

# Wykład 8

## Wykresy fazowe – część 2

Grzegorz Karwasz

- Wg M. Blicharskiego, Wprowadzenie ...  
i S. Prowansa, Struktura Stopów

# Spis treści

- Przykłady wykresów – klasy mieszalności
- Krzywe stygnięcia
- Mieszaniny składników (np. Bi/Cu)
- Stopy z eutektyką (srebro jubilerskie)
- Związki intermetaliczne
- Przykłady złożone (np. brąz)

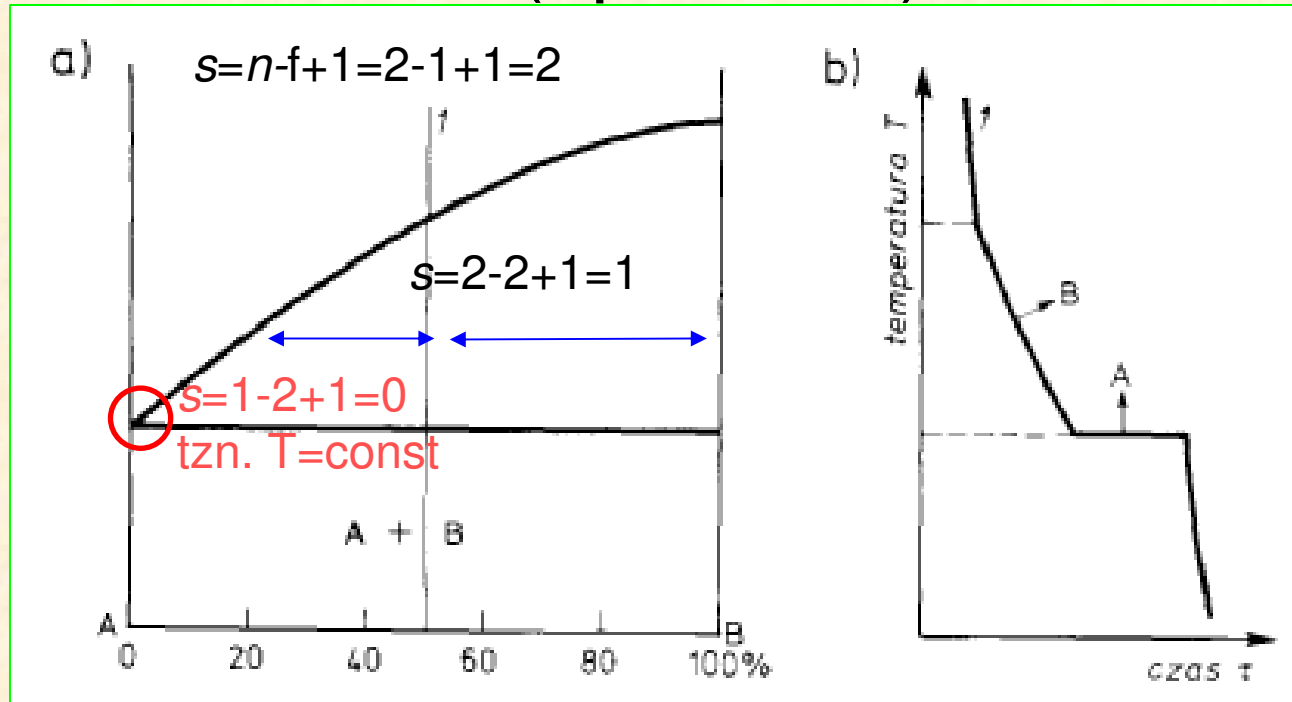
# Przykłady wykresów – klasy mieszalności

TABLICA 4.1

Typy prostych układów dwuskładnikowych

Roztwory stałe nieograniczone	Mieszaniny składników		Mieszaniny roztworów stałych	
	z eutektyką		z perytektyką	z eutektyką
Ag-Au Au-Pt Bi-Sb Cd-Mg Co-Ni Cr-W Cu-Ni Ge-Si Mo-Ti Mo-W Nb-Ti Ta-Ti	Au-Cu Au-Ni As-Sb Co-Ir Cr-Fe Cr-Mo Cr-Ti Cu-Mn Fe-V Mn-Ni Ni-Pd Ti-V	Ga-Ge Ga-Si Ge-Sn Sb-Si Si-Sn	Ag-Si Al-Sn Au-Si Be-Si Bi-Cd Bi-Cu Nb-Th	Ag-Pt Au-Fe Co-Cu Co-Os Mo-U Pt-Re Pt-W Ti-W
				Ag-Cu Ag-Pb Al-Zn Bi-Sn Cd-Pb Cd-Zn Cr-Ni Cr-Pd Pb-Sb Pb-Sn Sn-Zn

# Krystalizacja – układ bez eutektyki (np. Cu-Bi)



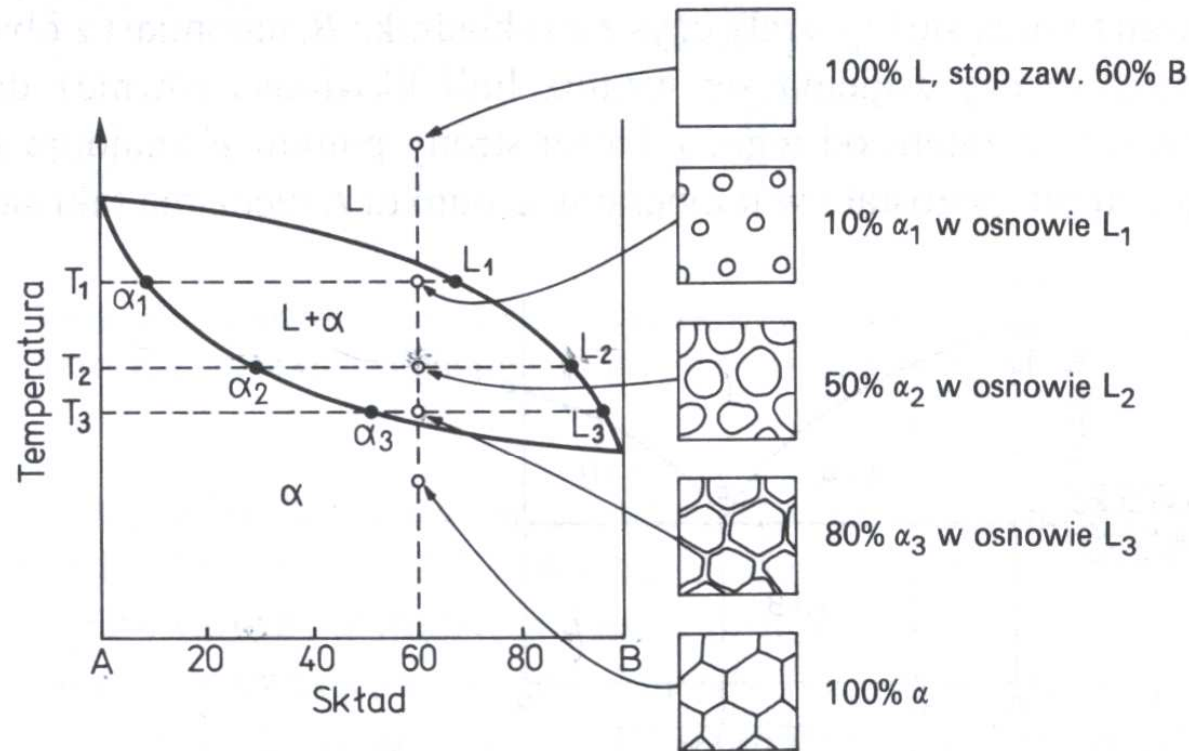
Dwa składniki **nie mieszające** się, bez punktu eutektycznego:  
najpierw krystalizuje składnik trudnotopliwy, później łatwotopliwy.

Reguła dźwigni pozwala obliczyć ilość cieczy i składnika stałego  
w każdej temperaturze: w zaznaczonej temperaturze więcej jest  
cieczy a mniej kryształków B; ale w samej cieczy jest już tylko  
ok. 10% składnika B.

