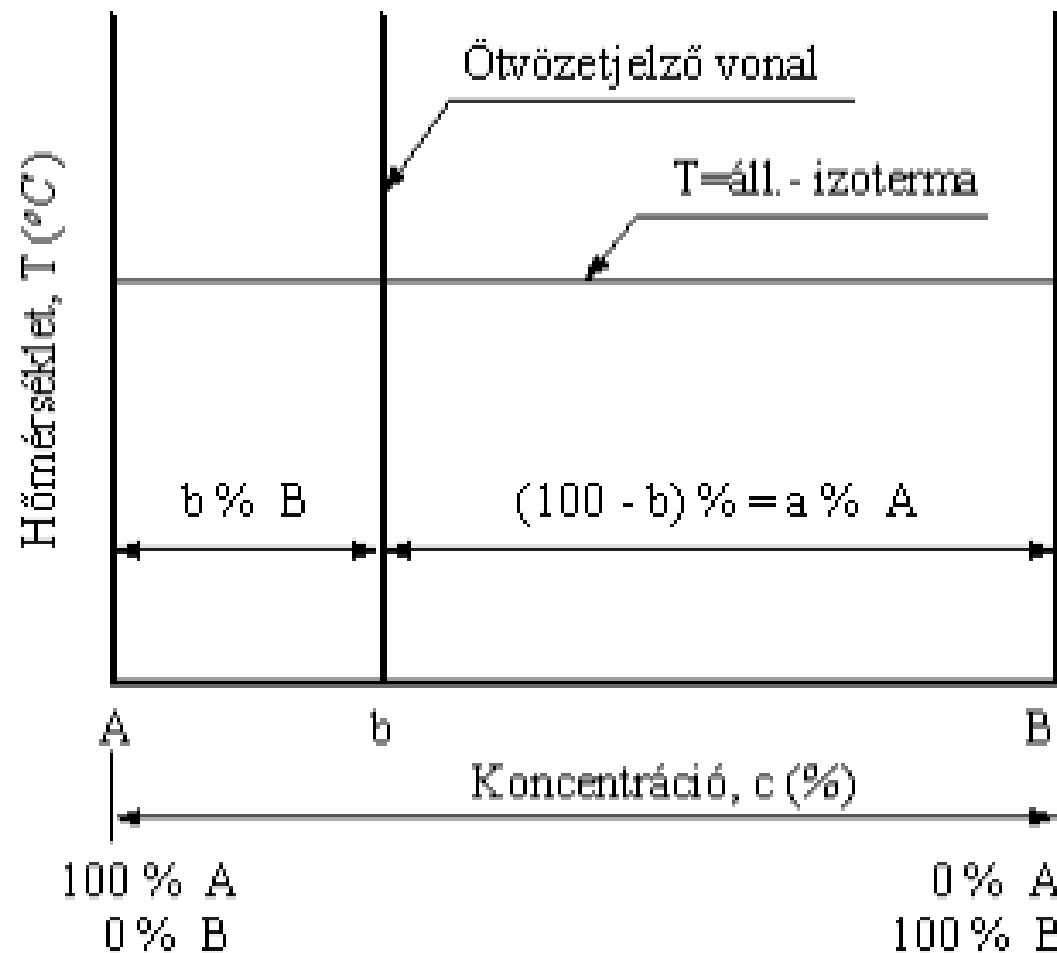
Az egyensúlyi diagram, az állapotábra értelmezése

- 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



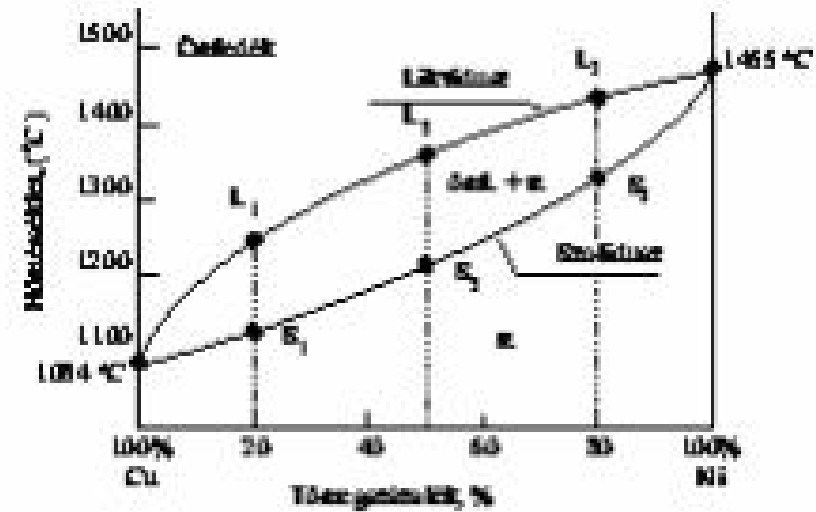
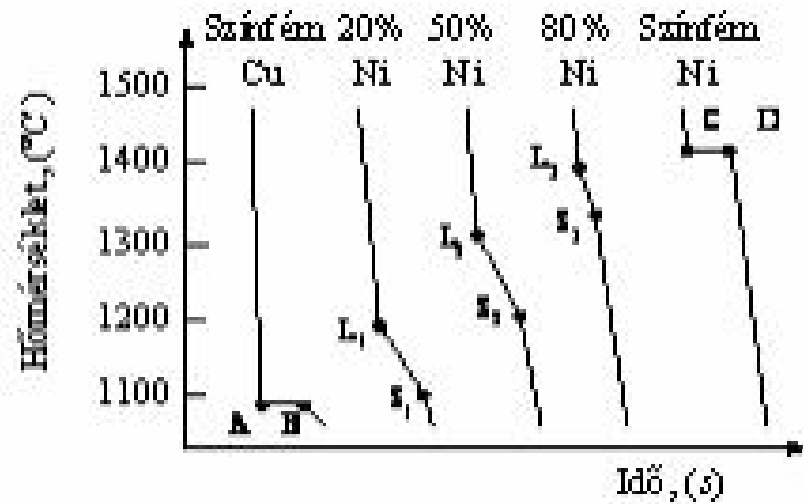
Az egyensúlyi diagramokkal kapcsolatos további alapfogalmak

