

Krystalizacja metali

Streszczenie:

- 1) Warunki termodynamiczne krystalizacji metali
- 2) Podstawowe mechanizmy krystalizacji metali
- 3) Układy fazowe dwuskładnikowe
 - a) z nieograniczoną rozpuszczalnością w stanie stałym;
 - b) z ograniczoną rozpuszczalnością w stanie stałym;
- 4) Podstawowe pojęcia: eutektyka, eutektoida, perytektyka; perytektoida;
- 5) Układ żelazo-cementyt

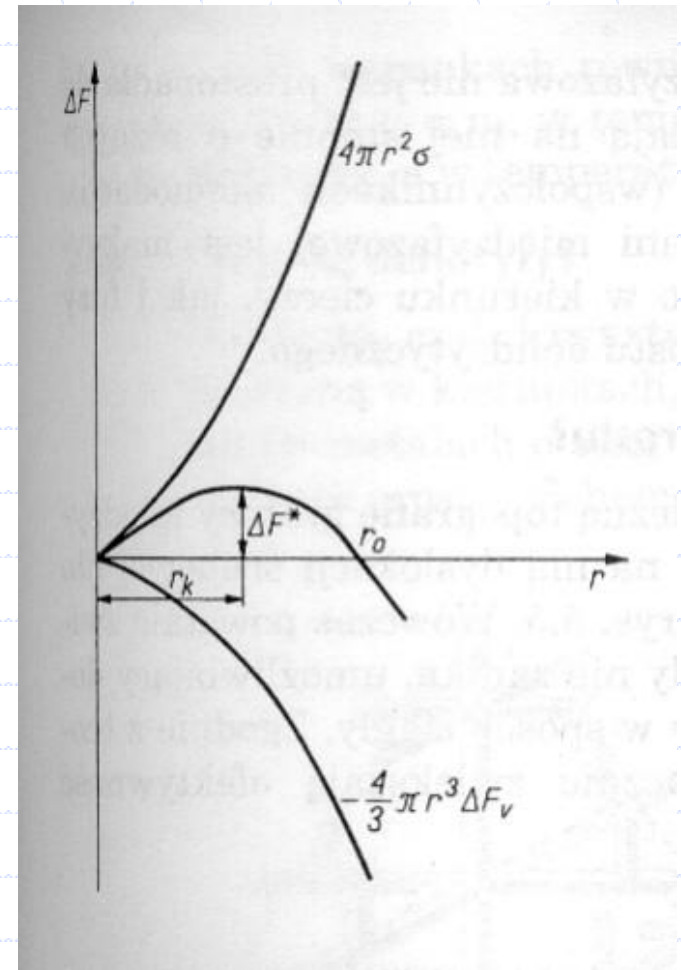
Warunki termodynamiczne:

Krystalizacja metali

Podstawowe rodzaje krystalizacji:

- 1) **Heterogeniczna** - następuje w ośrodku ciekłym gdzie istnieją nie rozpuszczone cząstki fazy stałej, na której osadza się faza macierzysta; (dla większości procesów metalurgicznych i ceramicznych zachodzi zarodkowanie heterogeniczne);
- 2) **Homogeniczna** - następuje w wyniku fluktuacji energii w ośrodku i w określonym miejscu w którym energia jest wystarczająca do powstania zarodka o wielkości nadkrytycznej. Wymaga większego przechłodzenia niż w przypadku zarodkowania heterogenicznego;

Zależność energii swobodnej układu od promienia zarodka r



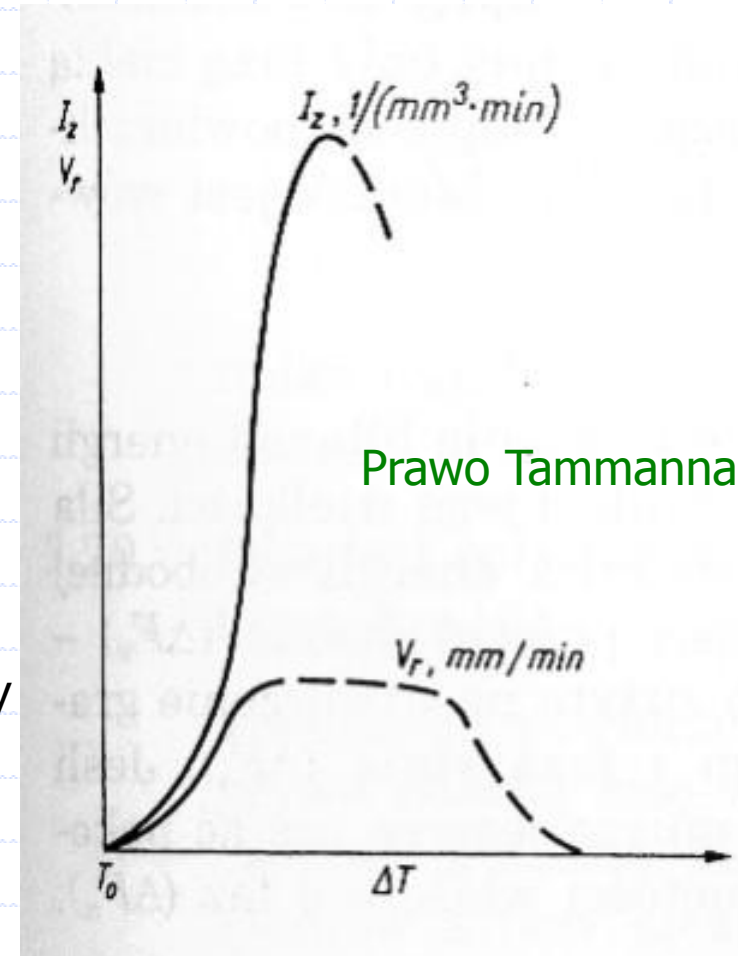
Krystalizacja metali

Warunki termodynamiczne:

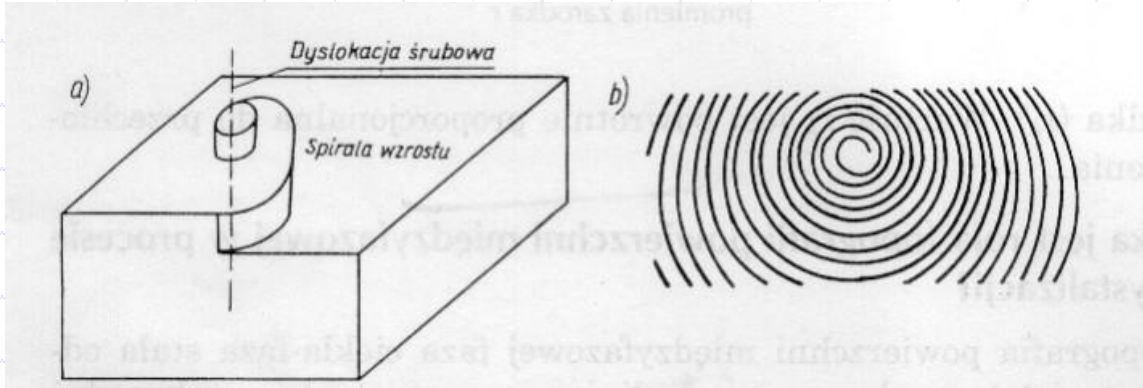
Zarodkiem krystalizacji nazywamy kilkuset atomowe skupienie fazy stałej, o typowej dla niej strukturze krystalicznej powstałej wewnątrz fazy ciekłej