Zob. <http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/bicu.html>

Źródło: S. Prowans, Struktura stopów

# Układ doskonale mieszający się (np. Ag-Au)



RYS. 6.9. Tworzenie mikrostruktury w stopie układu o nieograniczonej rozpuszczalności składników w stanie stałym. Rozpatrywany stop zawiera 60% składnika B. W zakresie dwufazowym ilość każdej fazy w stopie jest określona regułą dźwigni

Blicharski, Wstęp do inżynierii materiałowej

Zakładamy chłodzenie tak wolne, aby w każdym momencie była możliwa dyfuzja składnika nadmiarowego z kryształu do cieczy

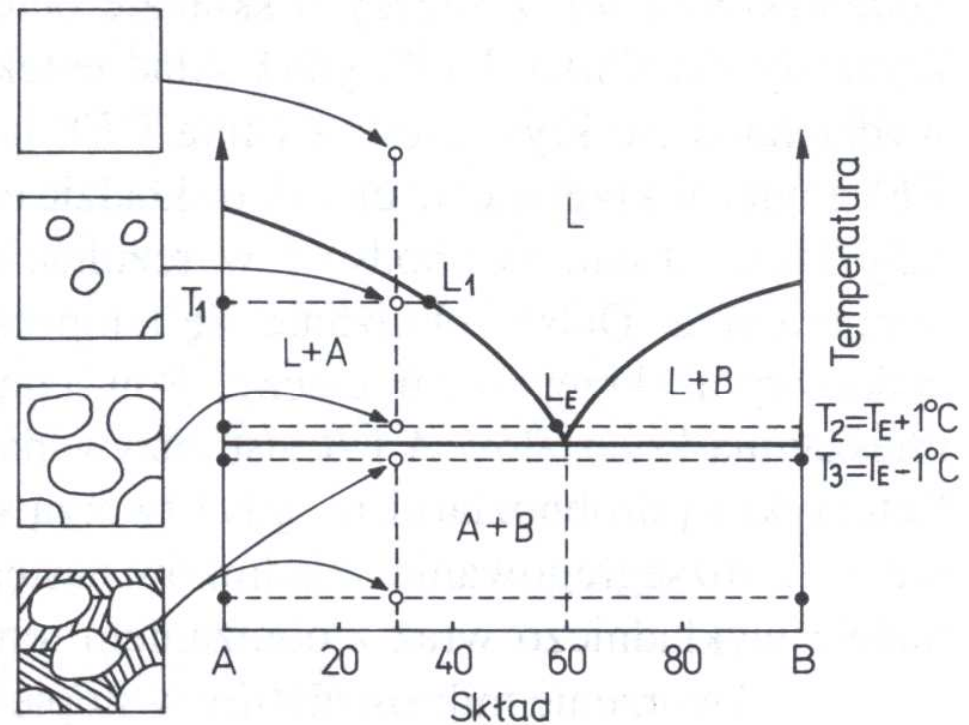
# Krystalizacja – układ z eutektyką

100% L, stop zaw. 30% B

20% kryształów A w osnowie  $L_1$   
(tj. cieczy)

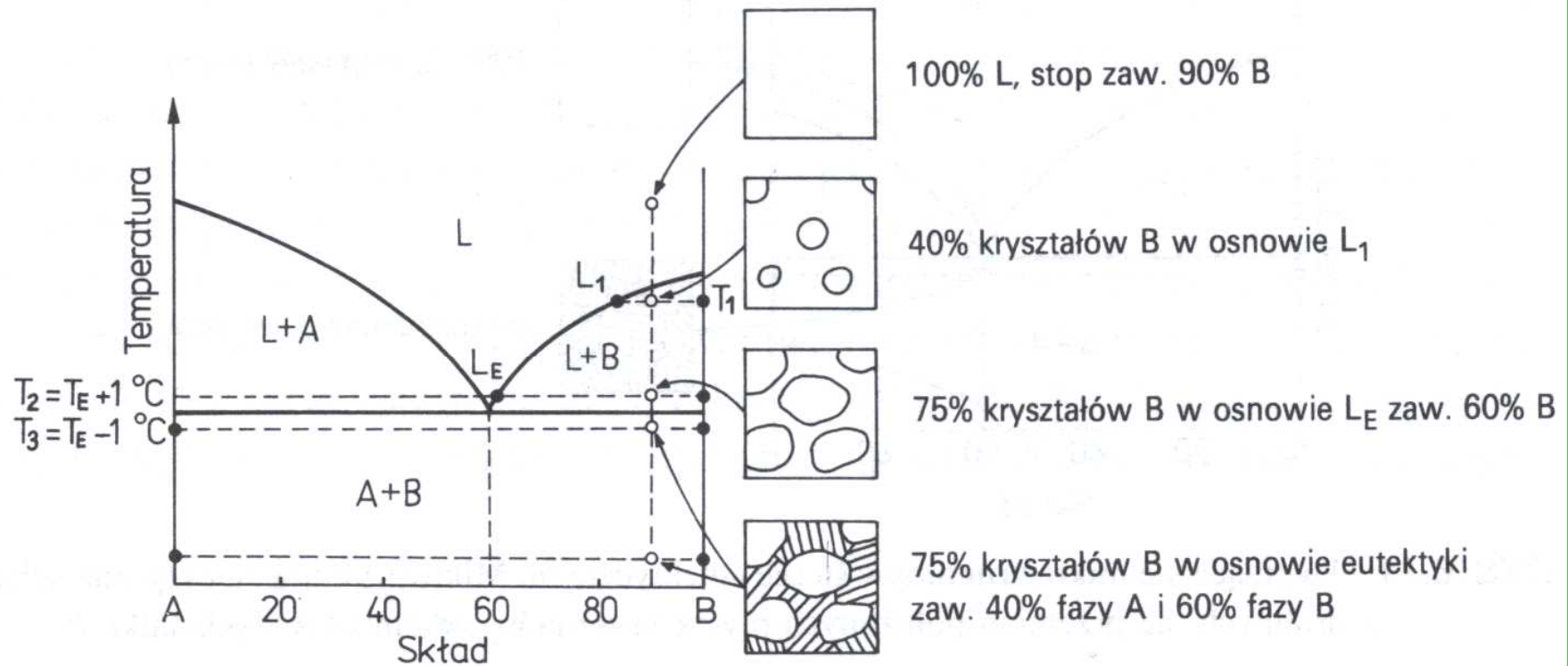
50% kryształów A w osnowie  
cieczy  $L_E$  zaw. 60% B

50% kryształów A w osnowie eutektyki  
zaw. 40% kryształów A i 60% kryształów B



RYS. 6.12. Zmiany mikrostruktury w stopie podeutektycznym podczas bardzo powolnego chłodzenia

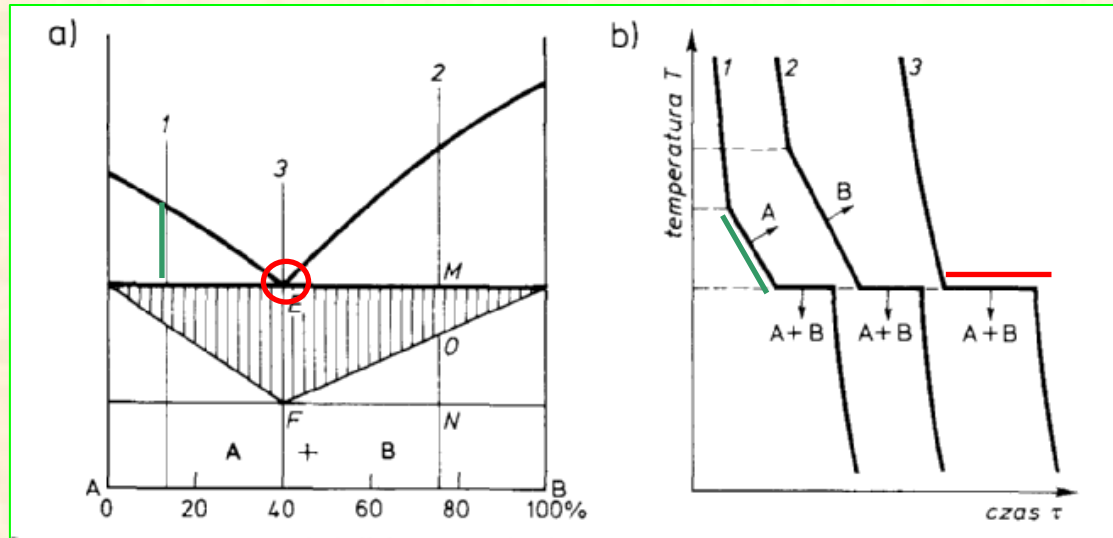
# Krystalizacja – układ z eutektyką



RYS. 6.13. Zmiany mikrostruktury w stopie nadeutektycznym podczas bardzo powolnego chłodzenia

