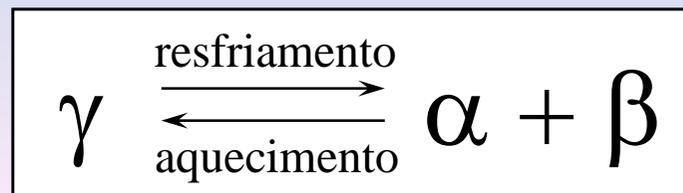
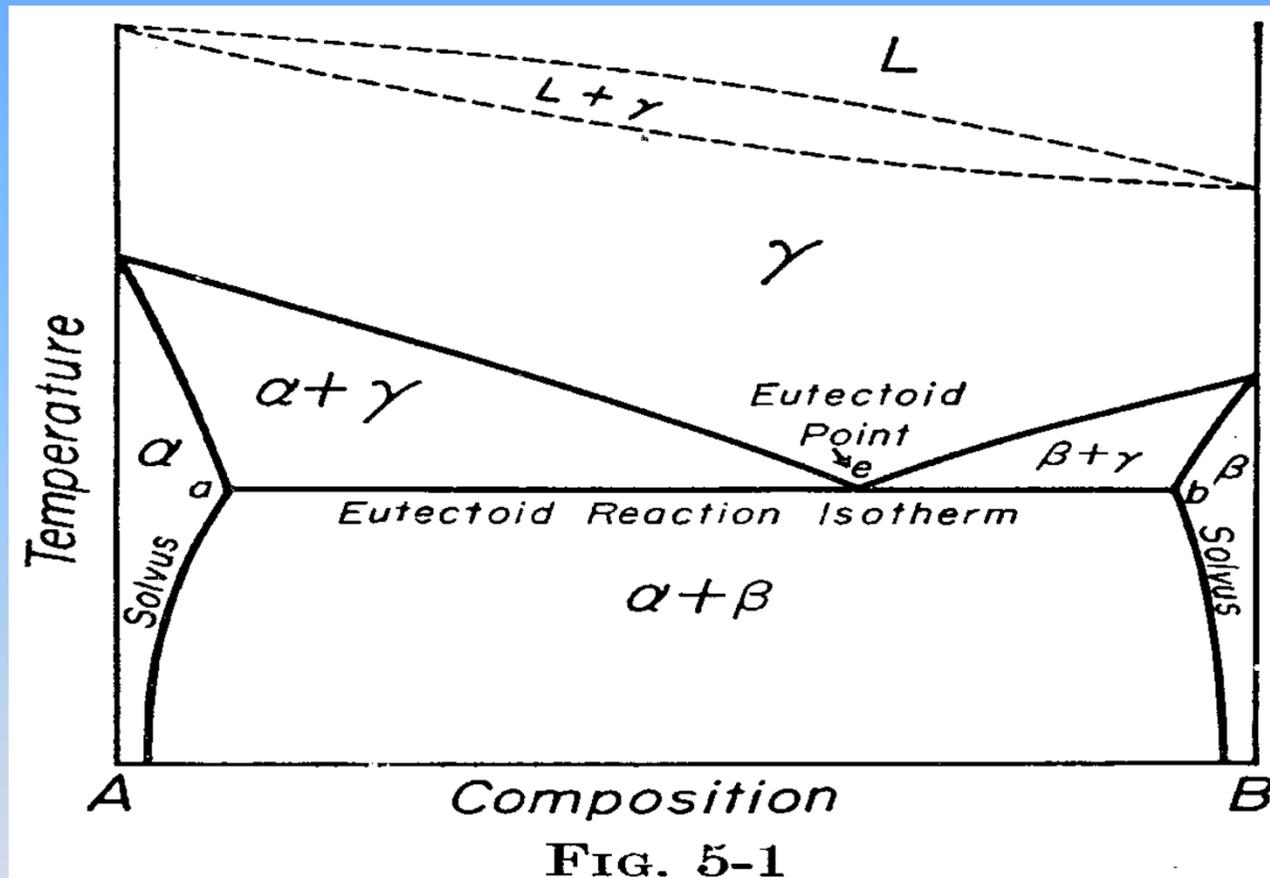