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

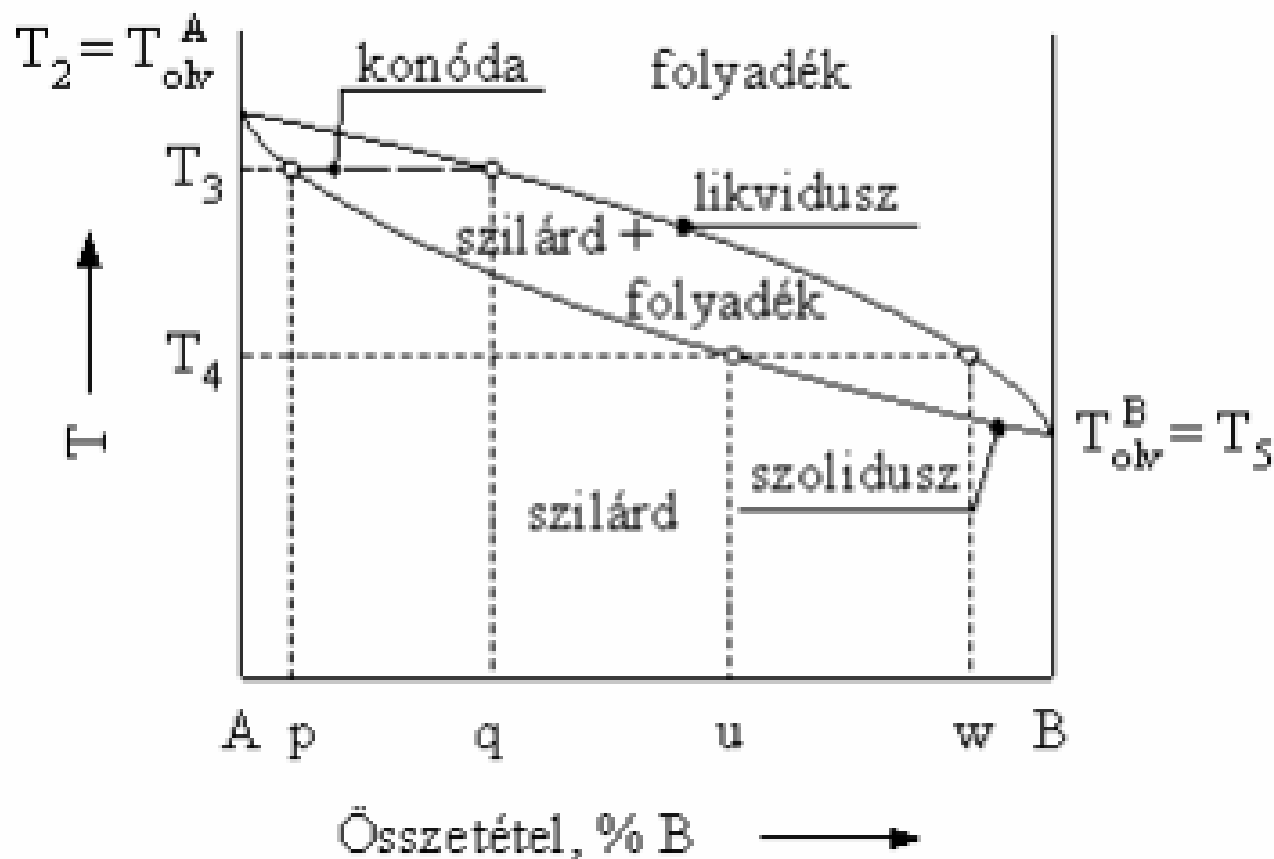
Kétalkotós egyensúlyi diagramok szerkesztése

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

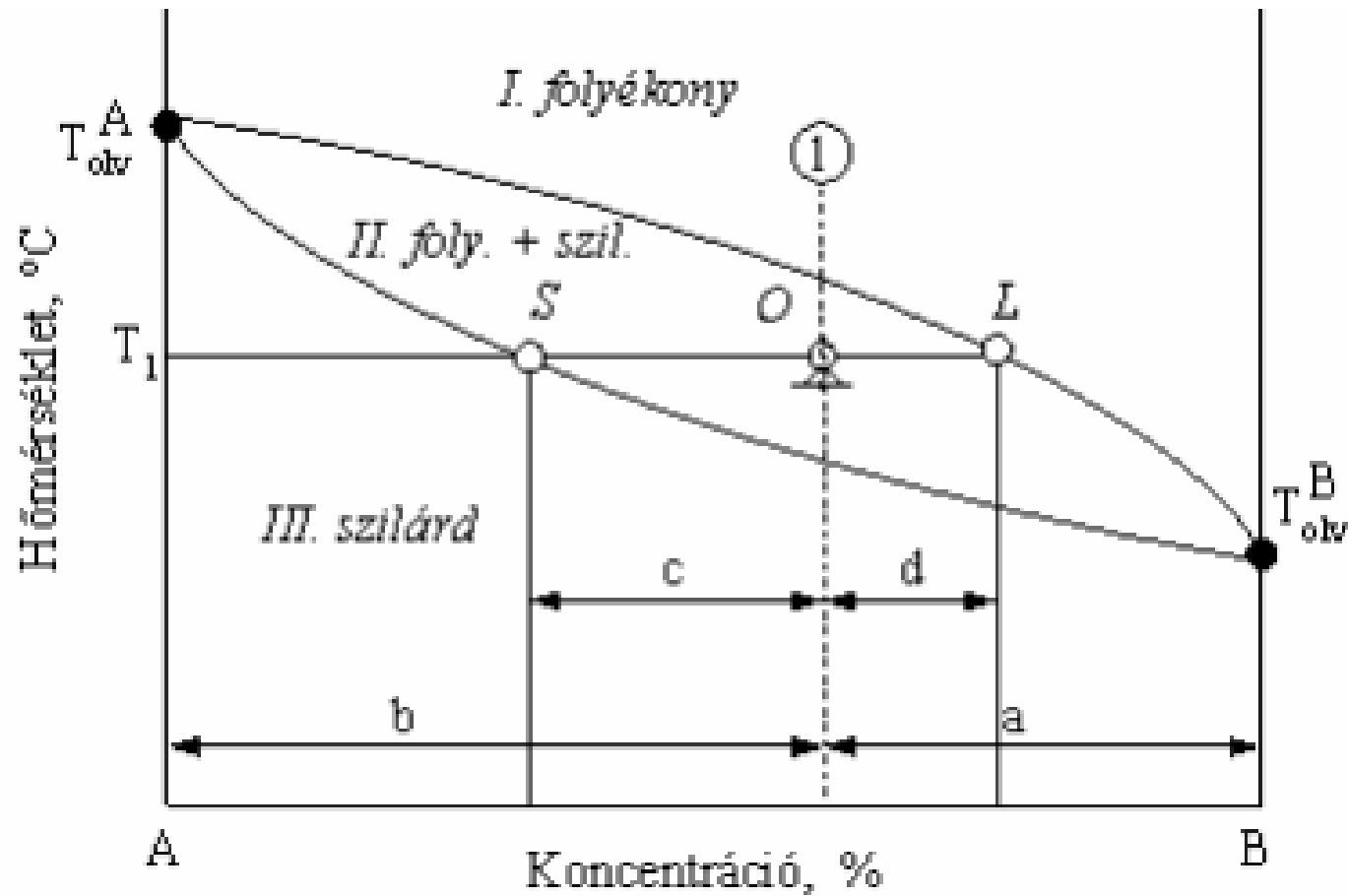
Az egyensúlyi diagram meghatározása a ötvözetek kísérleti hűlésgörbéi alapján



