Anyagtudomány és Technológia Tanszék

# Kétalkotós egyensúlyi fázisdiagramok (állapotábrák)

Dr. Szabó Péter János
szabo.peter.janos@gpk.bme.hu

Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat
BMEGEMTBGA1

1

## Kétalkotós állapotábrák

Állapotábra: a koncentráció és a hőmérséklet függvényében mutatja meg az ötvözet egyensúlyi fázisait.

A gyakorlatban: 2 és 3 alkotós állapotábrák.

Lehetséges kétalkotós állapotábrák száma

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

n = 90 alkotó esetén N = 4005,
és n = 50 esetén is 1225 állapotábra lehetséges.

2

2

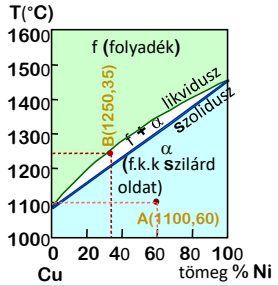
## Állapotábra használata 1.

Ha adott a hőmérséklet (T) és a koncentráció (C), meghatározható a fázisok száma és minősége.

- **Példák:**

A(1100,60):
1 fázis: α

B(1250,35):
2 fázis: f + α




3

3

## Állapotábra használata 2.

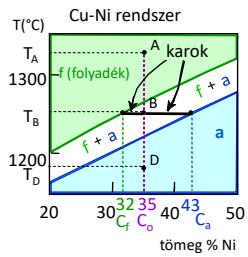
Adott hőmérsékleten és az ötvözet adott koncentrációjánál meghatározható ez egyensúlyt tartó fázisok koncentrációja.

$C_o$= 35% Ni

$T_A$- nál
csak folyékony oldat
$C_f$=$C_o$ =35%Ni

$T_D$-nél
csak **α** szilárd oldat
$C_\alpha$=$C_o$=35% Ni

$T_B$-nél
két fázis (α+f)
$C_f$ =$C_{likvidusz}$ =32% Ni
$C_\alpha$=$C_{szolidusz}$=43%Ni




4

4

## Állapotábra használata 2.

Fázisok: szilárd oldat ($G_{sz}$), folyékony oldat ($G_f$)
Kétfázisú tartományban az ötvözet szabadenergiája, ha *x* a szilárd fázis mennyisége, *1-x* a folyadék mennyisége:

$$G_ö = G_{sz}x + G_f(1-x) = G_f + (G_{sz} - G_f)x$$

$$C_ö = C_{sz}x + C_f(1-x) \rightarrow x = \frac{C_ö - C_f}{C_{sz} - C_f}$$

$$G_ö = G_f + (G_{sz} - G_f)\frac{C_ö - C_f}{C_{sz} - C_f}$$

$$a = C_ö - C_f, \quad b = C_{sz} - C_ö \rightarrow x = \frac{a}{a+b}$$

$$y = 1 - x = \frac{b}{a+b}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{a}{b} \rightarrow xb = ya$$

5

5

## Állapotábra használata 3.

Adott hőmérsékleten és az ötvözet adott koncentrációjánál meghatározható ez egyensúlyt tartó fázisok mennyisége

$C_o$= 35% Ni

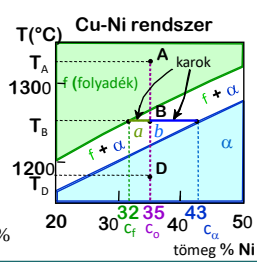
$T_A$ – nál csak folyadék
100 % folyadék, 0% **α**

$T_D$-nél csak **α** szilárd oldat
100 % **α**, 0% folyadék

$T_B$-nél két fázis **α**+folyadék

$$x(\alpha) = \frac{a}{a+b} = \frac{35-32}{43-32} = 27\%$$

$$y(folyadék) = \frac{b}{a+b} = \frac{43-35}{43-32} = 73\%$$




6

6

## Gibbs-féle fázisszabály

Ha egy zárt termodinamikai rendszerre érvényes állapotváltozók számából levonjuk a rendszerre felírható egyenletek számát, akkor a

*szabadsági fokok*

számát kapjuk meg.