Źródło: Blicharski, Wstęp do inżynierii materiałowej

# Krystalizacja – układ z eutektyką



## Mieszana z eutektyką:

Przykład 1)

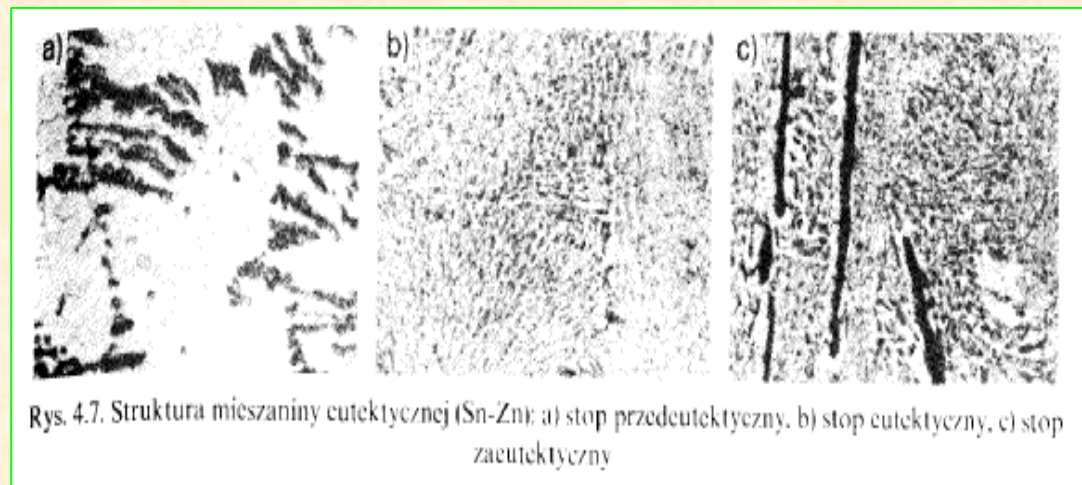
Najpierw krystalizuje składnik A, roztwór ubożeje w ten składnik, aż to osiągnięcia temperatury eutektyki;

następnie krystalizuje eutektyka, o stałym składzie – jednocześnie wydzielają się kryształy A i B

Eutektyka = 1 składnik;  $s=1-2+1=0$ ; czyli  $T=\text{const}$

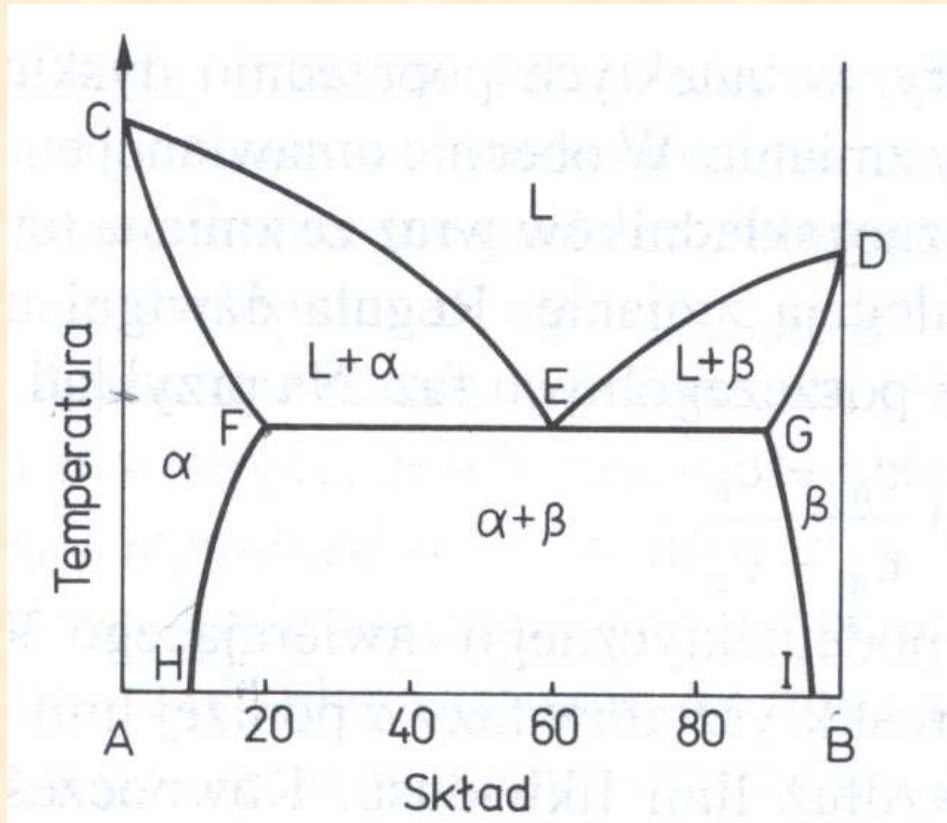
Przedeutektyczny (1):  
duże kryształy Sn  
+ drobna eutektyka (Sn/Zn)

Nadeutektyczny (2):  
duże kryształy Zn  
+ drobna eutektyka (Sn/Zn)





# Eutektyka z ograniczoną rozpuszczalnością (0)



**Liquidus:** CED  
**Solidus:** CFEGD

Faza  $\alpha$ : B rozpuszczony w A  
Faza  $\beta$ : A rozpuszczony w B

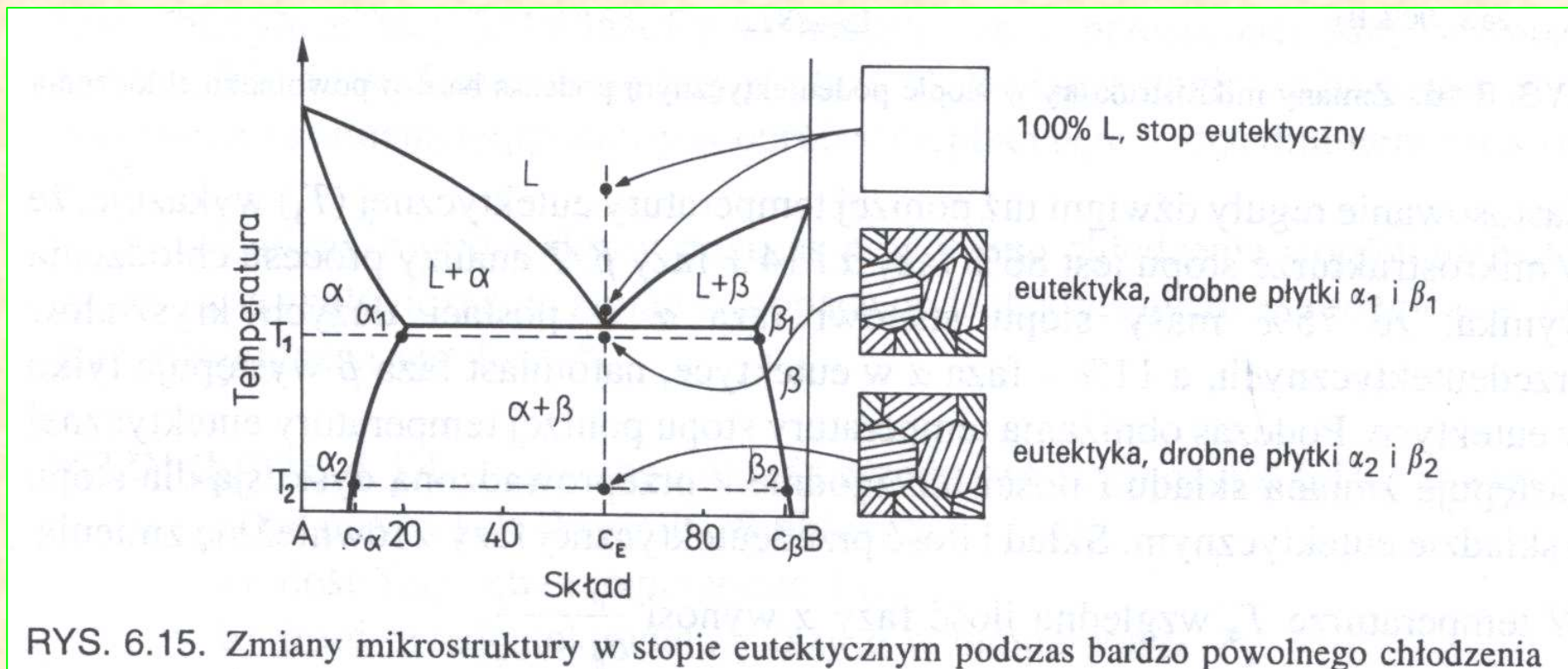
W punkcie eutektycznym  
zachodzi przemiana:  
 $liquidus \leftrightarrow \alpha_F + \beta_G$