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

$$\frac{a}{100} \times 1\text{kg} \quad \text{az A - fém,}$$

$$\frac{b}{100} \times 1\text{kg} \quad \text{a B - fém}$$

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

a szilárd fázisban

$$\frac{b-c}{100}x$$

a folyékony fázisban

$$\frac{b+d}{100}(1-x)$$

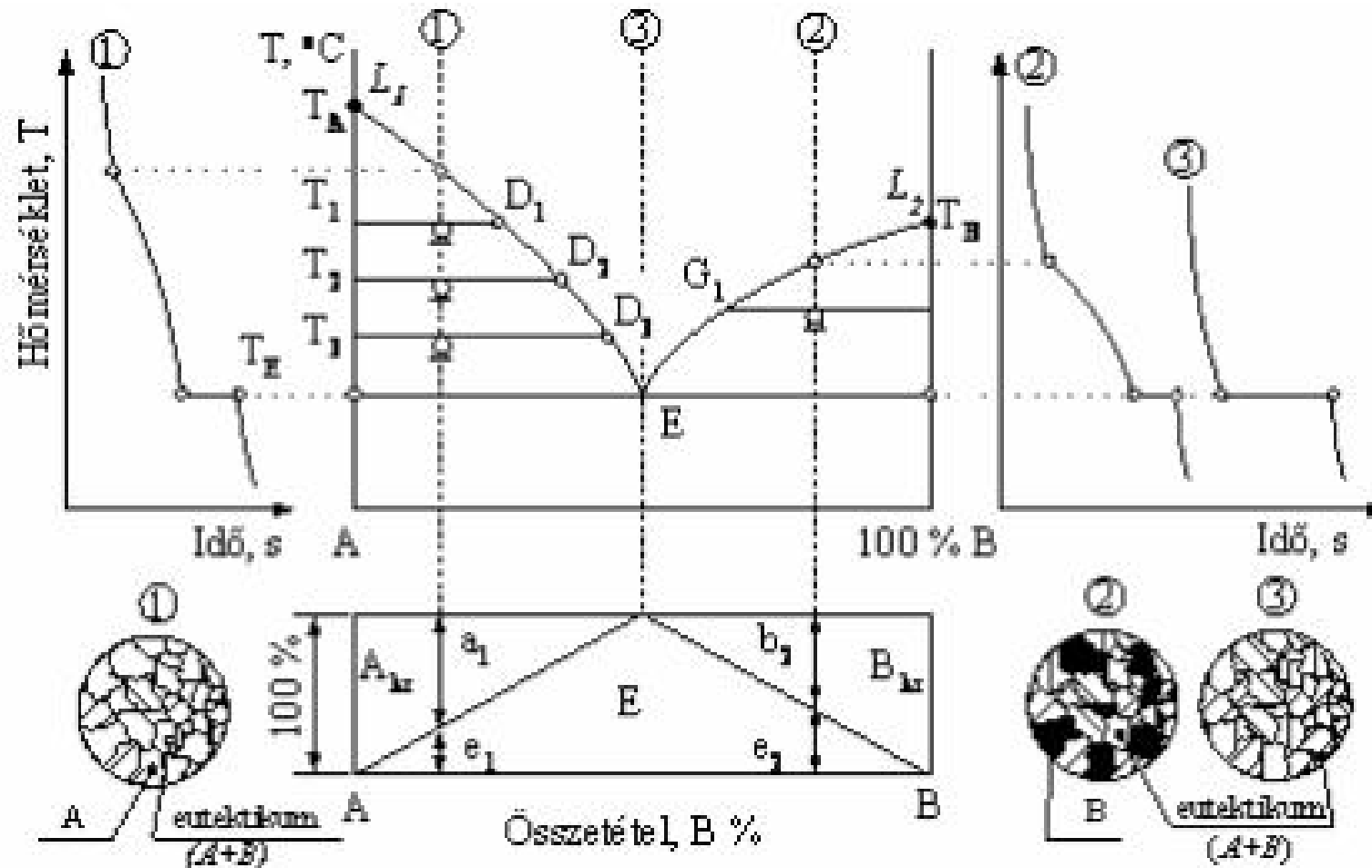
Eszményi, kétalkotós diagramok elemzése

- 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

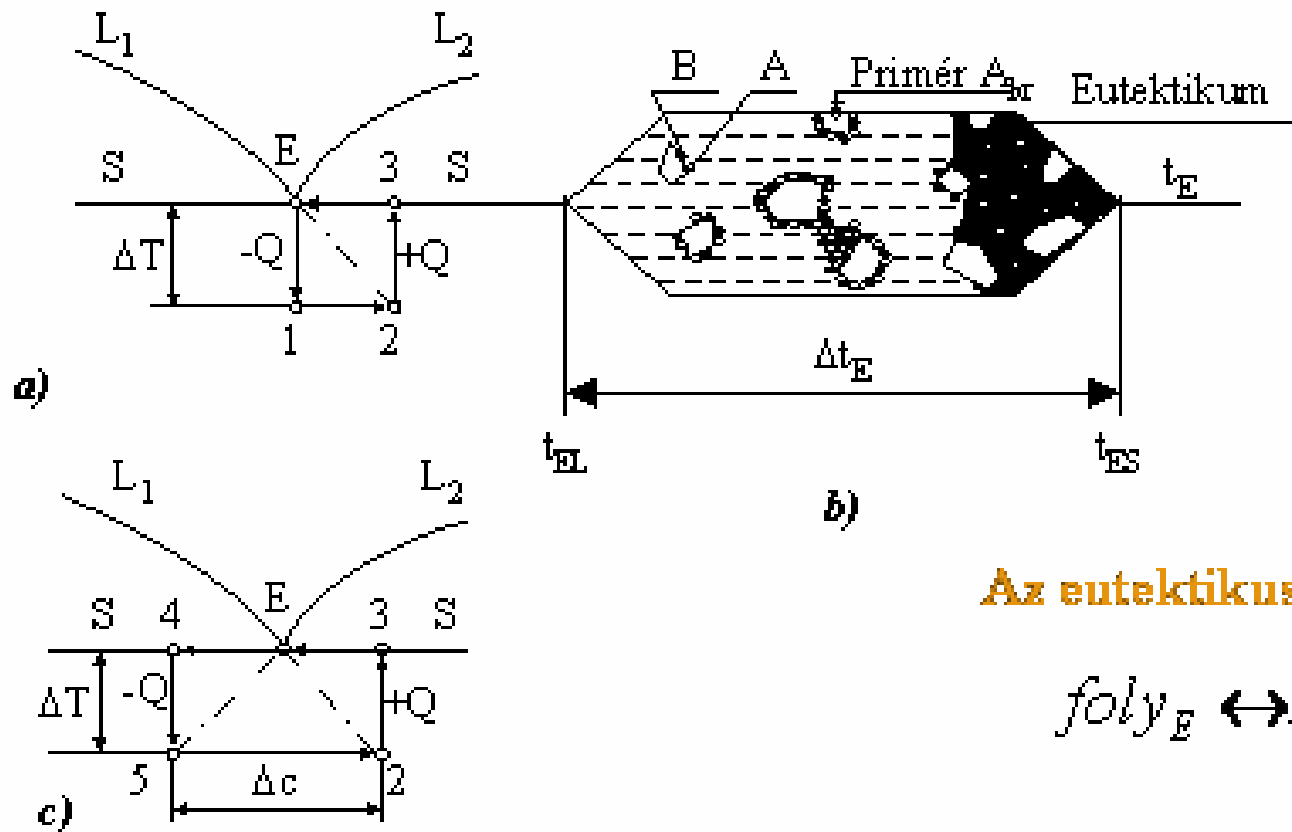