Siłą napędową procesu zarodkowania jest różnica energii swobodnej fazy ciekłej i stałej przy danej wielkości przechłodzenia

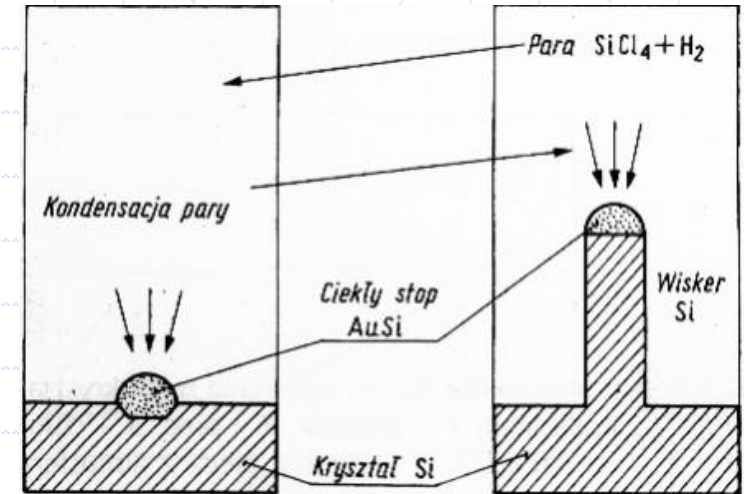
Zależność szybkości zarodkowania I_z i szybkości wzrostu kryształów V_r w funkcji przechłodzenia ΔT



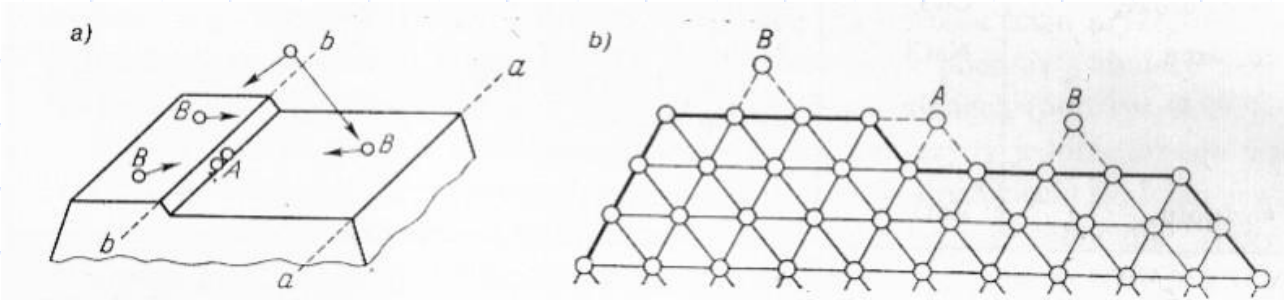
Mechanizmy krystalizacji



Spirale wzrostu kryształów

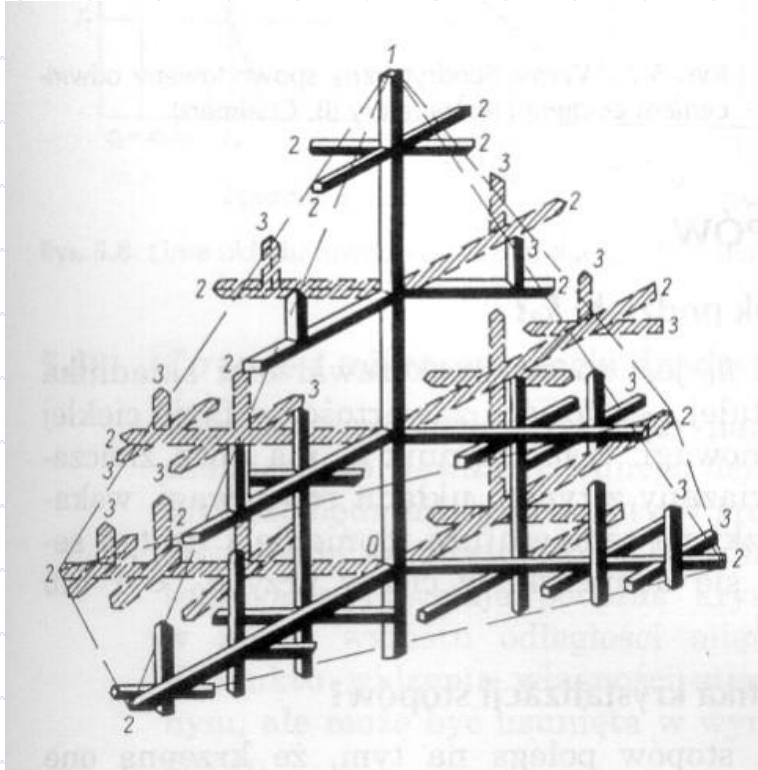


Mechanizm VLS

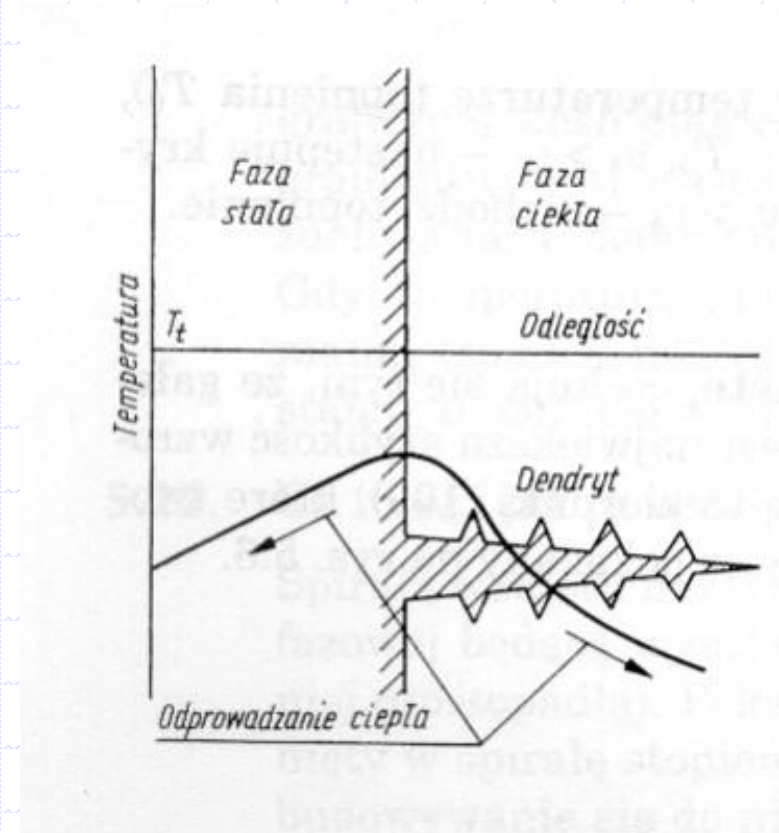


Mechanizm wzrostu kryształów drogą przyłączania do ścian pojedynczych atomów na schodkach powierzchni