W miarę dalszego obniżania  
temperatury zmniejszają się  
rozpuszczalności A w B i viceversa

O ile chłodzenie będzie powolne,  
składy faz  $\alpha$  i  $\beta$  będą odpowiadały  
punktom H i I, odpowiednio

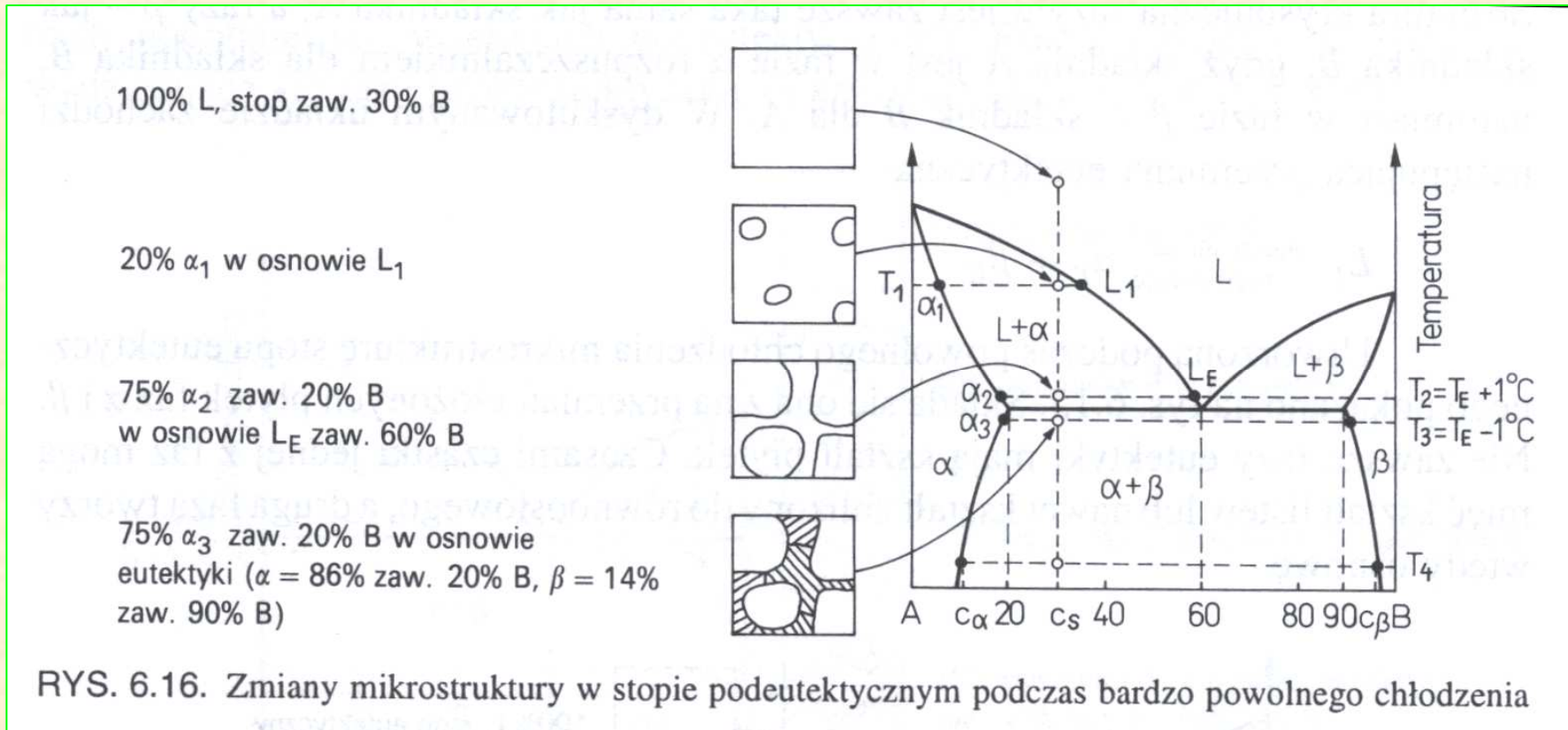
# Eutektyka z ograniczoną rozpuszczalnością

## 1) Stop eutektyczny



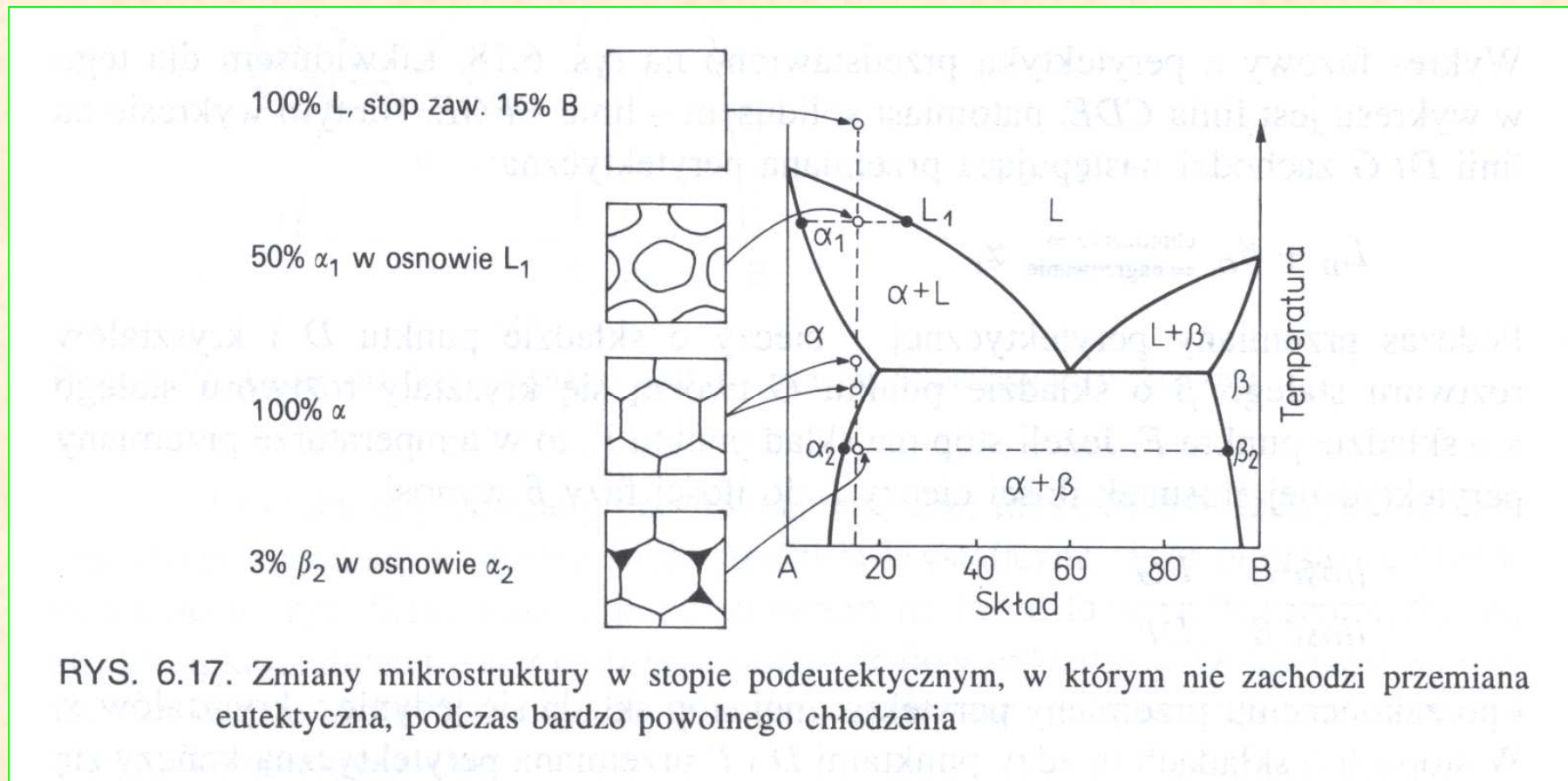
# Eutektyka z ograniczoną rozpuszczalnością