Az egyszerű eutektikus rendszer Tammann-1 állapotábra

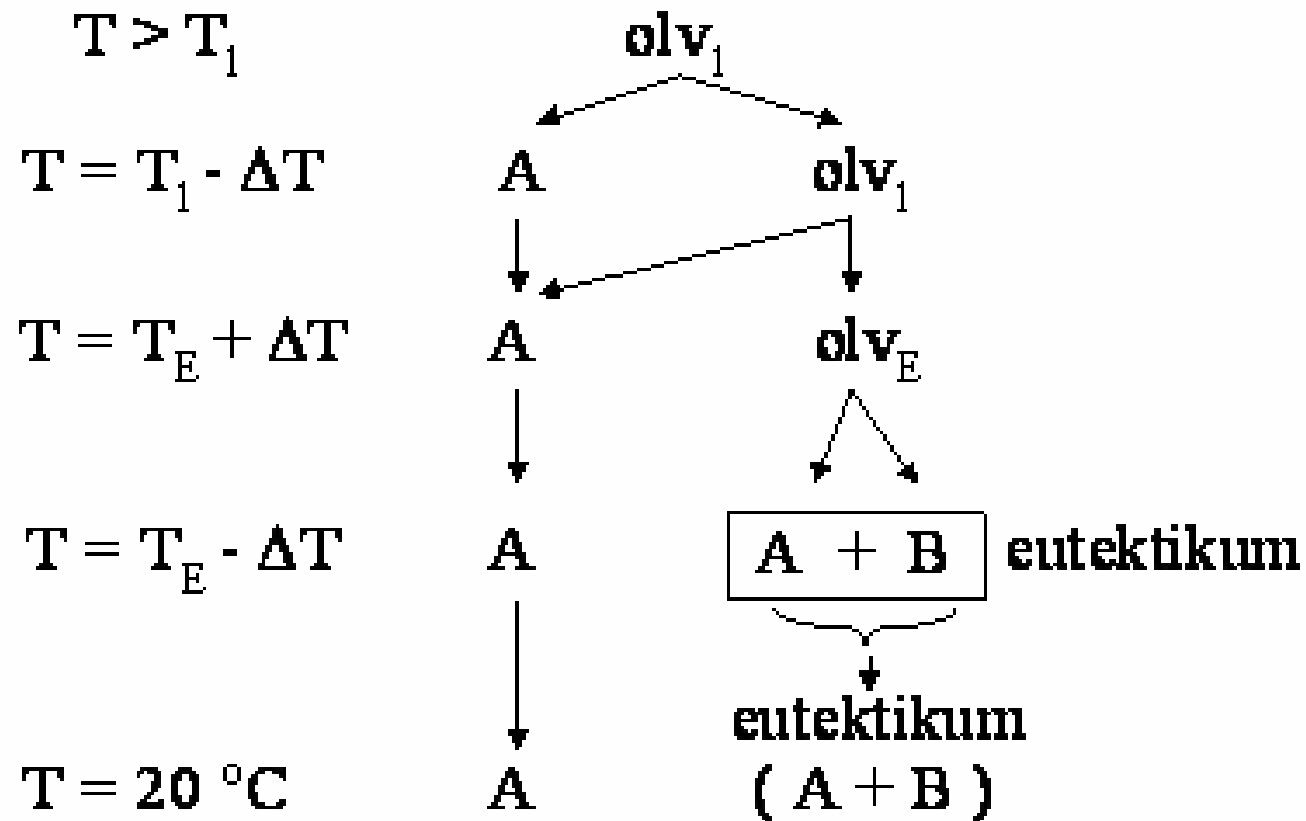
■ Jellemzői

- 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 színfém-krisztallitok elegyéből álló eutektikum keletkezik.

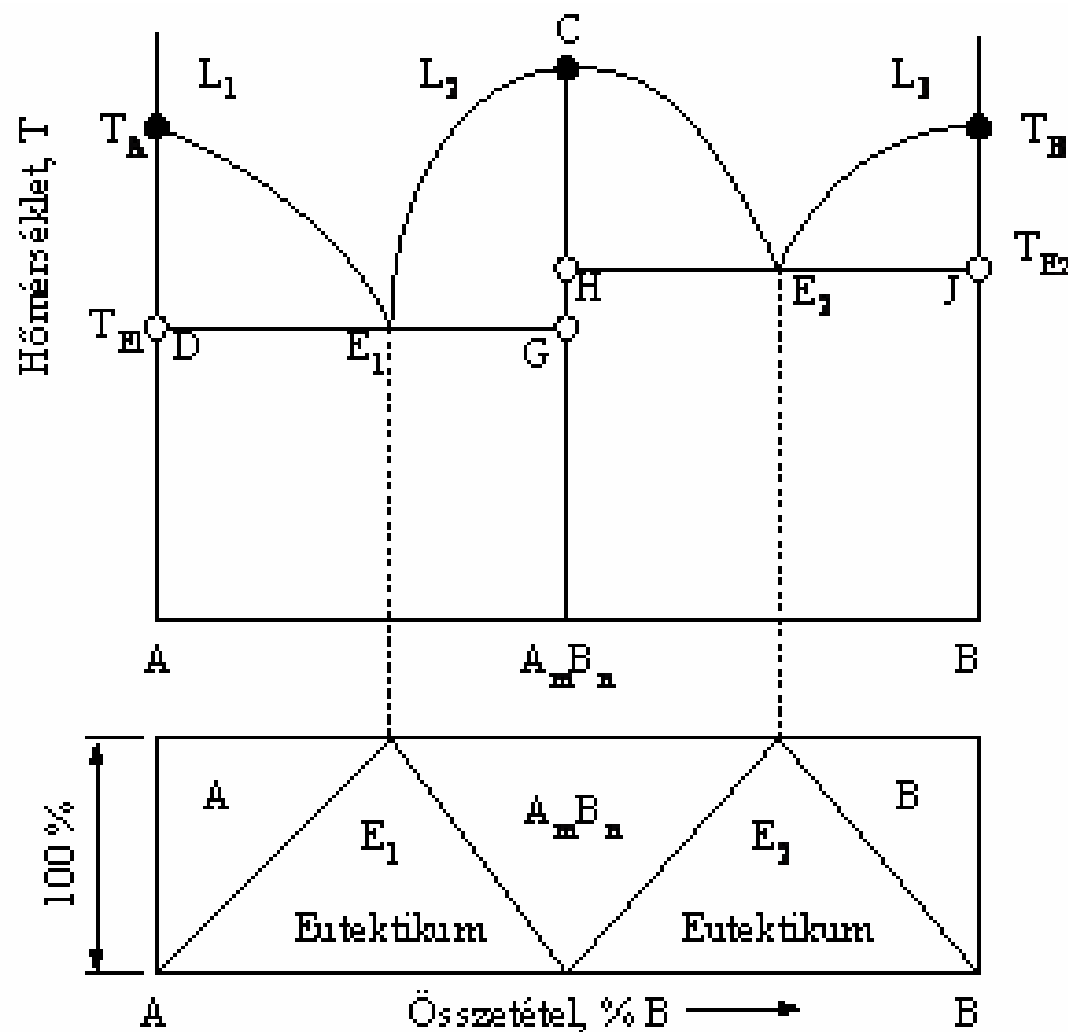
Az eutektikus reakció vázlatos szemléltetése



A kristályosodás folyamatának szemléltetése kristályosodási családfán



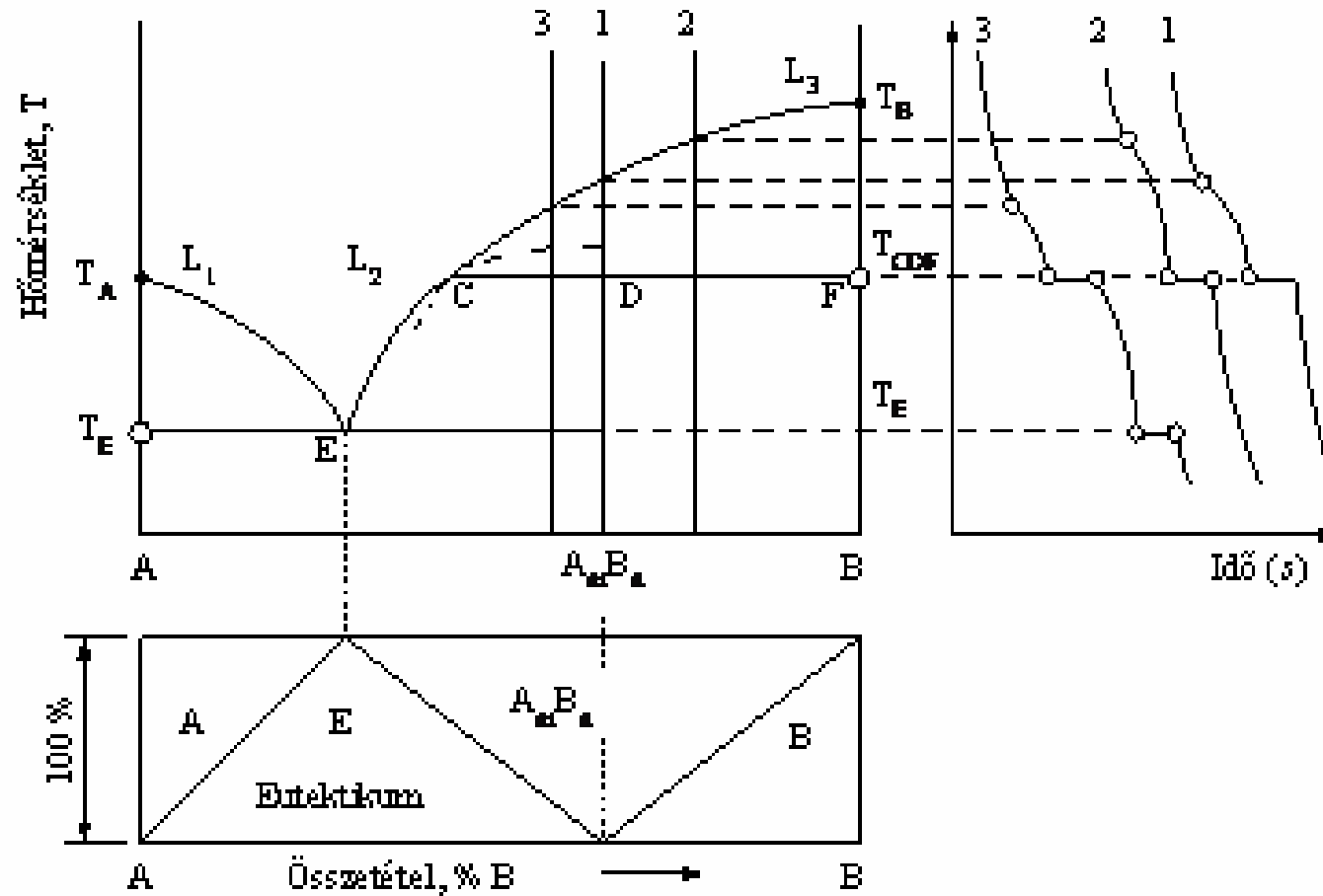
Eutektikus rendszer stabil fémes vegyülettel - a Tammann-2 állapotára