Mechanizmy krystalizacji

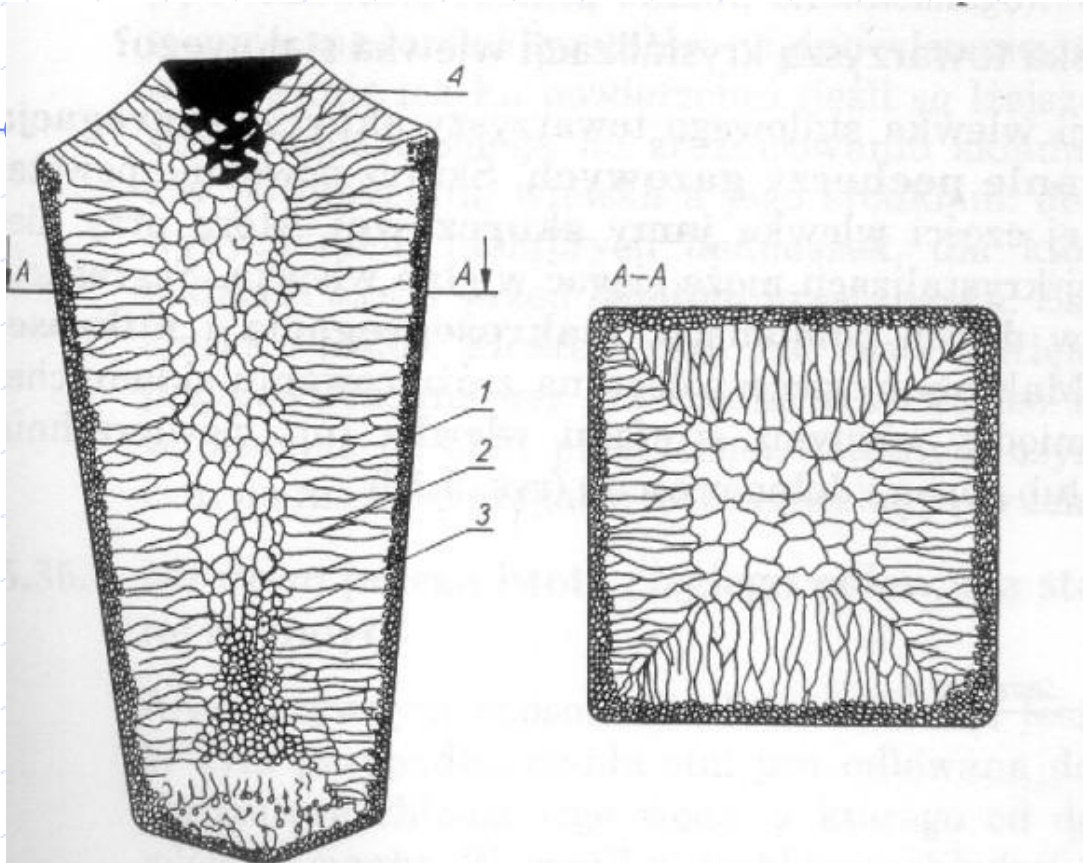


Schemat narastania dendrytu
(1,2,3 kolejność wyrastających gałęzi)

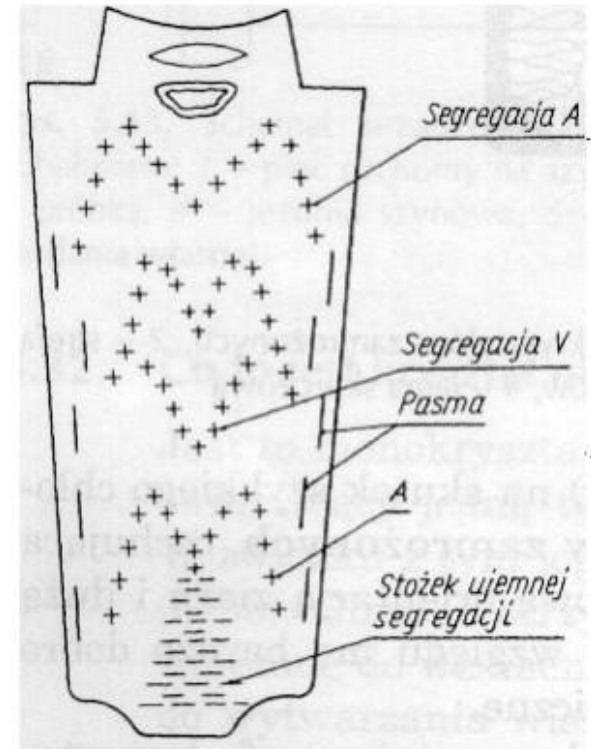


Schemat wzrostu dendrytycznego kryształu
Spowodowanego gradientem temperatury

Krystalizacja wlewka stalowego



- Schemat struktury wlewka stalowego;
- 1- strefa kryształów zamrożonych;
 - 2- strefa kryształów kolumnowych;
 - 3- strefa równoosiowych dendrytów, 4- jama skurczowa



Schemat różnych rodzajów makrosegregacji we wlewkach stalowych

Wykresy równowagi fazowej stopów (pojęcia podstawowe)

Układ fazowy - zbiór faz; jeśli fazy znajdują się w stanie równowagi termodynamicznej, to mówimy o układzie równowagi

Faza - część układu jednorodna pod względem chemicznym i krystalograficznym, oddzielona od reszty układu granicą międzyfazową:

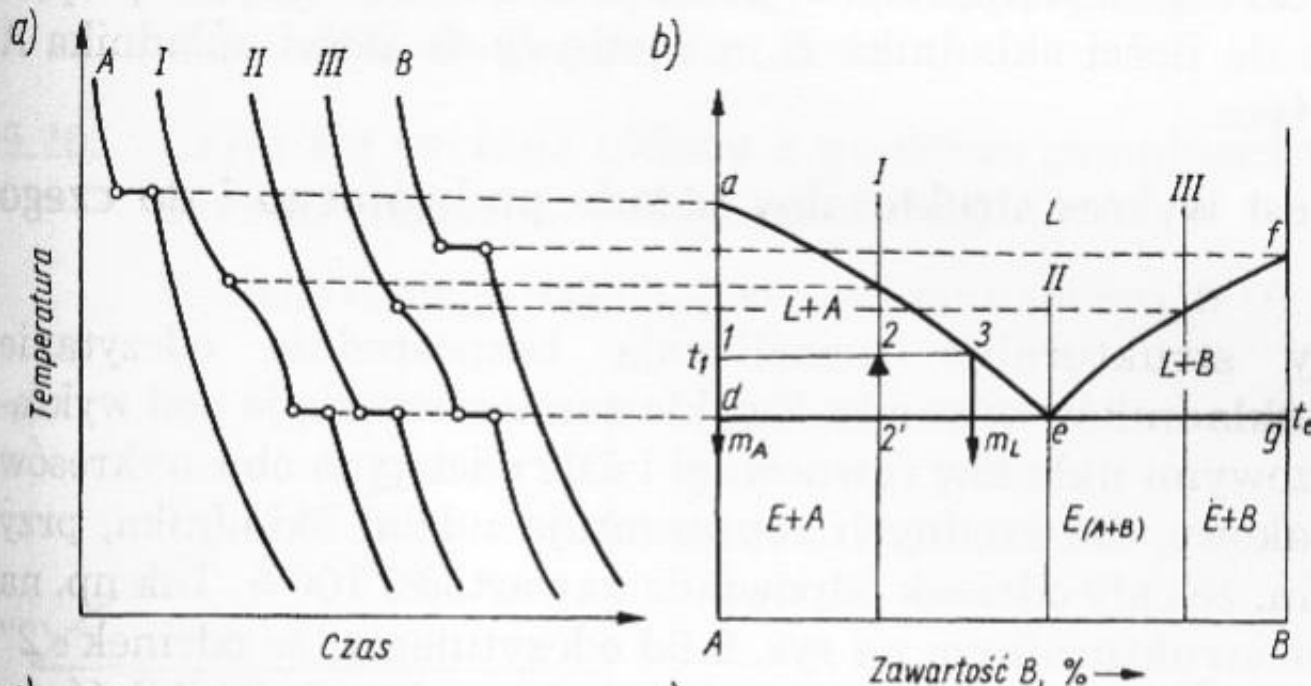
Składnik układu - substancje proste (np. pierwiastki) lub złożone (np. związki chem.) nie ulegające przemianom z których składają się fazy układu