## 1) Stop pod-eutektyczny, z przemianą eutektyczną

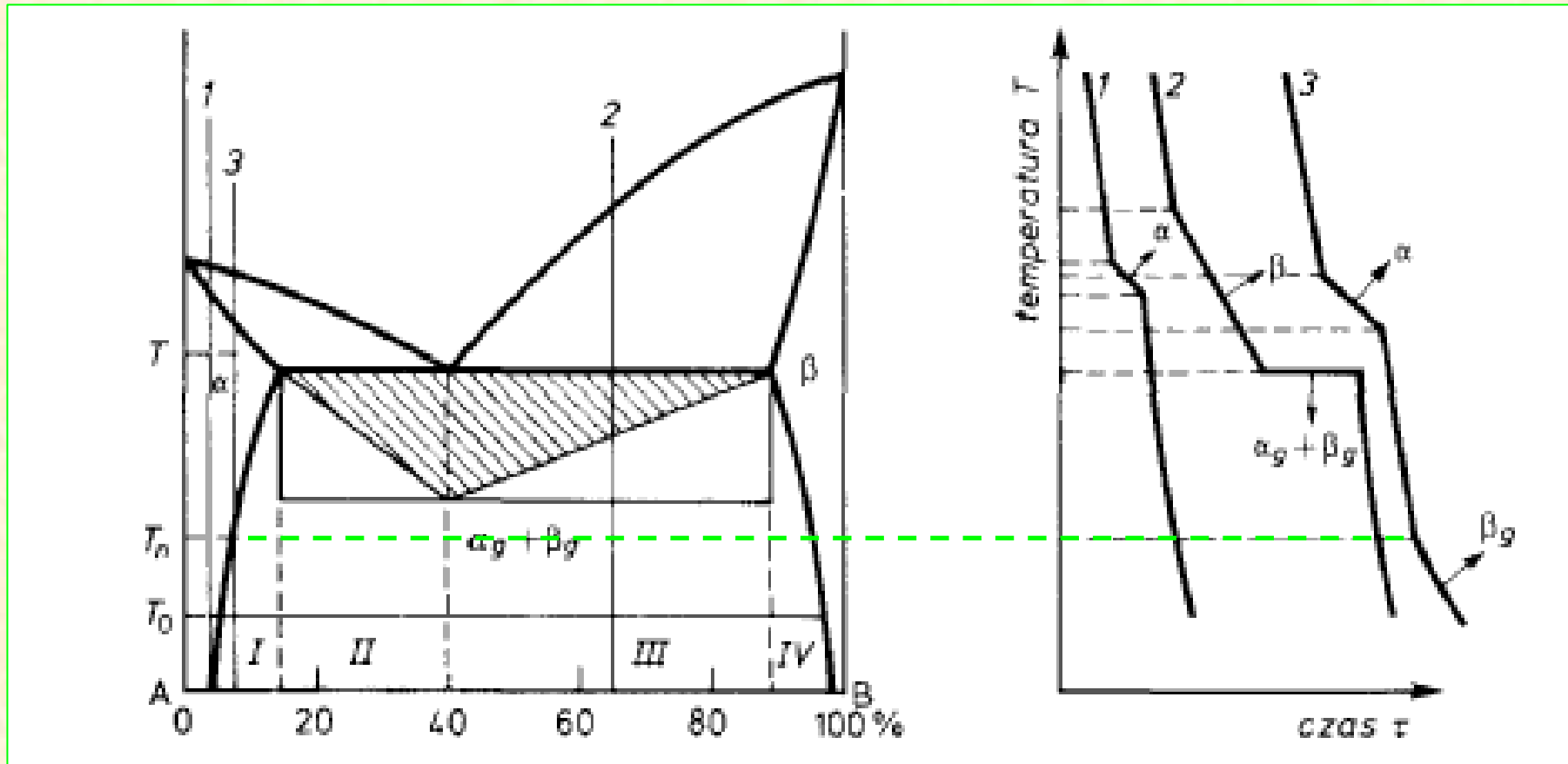


# Eutektyka z ograniczoną rozpuszczalnością

## 2) Stop pod-eutektyczny, poniżej $\alpha_F$



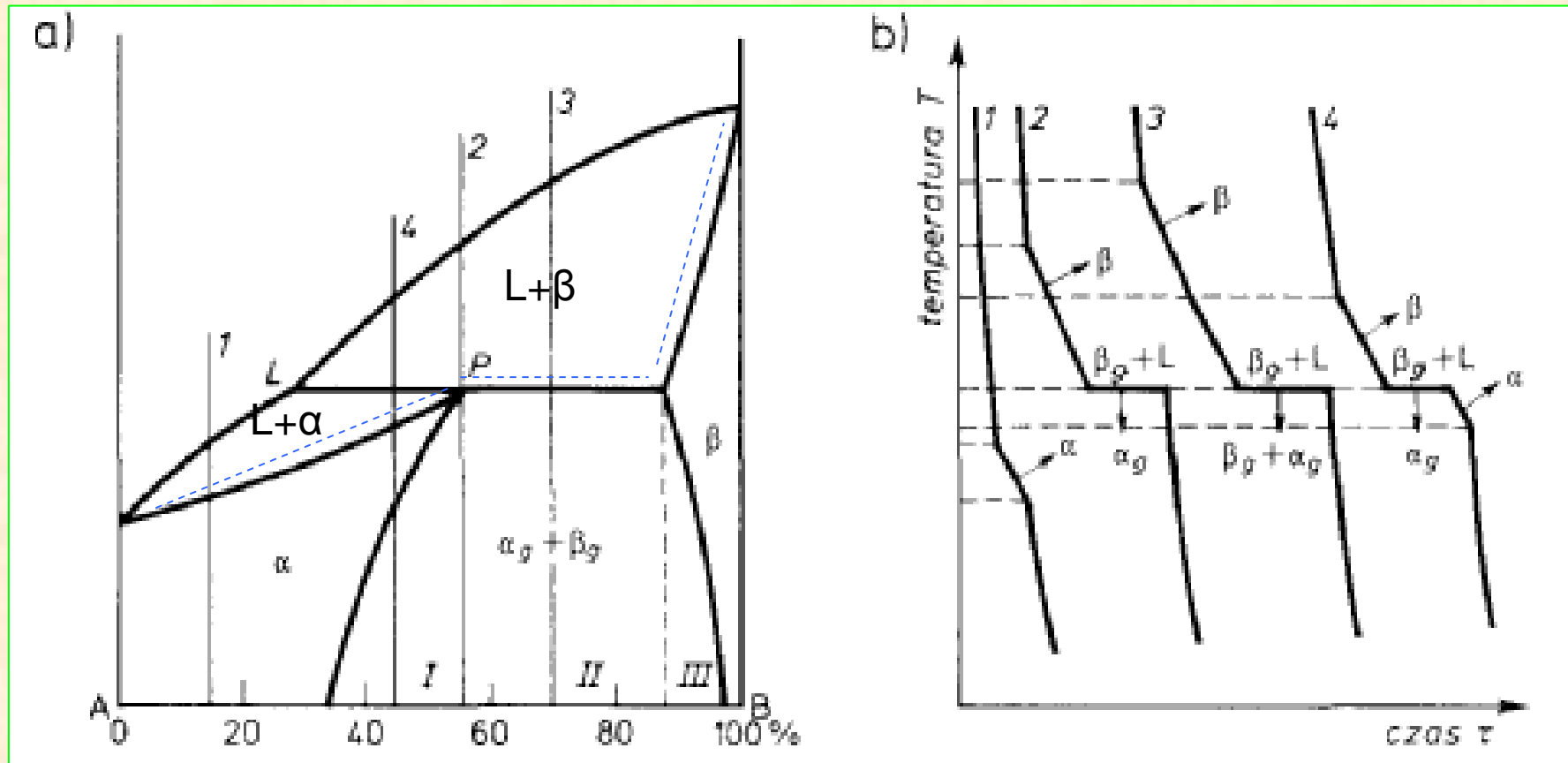
# Eutektyka z ograniczoną rozpuszczalnością