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 állapotábra



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



- amelynek lényege, hogy egy szilárd (B-színfém) és egy folyékony fázis (olv_C) reakciójából egy új szilárd

fázis ($A_m B_n$ fémes vegyület) keletkezik állandó

$T = T_{CDF}$ hőmérsékleten

- a „tisztá peritektikus reakció” mennyiségi feltétele

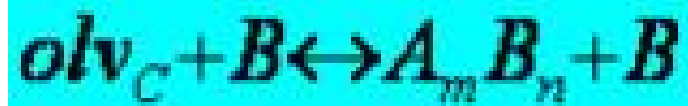
$$\frac{olv_C}{B} = \frac{\overline{DF}}{\overline{CD}}$$

A peritektikus reakció változatai a Tammann-3 rendszerben

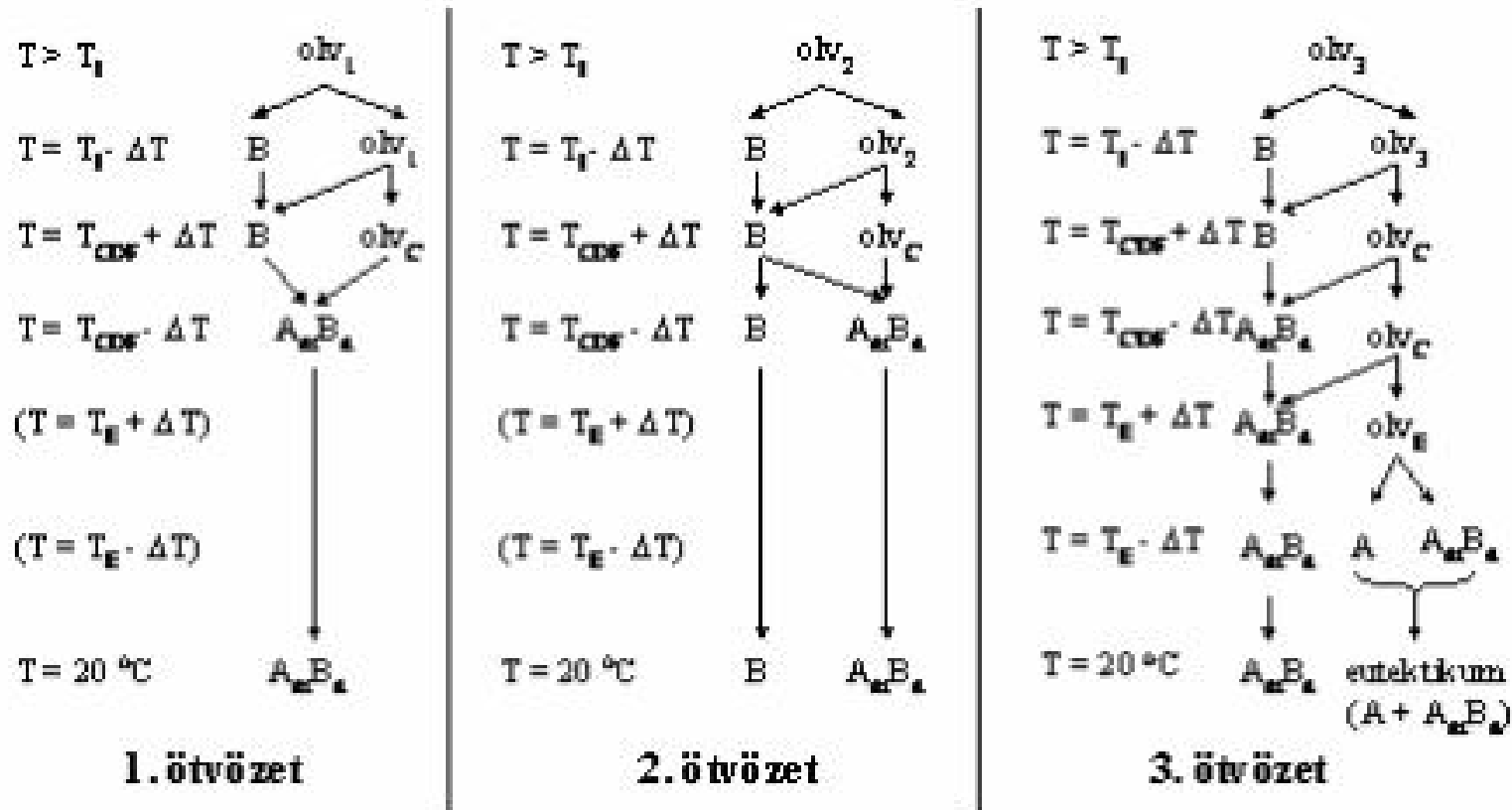
- Ha az ötvözet összetétele az $E - A_m B_n$ összetétel intervallumba esik:



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



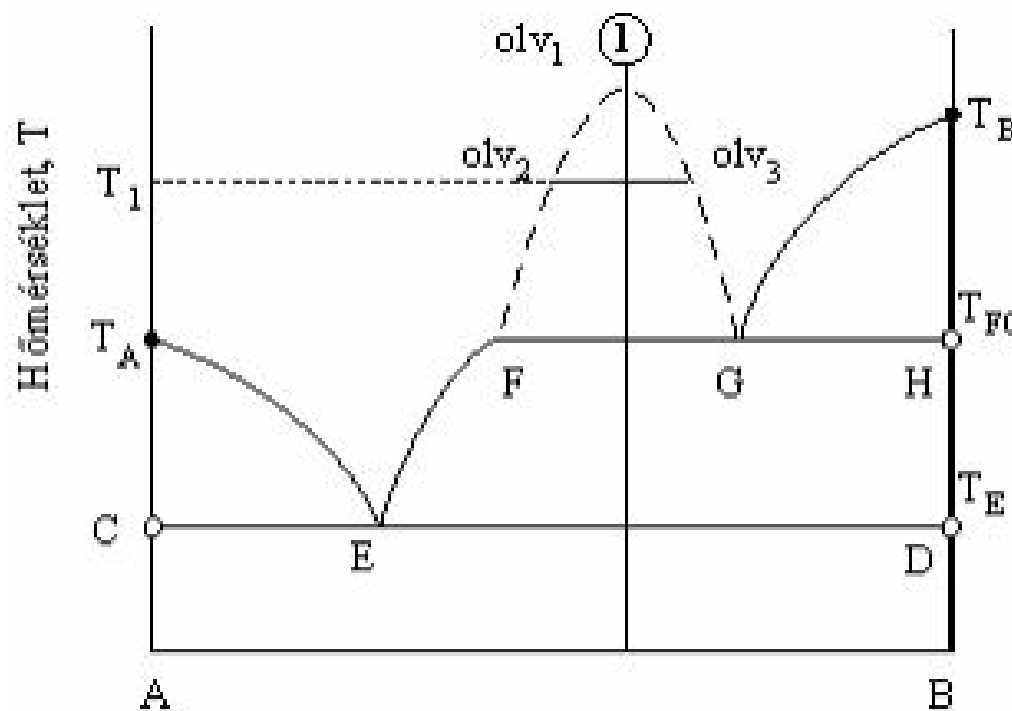
Jellegzetes ötvözetek kristályosodása a Tammann-3 rendszerben