Reguła Faz Gibbsa $S = n - f + 1$;

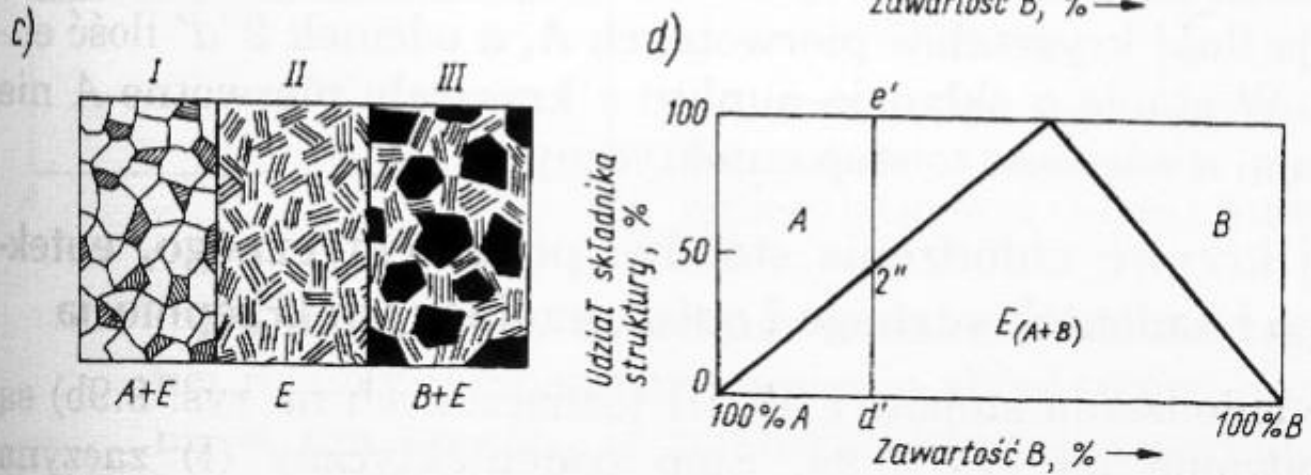
gdzie: S -liczba stopni swobody; n -liczba składników, f -liczba faz w układzie

Regułą faz Gibbsa - określa liczbę zewnętrznych i wewnętrznych czynników, które można zmienić nie powodując zmiany liczby faz w układzie

Wykresy równowagi fazowej

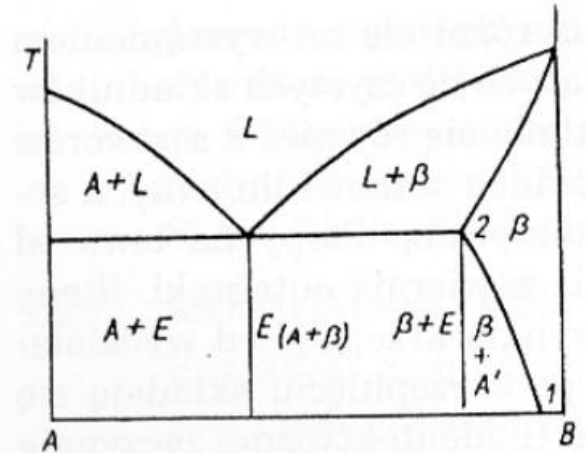
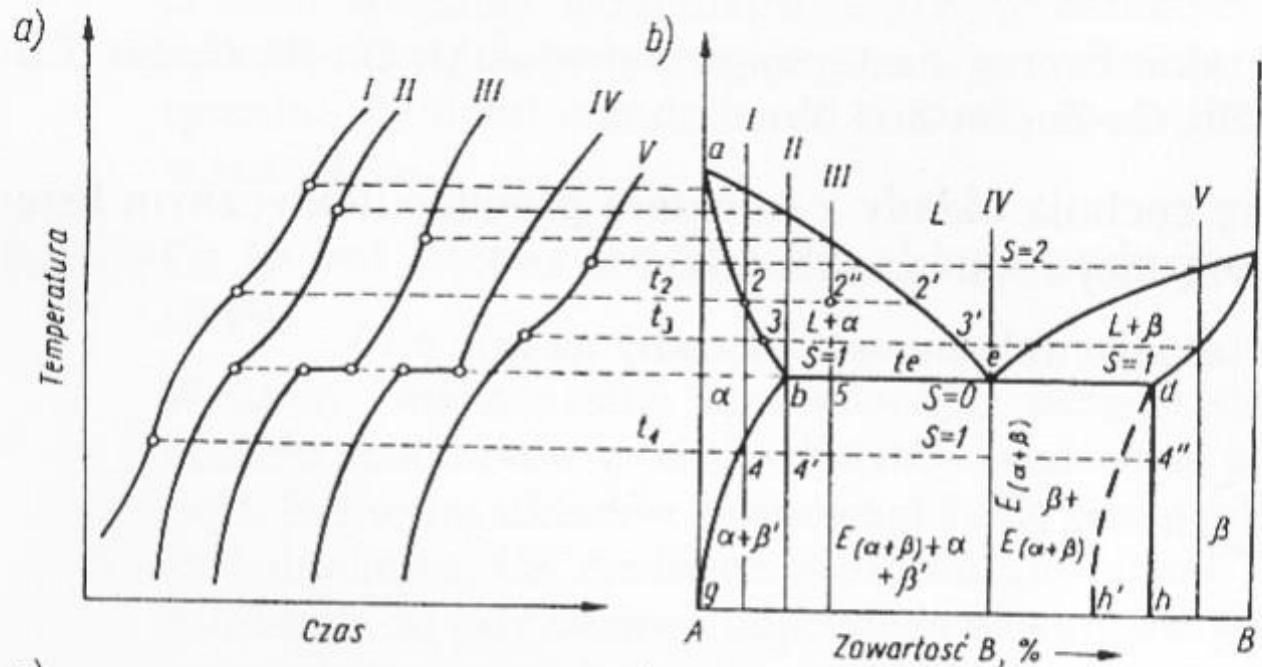