5 - SISTEMAS EUTETÓIDES BINÁRIOS



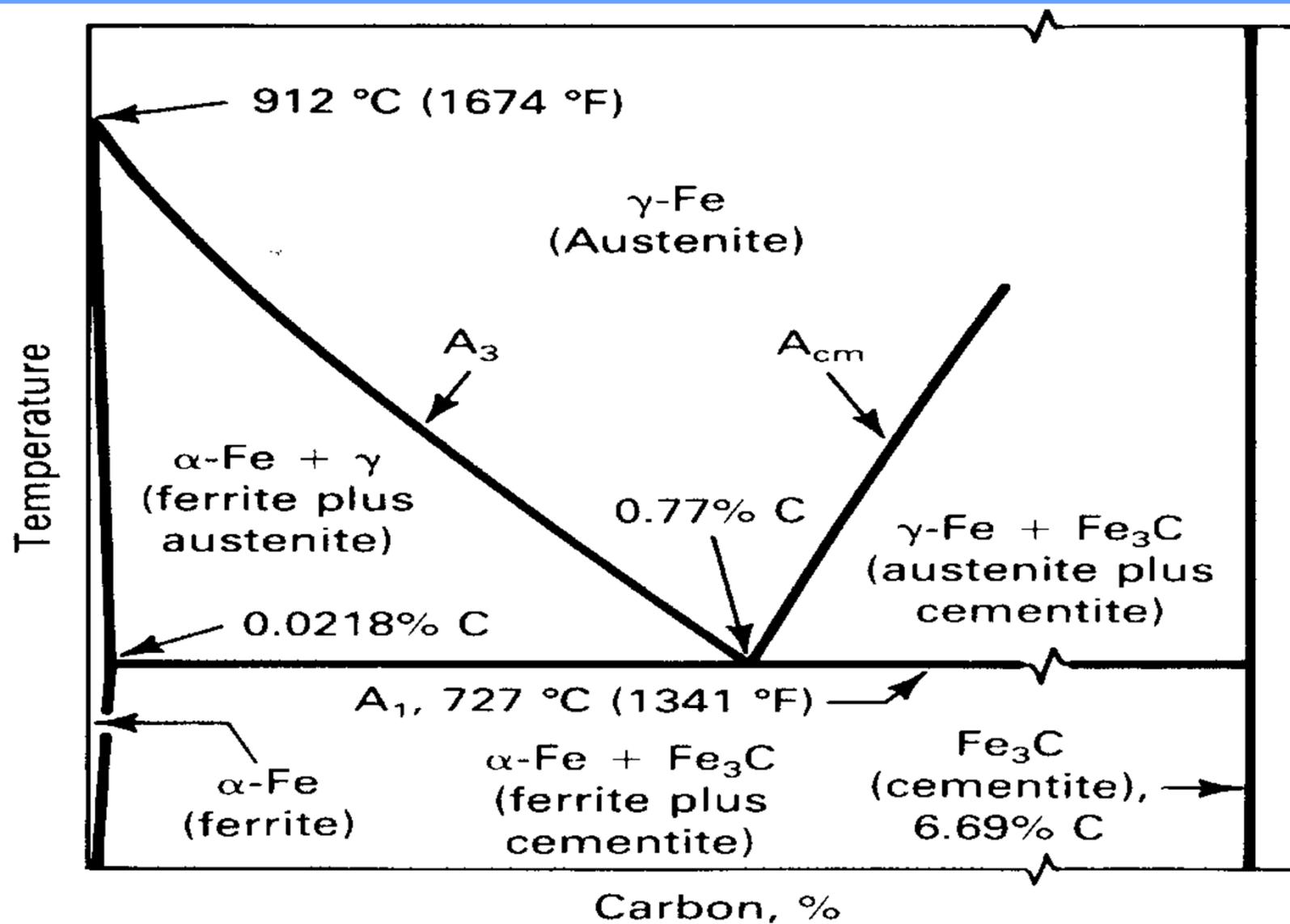