Általánosan: Sz = K - F + 2

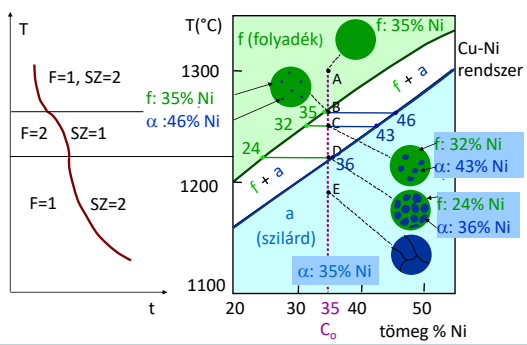
Fémtanban: Sz = K - F + 1

(a nyomás állandónak tekinthető)

7

7

## Állapotábra használata 4.

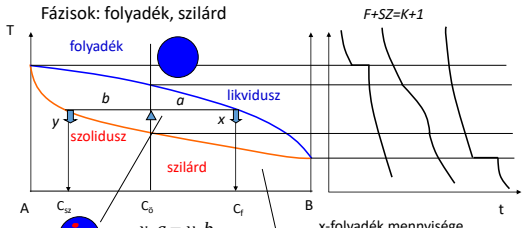



8

8

## Állapotábra korlátlan oldhatósággal folyékony és szilárd állapotban

Fázisok: folyadék, szilárd




$$x \cdot a = y \cdot b$$

$$x + y = 1$$

Emelőkar szabály

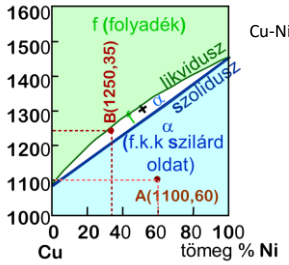
x-folyadék mennyisége, egységnyi tömegű anyagban
y=1-x- szilárd fázis mennyisége az egységnyi tömegű anyagban

9

9

## Állapotábra korlátlan oldhatósággal folyékony és szilárd állapotban

A likvidusz és a szolidusz a teljes koncentrációs tartományban görbe, ezért folyékony és szilárd állapotban egyaránt korlátlanul oldja egymást a két alkotó (izomorf rendszer).




Cu-Ni rendszer

10

10

## Inhomogén és egyensúlyi fázisok

$C_a$ változik a dermedés során.

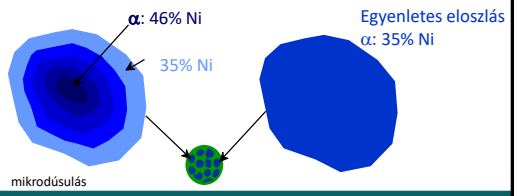
Cu-Ni rendszer:

Az első megszilárdult α $C_\alpha$ = 46% Ni

Az utolsó megszilárdult α $C_\alpha$ = 35% Ni

Nagy hűlési sebesség, inhomogén szerkezet

Kis hűlési sebesség, egyensúlyi szerkezet

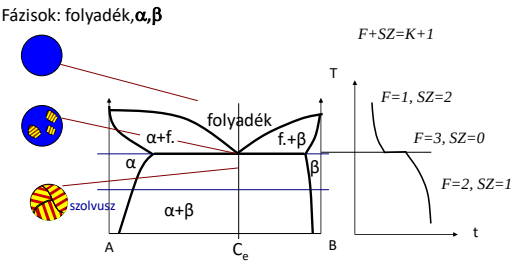



11

11

## Eutektikus állapotábra

Fázisok: folyadék,α,β




$F+SZ=K+1$

$F=1, SZ=2$

$F=3, SZ=0$

$F=2, SZ=1$

$folyadék \rightarrow \alpha + \beta$ állandó hőmérsékleten

Eutektikus reakció

12

12

## Az állapotábra jellemzői

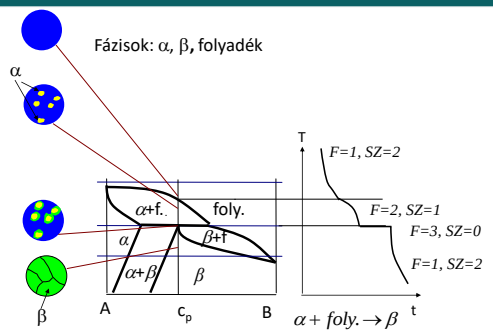
- A két alkotó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymást, a likvidusz görbe szakaszokat tartalmaz.
- A két alkotó szilárd állapotban korlátolt oldódású fázisokat (α, β ) alkot, a szolidusz  két görbe és egy egyenes szakaszból áll.
- Az egyenes szakaszú tartományban nincs oldódás és az α, β fázisok elegyéből álló eutektikum keletkezik.

13

13

## Peritektikus állapotábra

Fázisok: α, β, folyadék




$\alpha + foly. \rightarrow \beta$

Peritektikus reakció

14

14

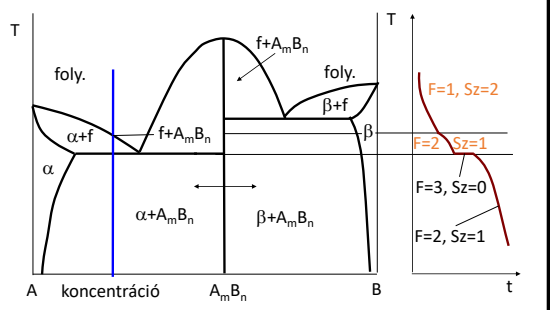
## Az állapotábra jellemzői

- A két alkotó  folyékony állapotban korlátlanul oldja  egymást.
- Szilárd állapotban a két alkotó korlátolt szilárd oldatot alkot (α,β). Meghatározott összetételnél peritektikus reakció játszódik le.
- A szilárd oldatok oldóképessége a hőmérséklettel változik.

15

15

## Állapotábra intermetallikus vegyülettel




16

## Az állapotábra jellemzői

- A két alkotó folyékony állapotban korlátlanul oldja egymást.
- A folyadékból három szilárd fázis kristályosodik (α,β $A_mB_n$)
- A két alkotó egy jelentős koncentráció tartományban nem oldja egymást. Meghatározott koncentrációnál $A_mB_n$ fémes vegyület keletkezik.
- Az ötvözetrendszerben két eltérő összetételű eutektikum is keletkezik.

17

## Kétalkotós állapotábrák törvényszerűségei

**Folyékony állapotban**
Az oldhatóságra a likvidusz alakja a jellemző.
Korlátlan oldás : teljes tartományban a likvidusz görbe alakú.
Korlátolt oldás : a likvidusznak egyenes szakaszai is vannak.
A folyadékból kristályosodó fázisok száma: a likvidusz görbe ágainak a száma.

**Szilárd állapotban**
Az oldhatóságra a szolidusz alakja a jellemző.
Korlátlan oldás: teljes tartományban a szolidusz görbe alakú.
Korlátolt oldás: a szolidusznak egyenes szakaszai is vannak.
Szilárd oldatok száma : a szolidusz görbe ágainak a száma.

18

## Kétalkotós állapotábrák törvényszerűségei

Az egyensúlyi diagramban bármely irányban vonalat metszve, a fázisok száma eggyel változik.

Fémes vegyület függőleges egyenese végtelen kis koncentrációközű ($\Delta c \rightarrow 0$) egyfázisú homogén mezőt jelent.

Három fázisú reakciók vízszintes egyenese kis hőfokközű ($\Delta T \rightarrow 0$) heterogén mezőt jelent.

19

19