Eutektyka + fazy rozpuszczone

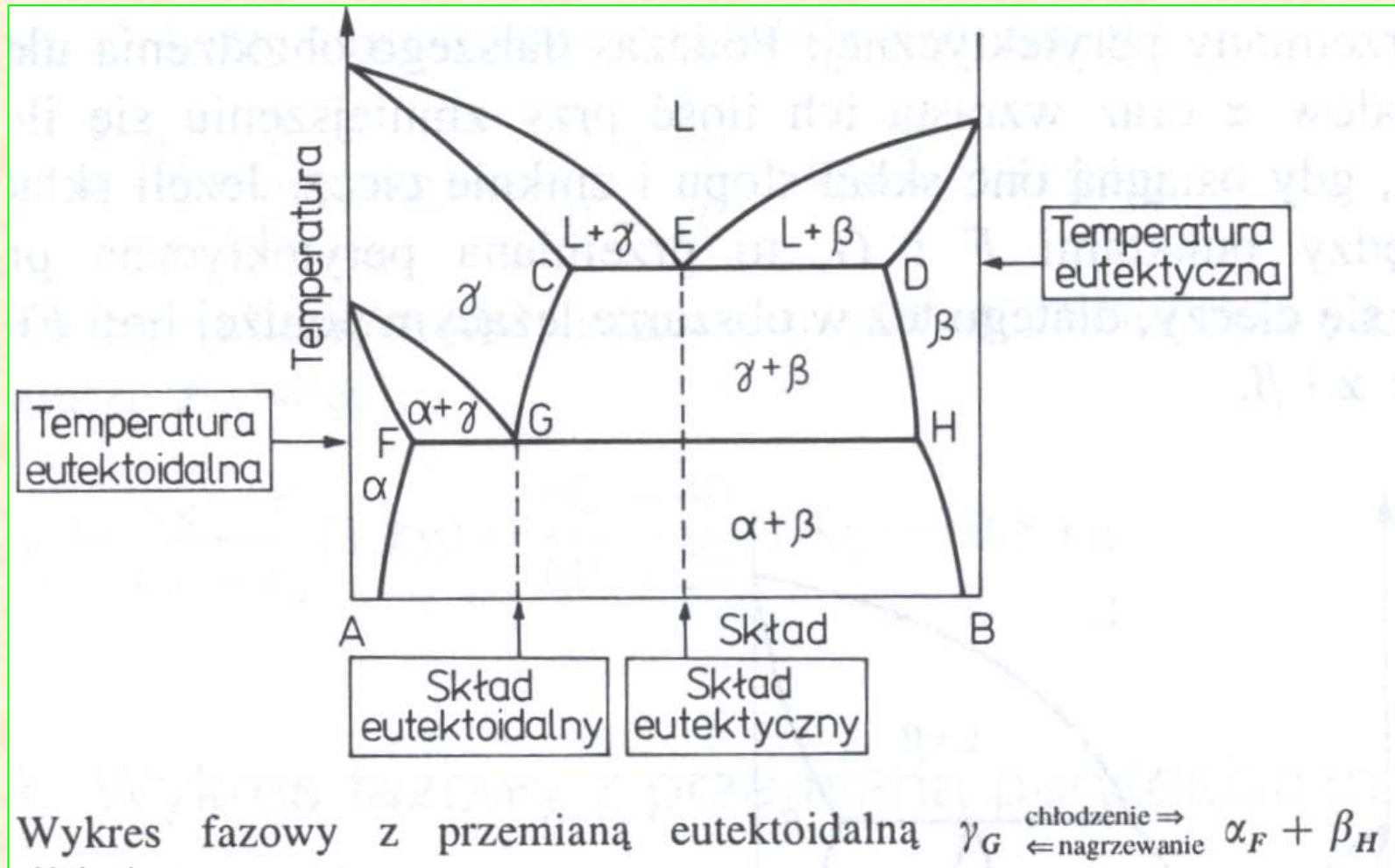
Linia 3) przemiana wydzielania poniżej temperatury  $T_n$

# Krystalizacja – układ z perytektyką



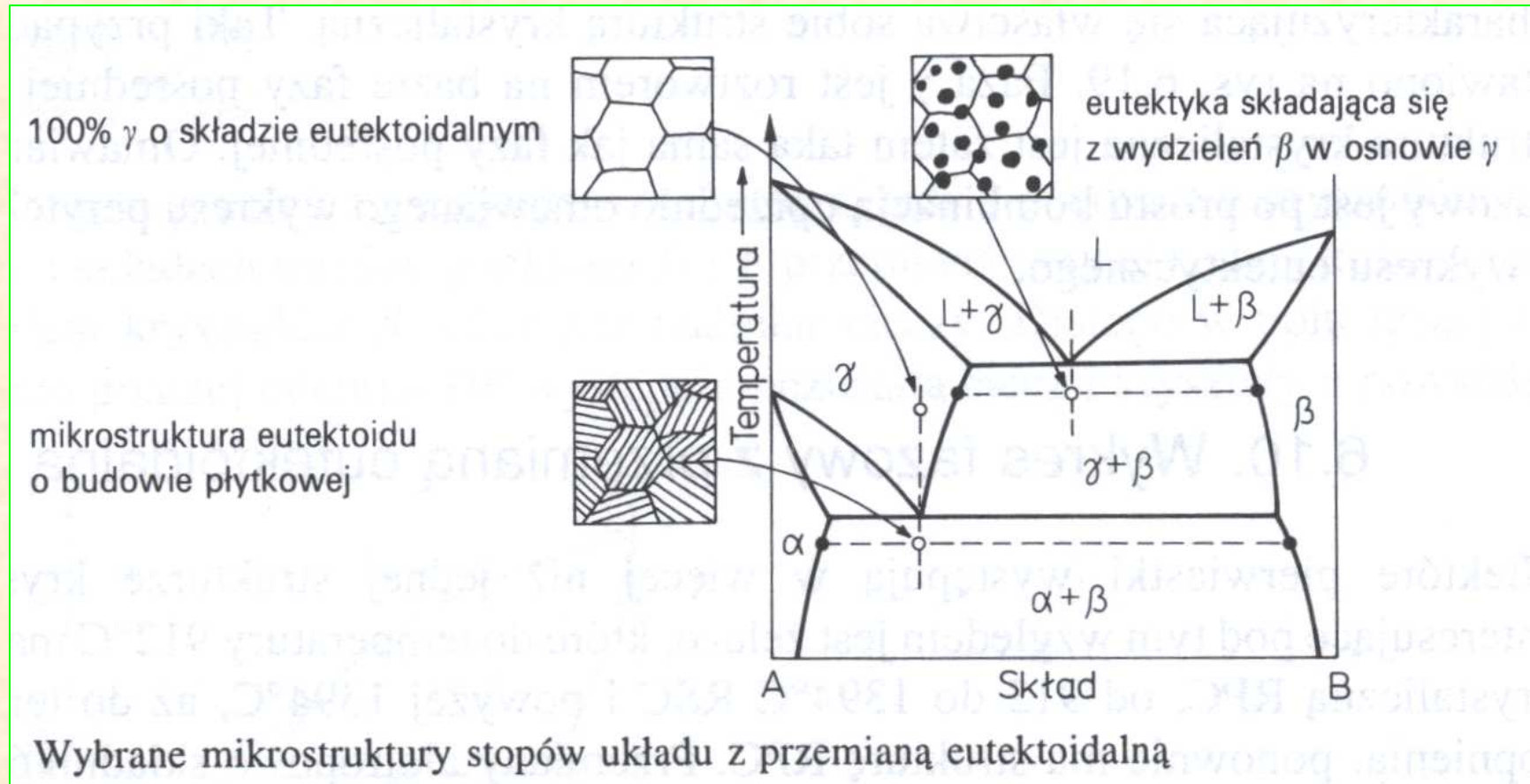
Przemiana perytektyczna (punkt P) – z cieczy o składzie punktu L i zawierającej zawieszony kryształki fazy  $\beta_g$  wytrąca się, w stałej temperaturze, nowa faza stała  $\alpha_g$