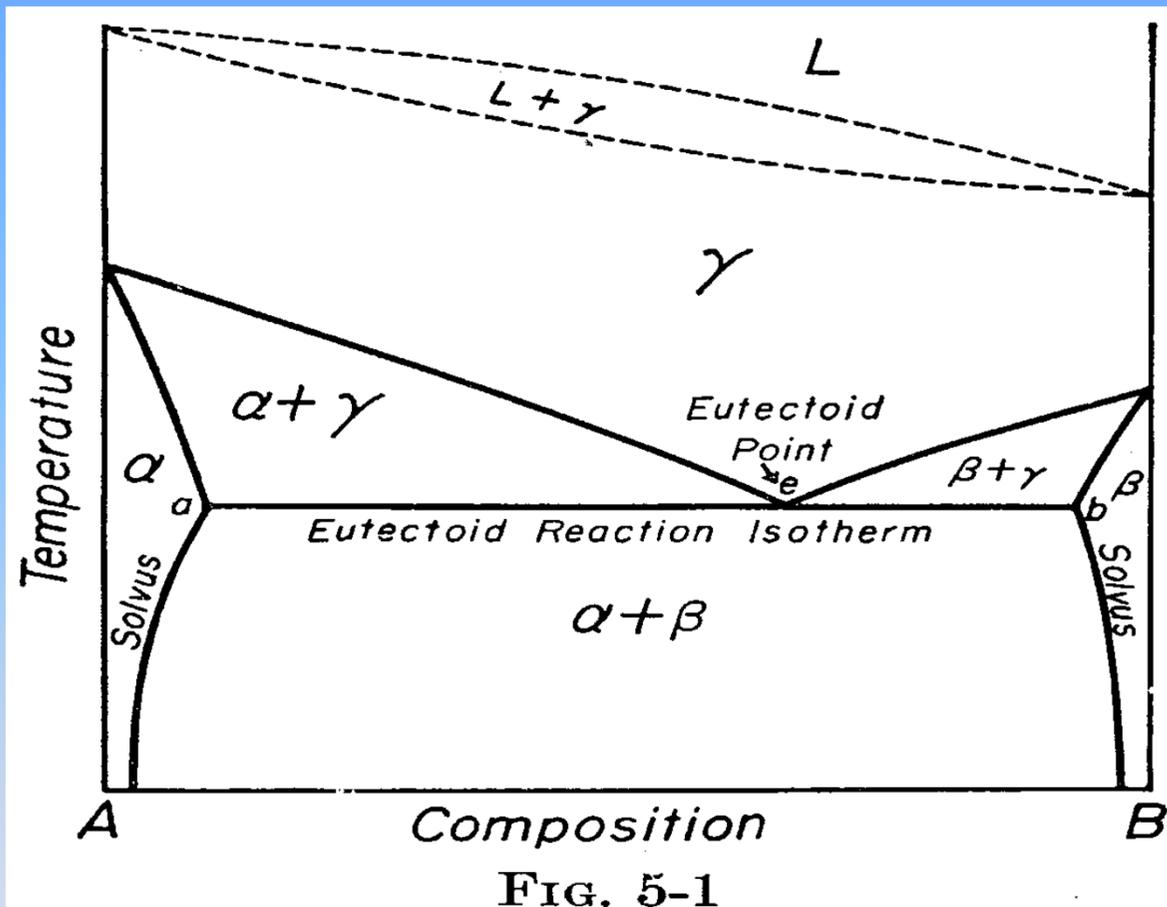