Egyensúlyi diagram monotektikus reakcióval - a Tamman-4 állapotábra

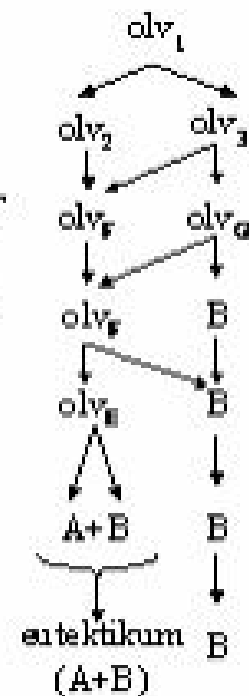
- A két alkotó egymást folyékony állapotban sem oldja korlátlanul: meghatározott összetétel tartományban két különböző összetételű folyadékra válik szét $\Rightarrow$ a likvidusz ezen a szakaszon egyenes
- A két alkotó szilárd állapotban egyáltalán nem oldja egymást,
- Az ötvözetrendszer jellegzetes 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)

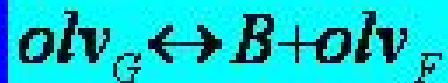
$T > T_1$
 $T = T_1$
 $T = T_{FGH} + \Delta T$
 $T = T_{FGH} - \Delta T$
 $T = T_E + \Delta T$
 $T = T_E - \Delta T$
 $T = 20^\circ\text{C}$



b)

A monotektikus reakció változatai a Tamman-4 rendszerben

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



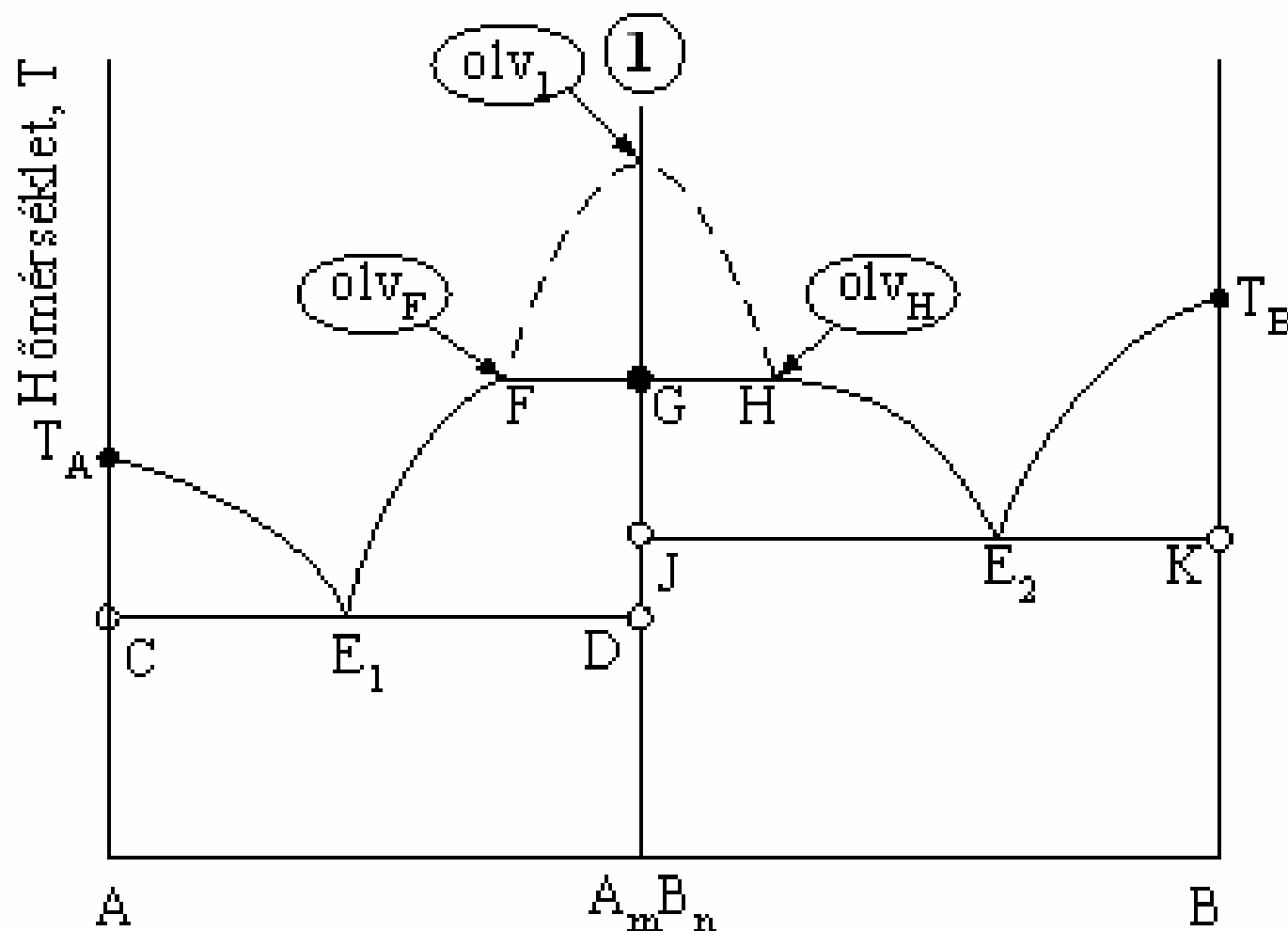
- Ha az ötvözet összetétele az F - G pontok összetétel intervallumába esik „*nem tiszta monotektikus*” reakció megy végbe:



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_H) állandó hőmérsékleten egy új összetételű szilárd fázis (A_mB_n) keletkezik.