# Przemiana eutektoidalna



G – punkt eutektoidalny  $\approx$  punkt eutektyczny, ale w fazie stałej

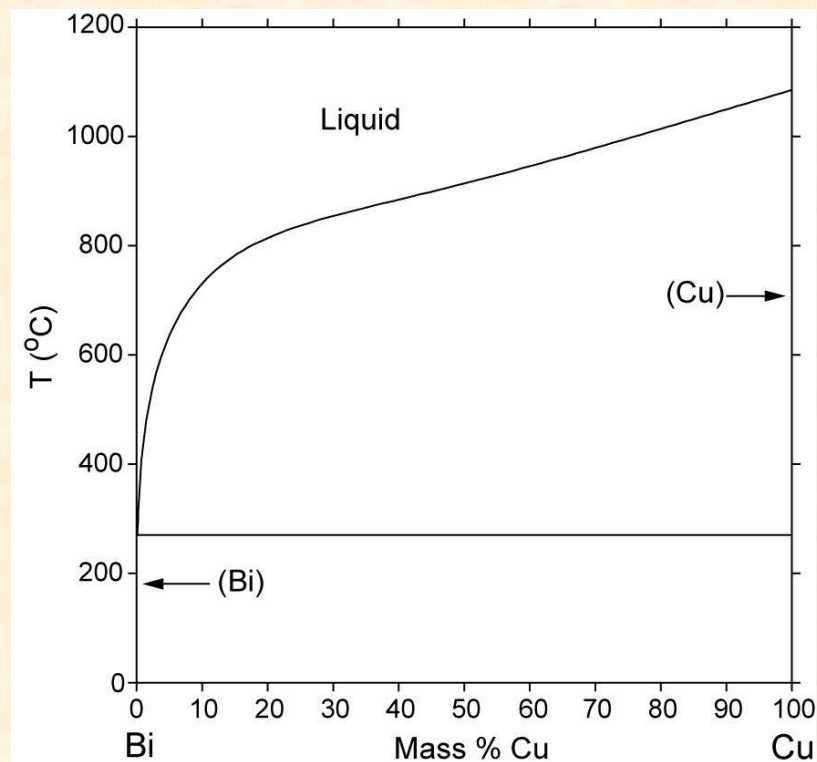
# Przemiana eutektoidalna



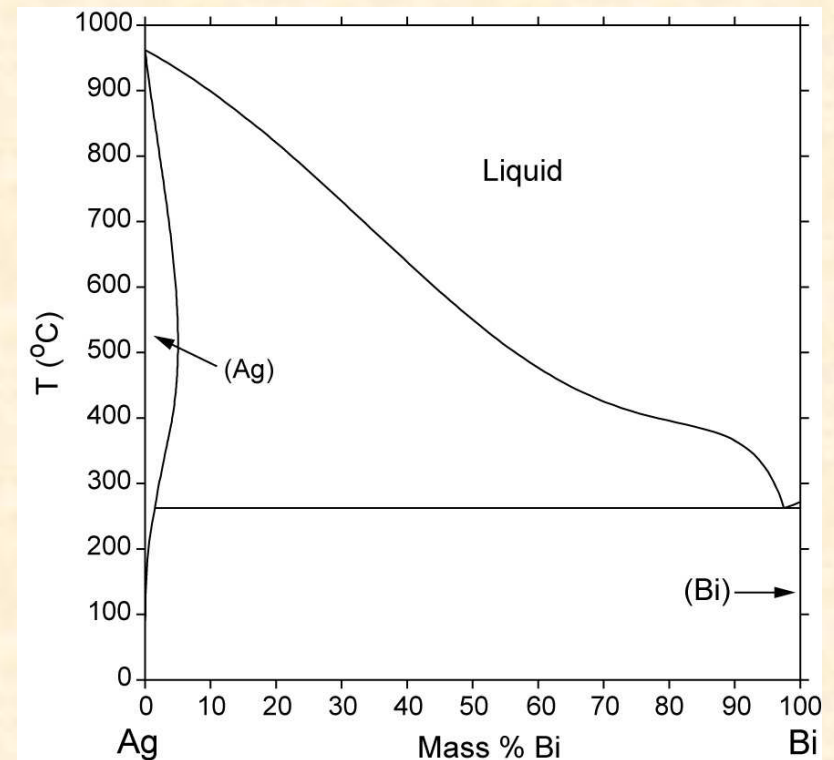


# Przykłady – mieszaniny składników

1) Eutektyka = faza 1 (Bi-Cu)  
brak rozpuszczalności Bi/Cu

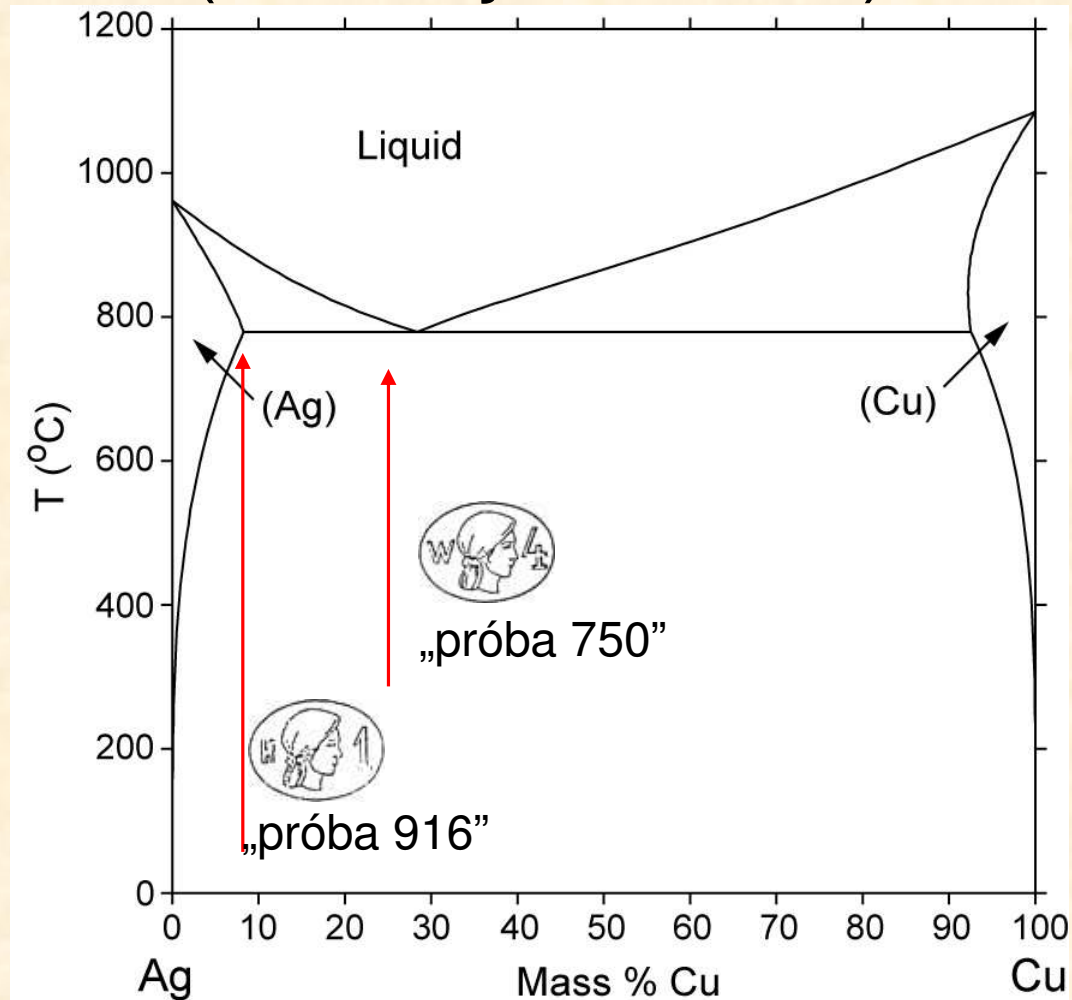


2) Faza rozpuszczalności  
(Bi w Ag) tylko w podwyższonej T



<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/agbi.html>

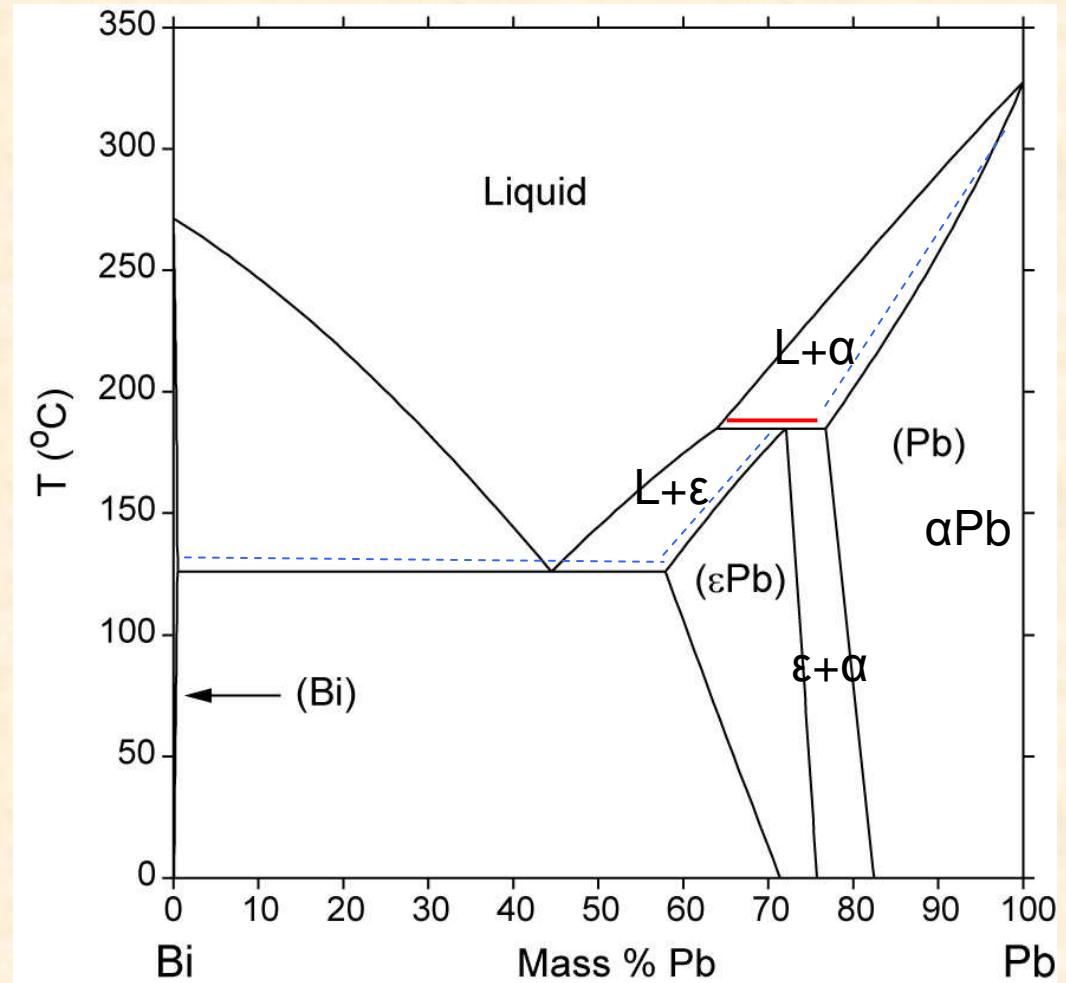
# Eutektyka + roztwory stałe (srebro jubilerskie)



# Przemiana perytektyczna

Przemiana perytektyczna=  