Fig. 2 Eutectoid region of the Fe-Fe₃C phase diagram

5.1 - Aplicação da regra das fases



- equilíbrio invariante:
 $F = 0$; $C = 2$; $P = 3$
(dado pela linha eutetóide “a-e-b”)

- equilíbrio univariante:
 $F = 1$; $C = 2$; $P = 2$
(regiões $\gamma+\alpha$, $\gamma+\beta$ e $\alpha+\beta$)

- equilíbrio bivariante:
 $F = 2$; $C = 2$; $P = 1$
(regiões marcadas como α , β e γ)

$$P + F = C + 1$$

(pressão constante)

5.2 - Liga de composição eutetóide

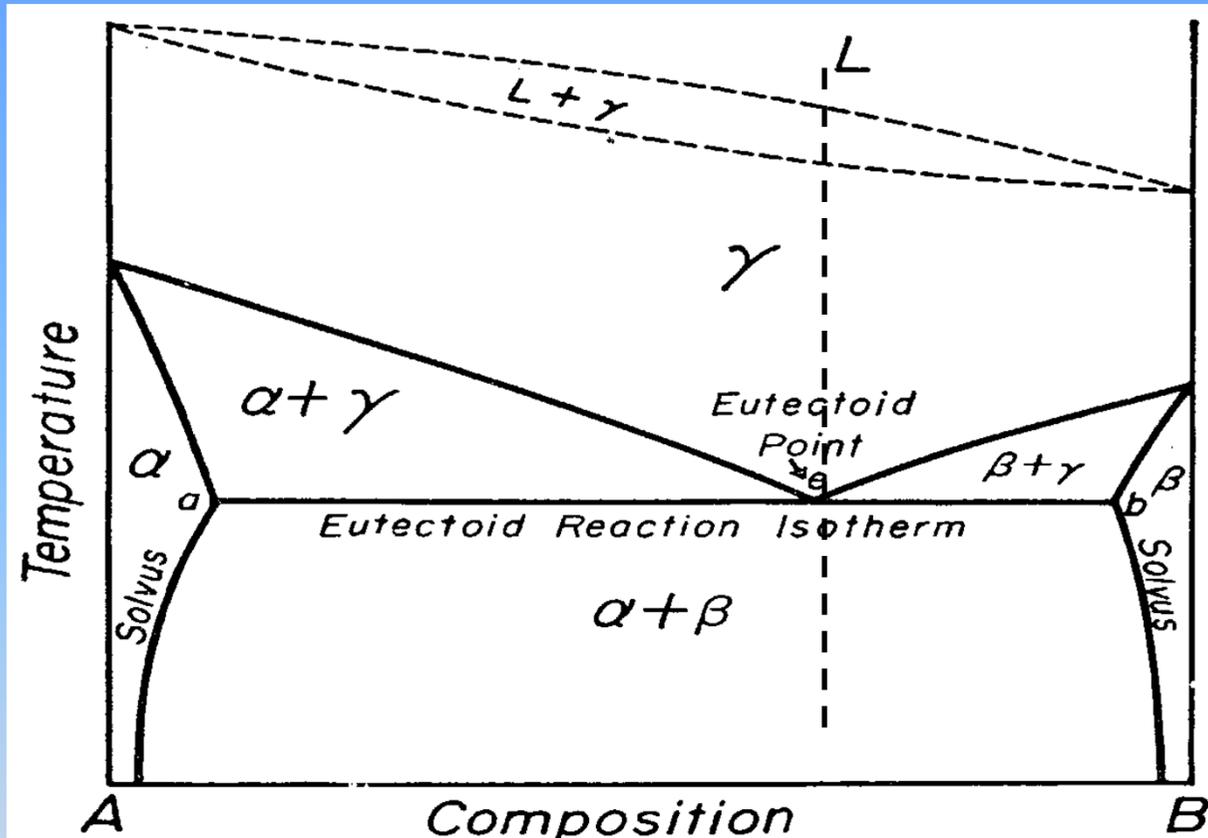
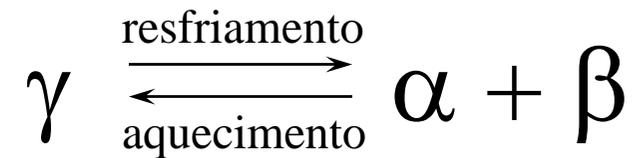


FIG. 5-1

No resfriamento de uma liga de composição eutetóide através da temperatura eutetóide ocorre a decomposição da fase sólida γ em duas outras fases sólidas α e β . No aquecimento, as fases α e β reagem para formar a fase γ de composição dada pelo ponto eutetóide. Estas transformações são expressas por