Egyensúlyi diagram szintektikus reakcióval - a Tamman-5 állapotára

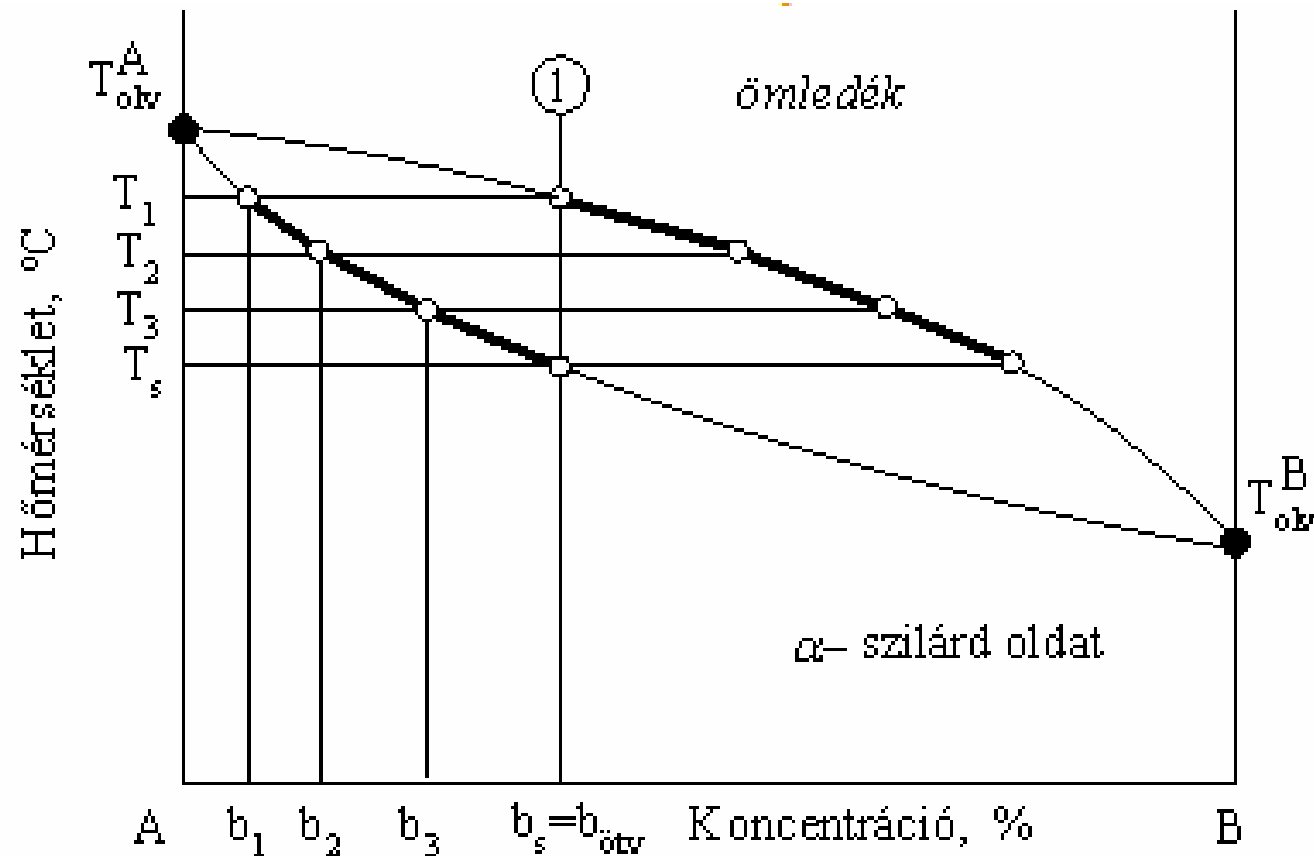


Egyensúlyi diagram korlátlan szilárd oldattal - a Tamman-6 állapotára

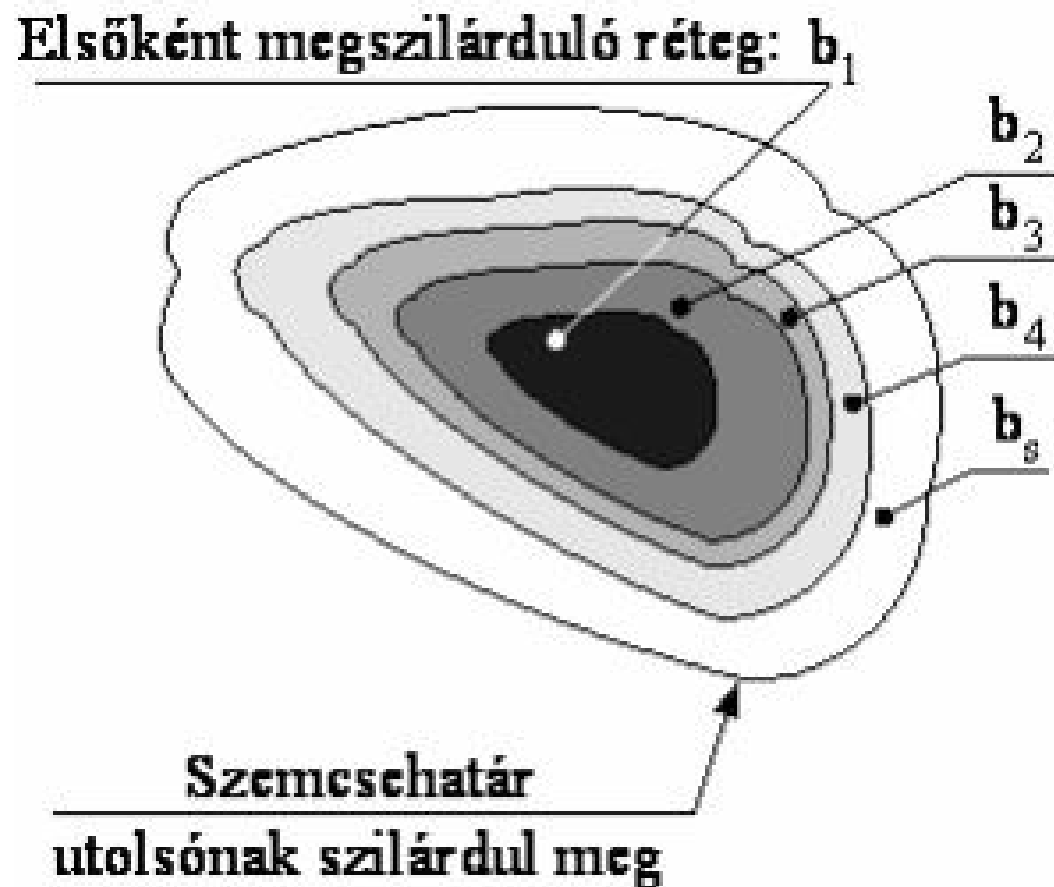
Jellemzői

- 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 állapotábra



A szilárd oldatos kristályosodás menete

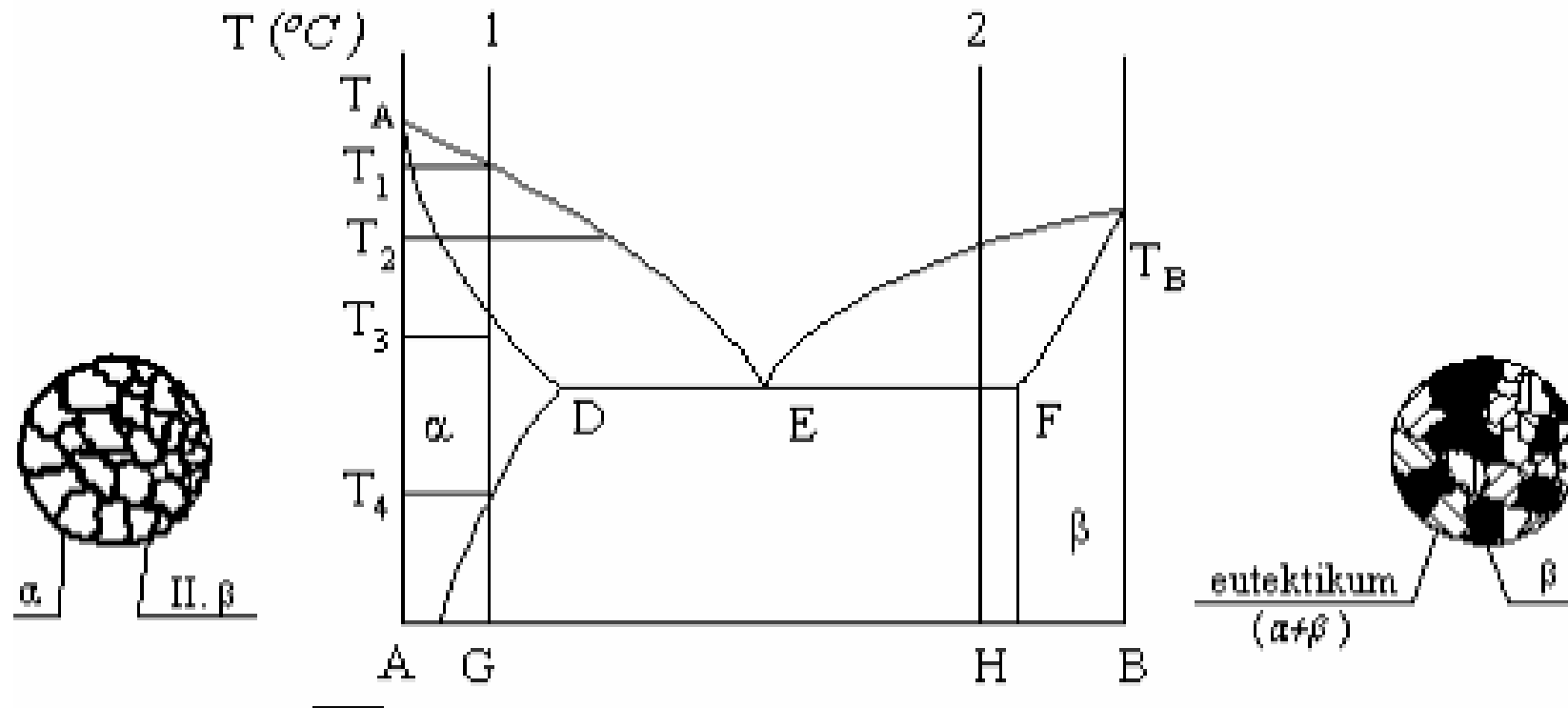


Egyensúlyi diagram korlátolt szilárd oldattal - a Tamman-7 állapotábra

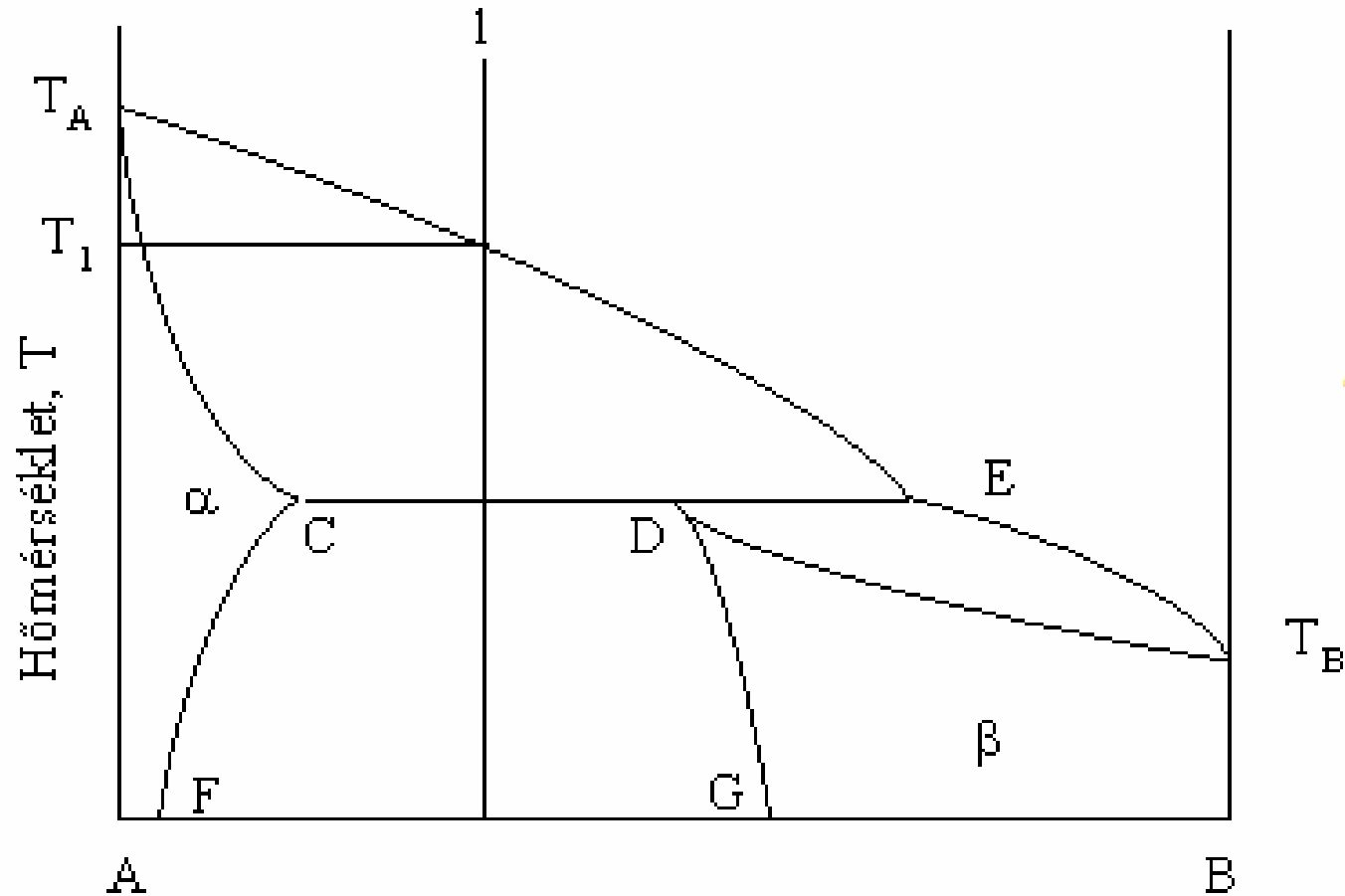
Jellemzői