Przemiana eutektyczna:
Ciecz → A+B

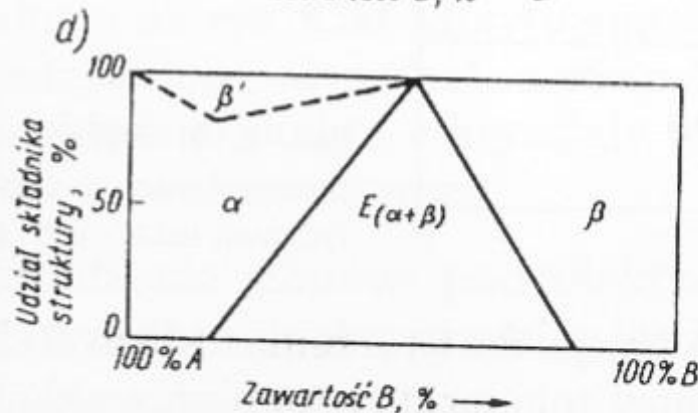
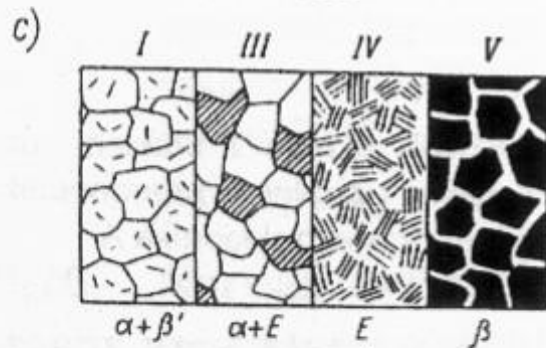


Układ eutektyczny z
brakiem rozpuszczalności
składników w stanie stałym

Wykresy równowagi fazowej

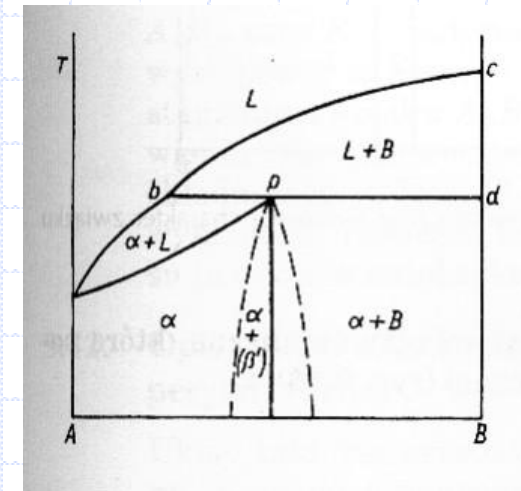
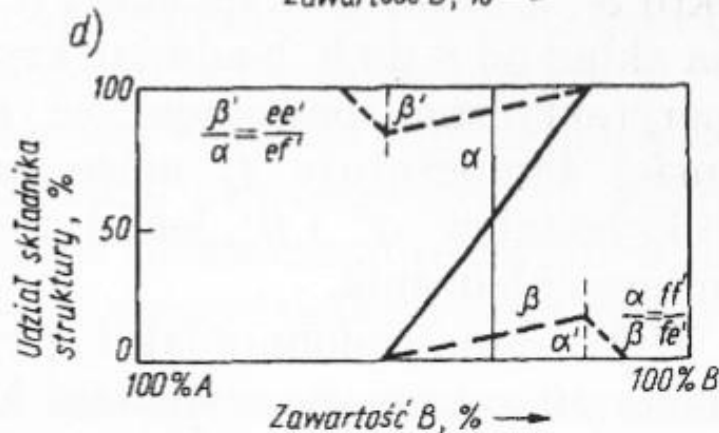
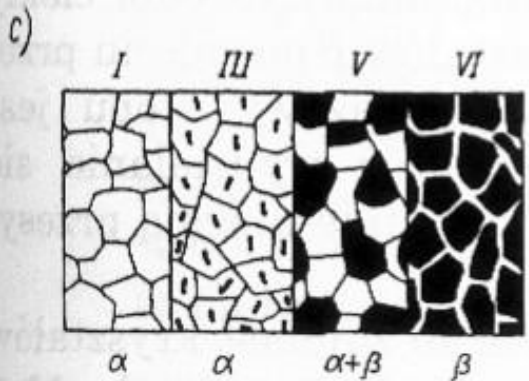
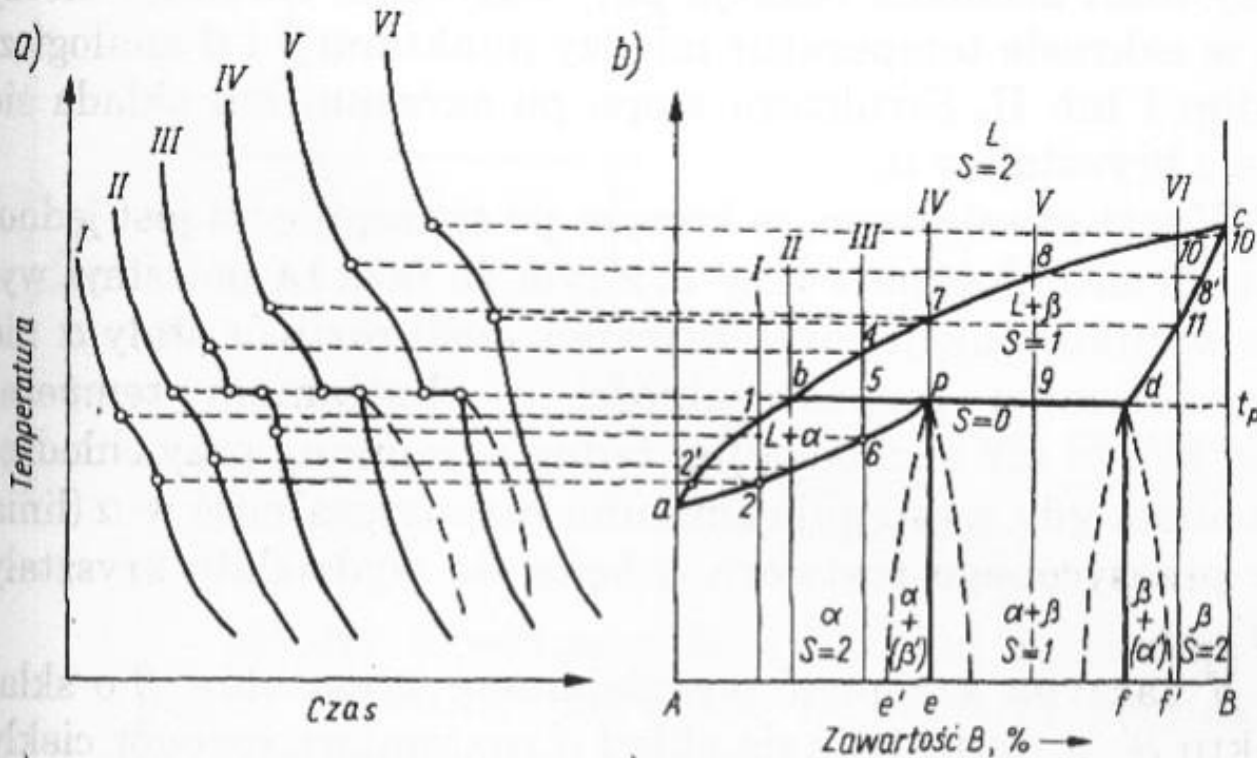