dwie fazy Pb w cieczy:

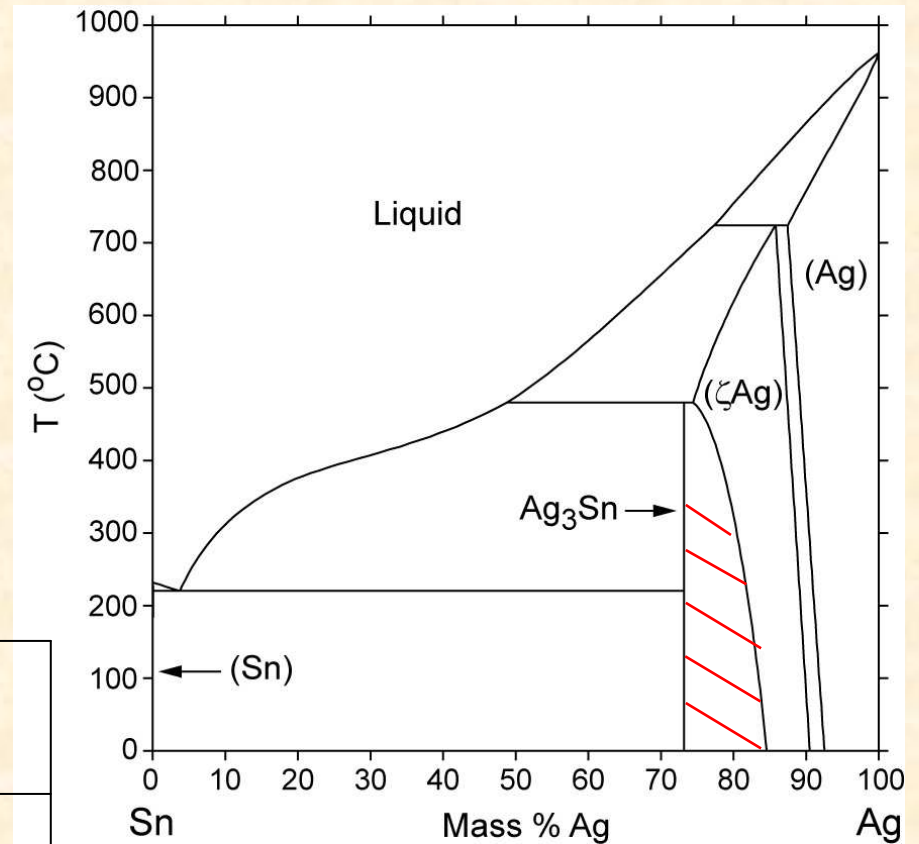
- 1)  $L + \alpha$
- 2)  $L + \beta$



# Przykłady (Ag:Sn)

Związki intermetaliczne  
(Ag<sub>3</sub>Sn)

Phase	Strukturbericht Symbol	Common Names	Model*
Liquid	n/a	L	(Ag,Sn) <sub>1</sub>
Fcc	A1	(Ag)	(Ag,Sn) <sub>1</sub> (Va) <sub>1</sub>
Hcp	A3	(zeta Ag)	(Ag,Sn) <sub>1</sub> (Va) <sub>0.5</sub>
Bct	A5	(Sn), (beta Sn)	(Ag,Sn) <sub>1</sub>
Ag <sub>3</sub> Sn	D0alpha	epsilon	(Ag) <sub>0.75</sub> (Sn) <sub>0.25</sub>



<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/agbi.html>

# Przykłady (Cu:Sn = brąz !)