- 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)

- ℞ korlátozott 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)

- ℞ korlátozott 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

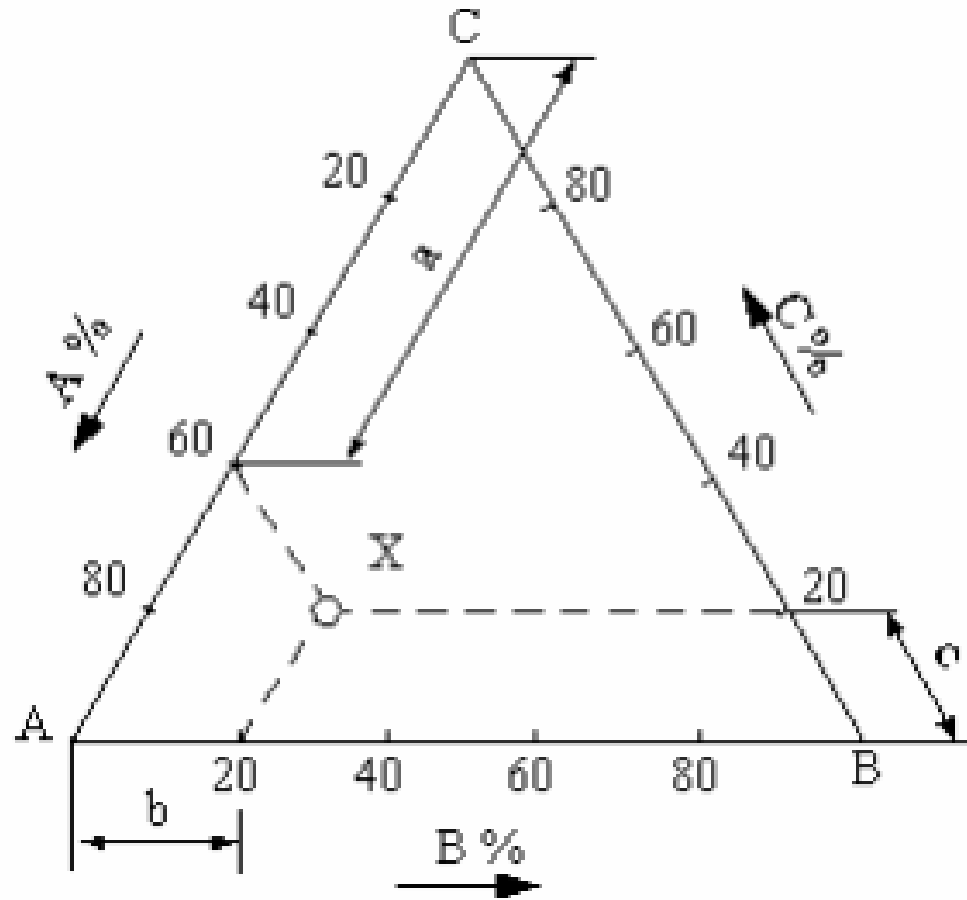
ötvözeteket

R a háromszög belső pontjai háromalkotós

ötvözeteket jelentenek

- a hőmérséklet jelölésére e síkra merőleges harmadik dimenzió szolgál

Háromalkotós egyensúlyi diagram koncentrációs alapháromszöge



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