Przemiana eutektyczna:
Ciecz \rightarrow $\alpha + \beta$

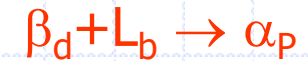


Układ eutektyczny z ogr. rozpuszczalnością składników w stanie stałym

Wykresy równowagi fazowej



Przemiana perytektyczna:

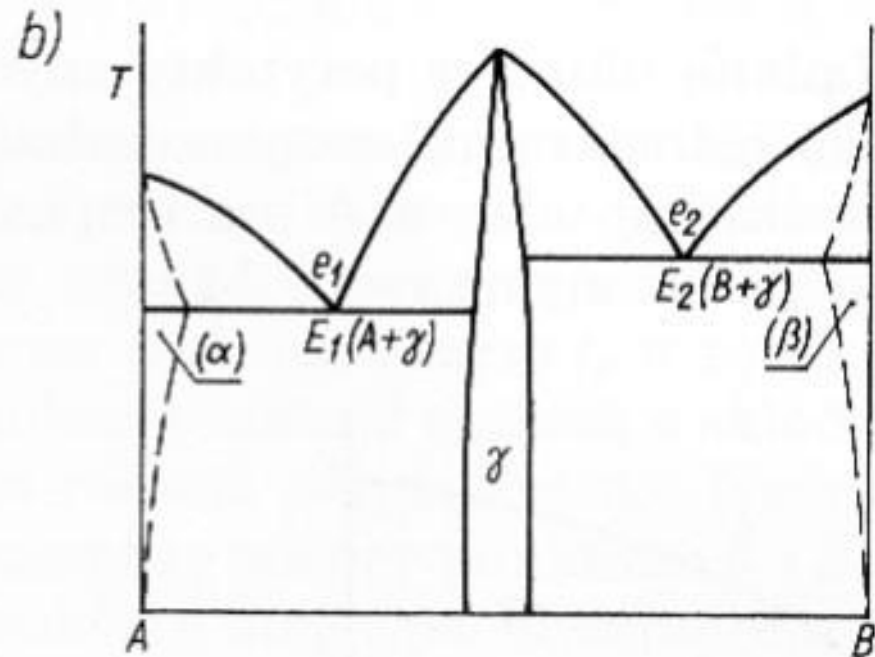
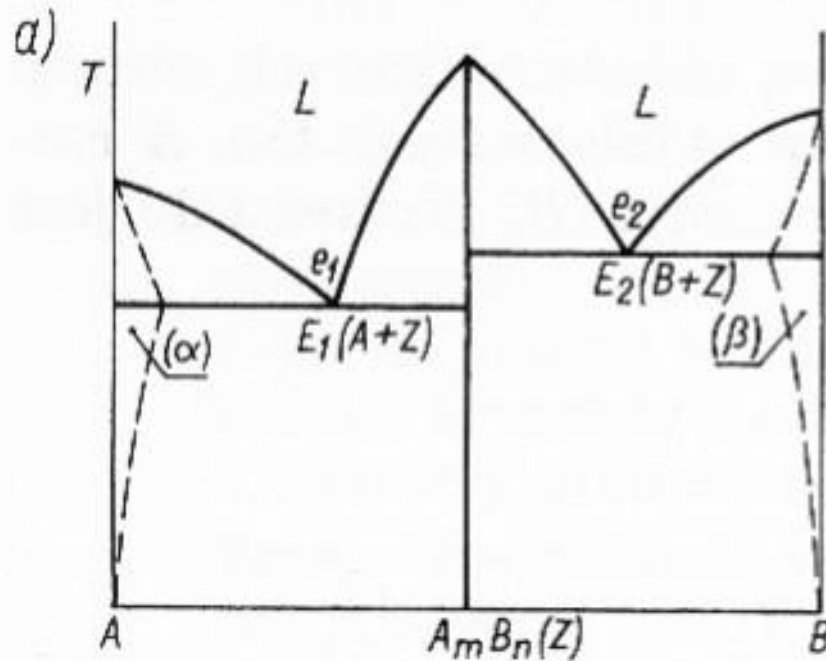


Układ perytektyczny z ogr. rozpuszczalnością składników w stanie stałym

Przemiana perytektyczna przypomina reakcję chemiczną gdzie sub. wyst. w określonych proporcjach

Wykresy równowagi fazowej

Fazy międzymetaliczne

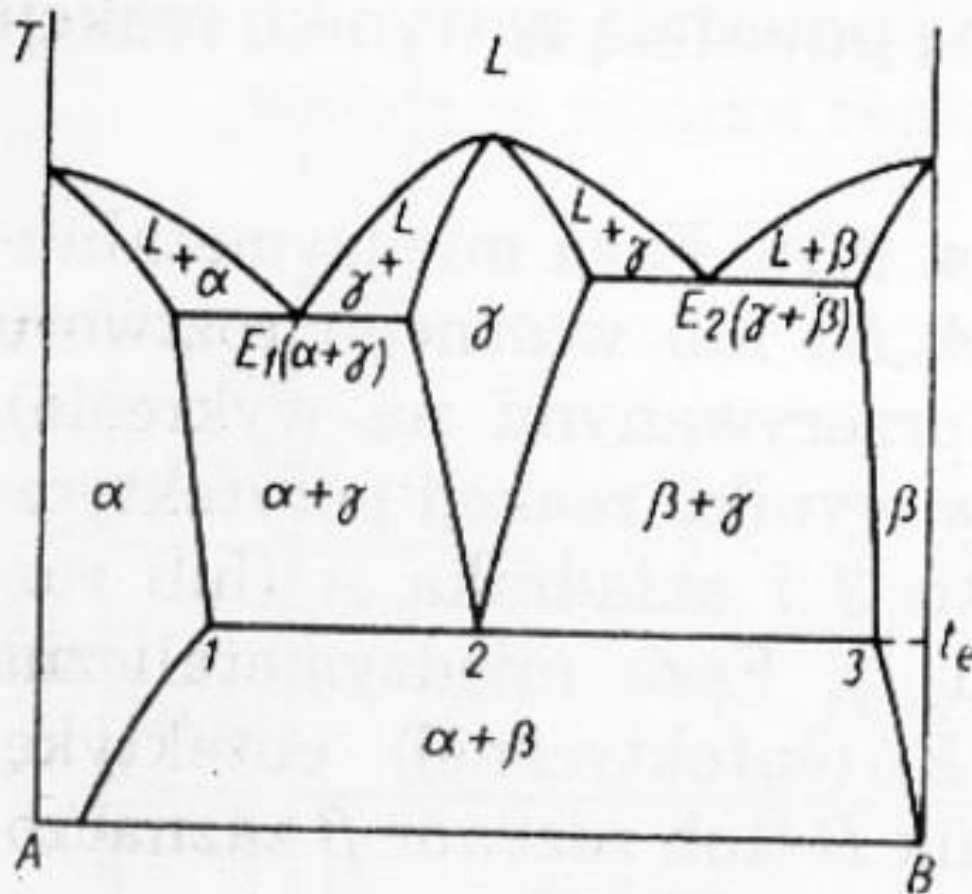


Wykresy równowagi układów z fazą międzymetaliczną:

a) f. międzymetaliczna jako związek chemiczny;

b) f. międzymetaliczna jako wtórny roztwór stały - γ

Wykresy równowagi fazowej

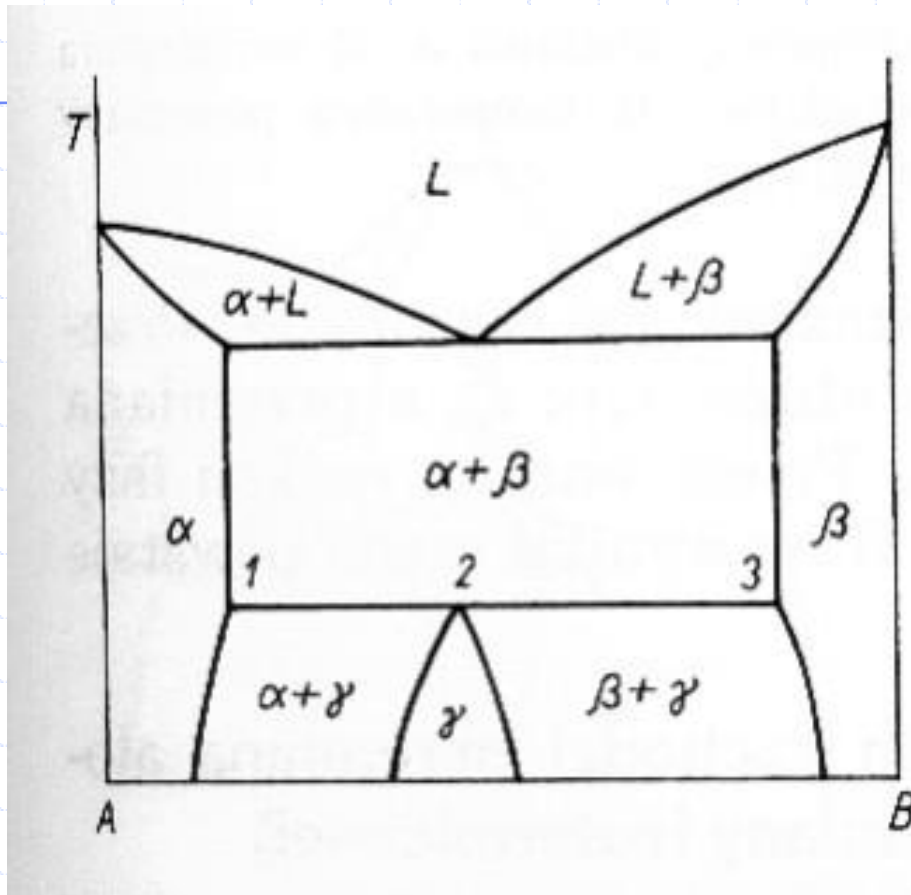


Przemiana eutektoidalna zachodzi w stanie stałym:

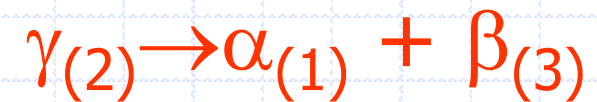


Wtórny roztwór stały γ o składzie punktu 2 ulega rozkładowi w temp. t_e na mieszaninę eutektoidalną faz (zwaną również **Eutektoidą**): α o składzie punktu 1 i β o składzie punktu 3

Wykresy równowagi fazowej



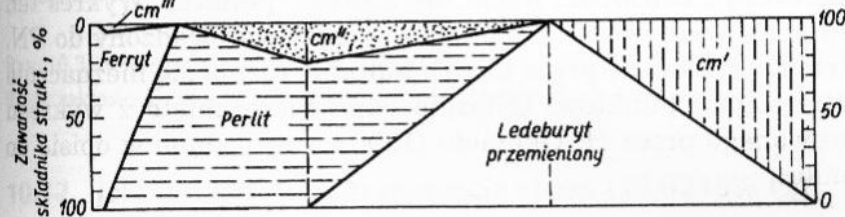
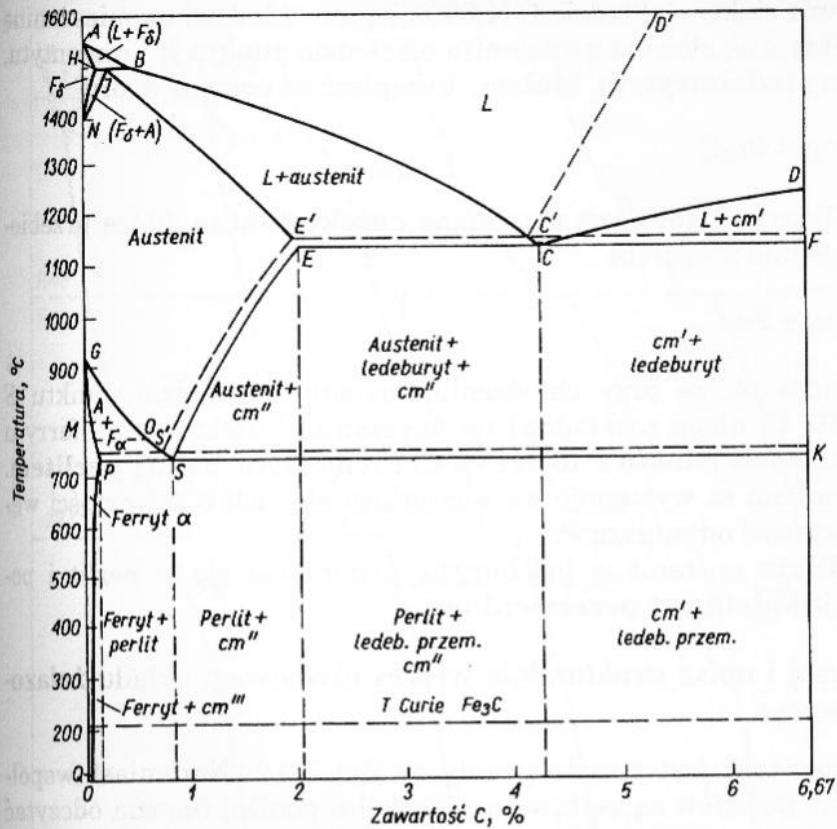
Przemiana perytektoidalna zachodzi w stanie stałym:



Z roztworu γ o składzie punktu 2 powstaje mieszanina faz złożona o składzie punktu 1 β o składzie punktu 3.

Przemiana **perytektoidalna** jest jakby odwrotnością przemiany **eutektoidalnej**

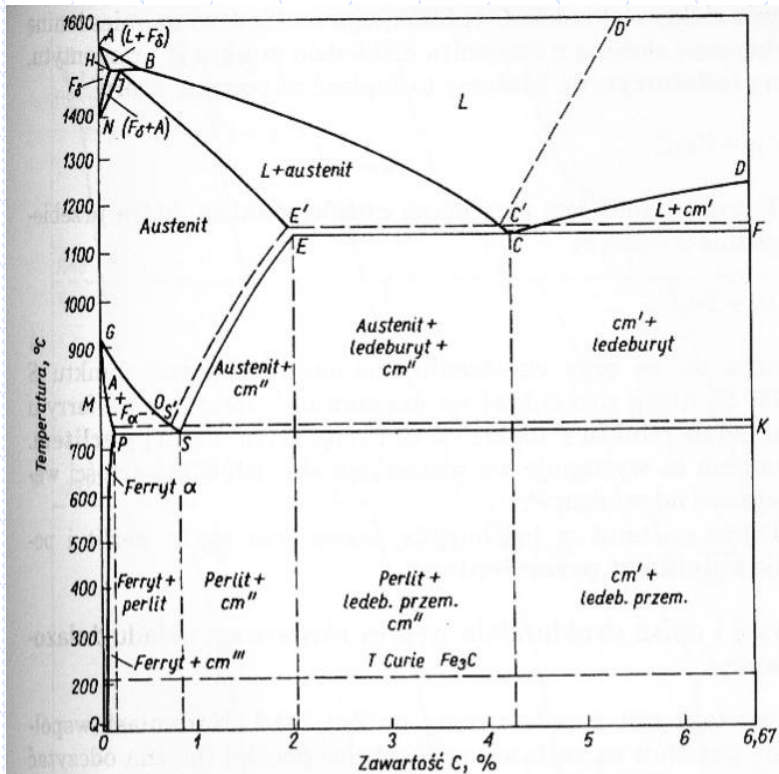
Wykresy równowagi fazowej



Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.
A	0	1538	E	2,11	1148	N	0	1394
B	0,53	1495	E'	2,08	1154	P	0,0218	727
C	4,30	1148	G	0	912	S	0,77	727
C'	4,26	1154	H	0,09	1495	S'	0,68	738
D	6,67	1227	J	0,17	1495	Q	0,008	20

Układ żelazo-cementyt
Podstawa procesów metalurgicznych

Wykresy równowagi fazowej żelazo-cementyt



Żelazo:

Występuje w trzech odmianach alotropowych:

żelazo δ - trwały w temp. 1538°C-1394°C;

żelazo γ - trwały w temp. 1394°C-912°C

żelazo α - trwały w temp. poniżej 912°C

Cementyt - węgiel żelaza Fe_3C ;

Ferryt δ - roztwór węgla w żelazie δ ;

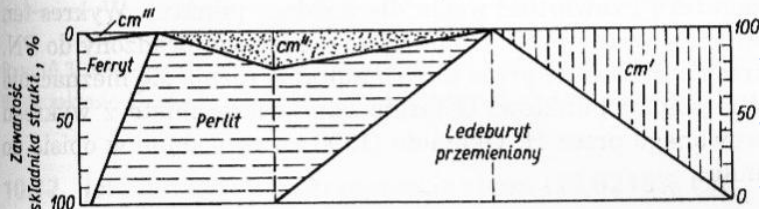
Ferryt α - roztwór węgla w żelazie α ;

Austenit - roztwór węgla w żelazie γ

Ledeburyt - mieszanina eutektyczna austenitu z cementytem;

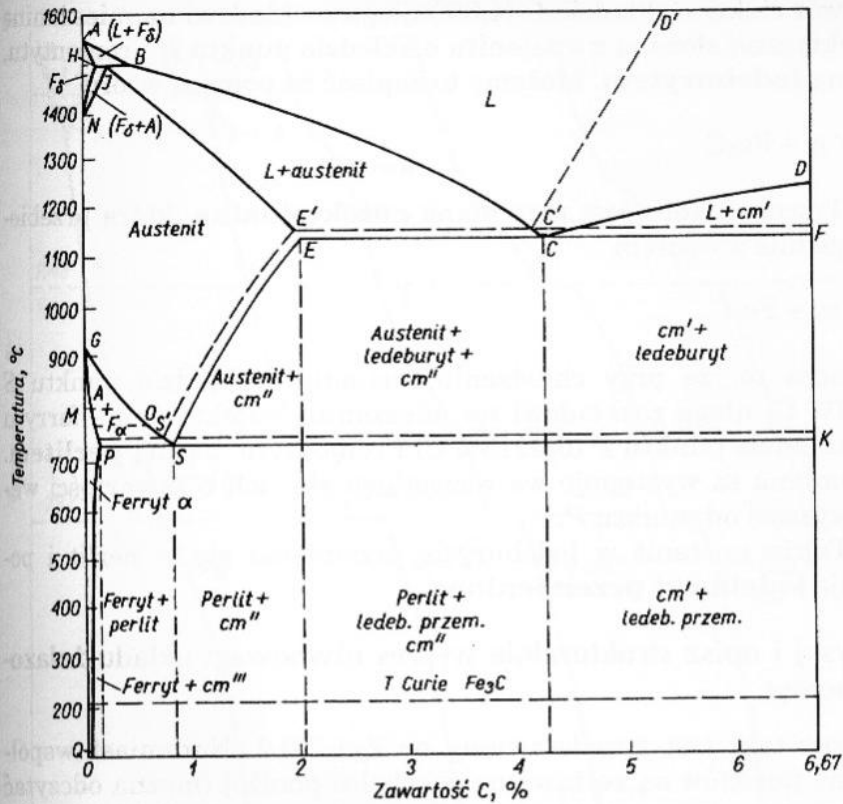
Perlit – mieszanina eutektoidalna ferrytu α z cementytem

Ledeburyt przemieniony - mieszanina perlitu z cementytem



Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.
A	0	1538	E	2,11	1148	N	0	1394
B	0,53	1495	E'	2,08	1154	P	0,0218	727
C	4,30	1148	G	0	912	S	0,77	727
C'	4,26	1154	H	0,09	1495	S'	0,68	738
D	6,67	1227	J	0,17	1495	Q	0,008	20

Wykresy równowagi fazowej żelazo-cementyt



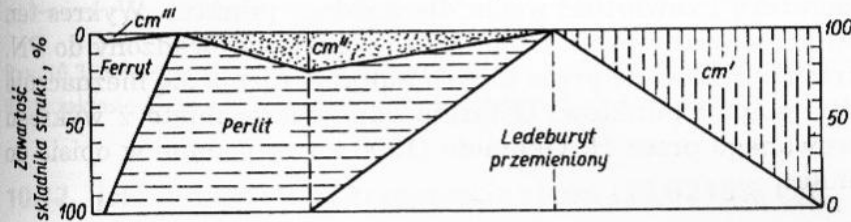
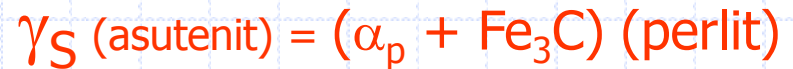
Przemiana Perytektyczna



Przemiana Eutektyczna



Przemiana Eutektoidalna



Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.	Ozn.	% C	Temp.
A	0	1538	E	2,11	1148	N	0	1394
B	0,53	1495	E'	2,08	1154	P	0,0218	727
C	4,30	1148	G	0	912	S	0,77	727
C'	4,26	1154	H	0,09	1495	S'	0,68	738
D	6,67	1227	J	0,17	1495	Q	0,008	20