As quantidades relativas das fases α e β , a um infinitésimo de temperatura abaixo da temperatura eutetóide são dadas por

$$\% \alpha = \frac{eb}{ab} \times 100$$

$$\% \beta = \frac{ae}{ab} \times 100$$

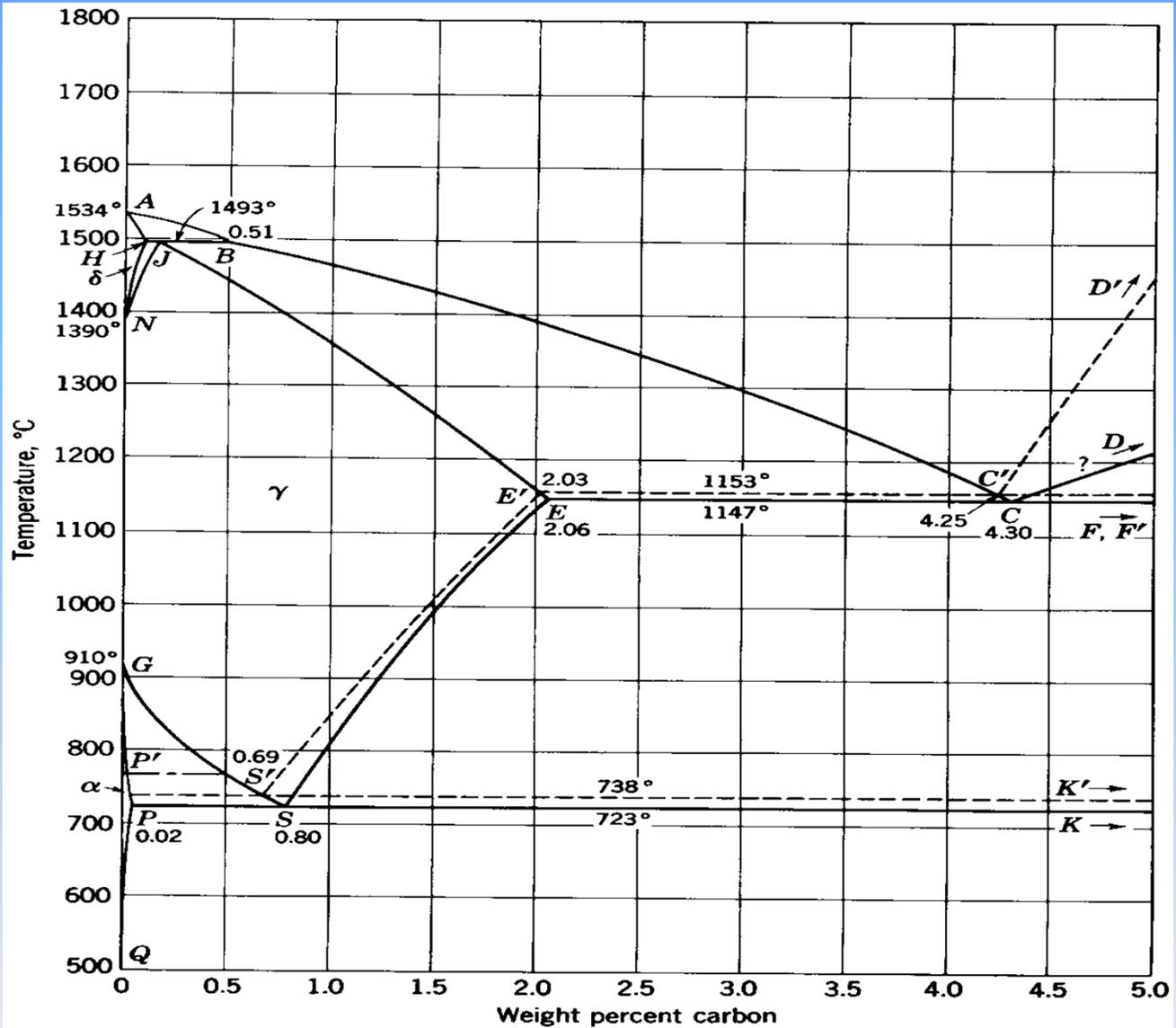
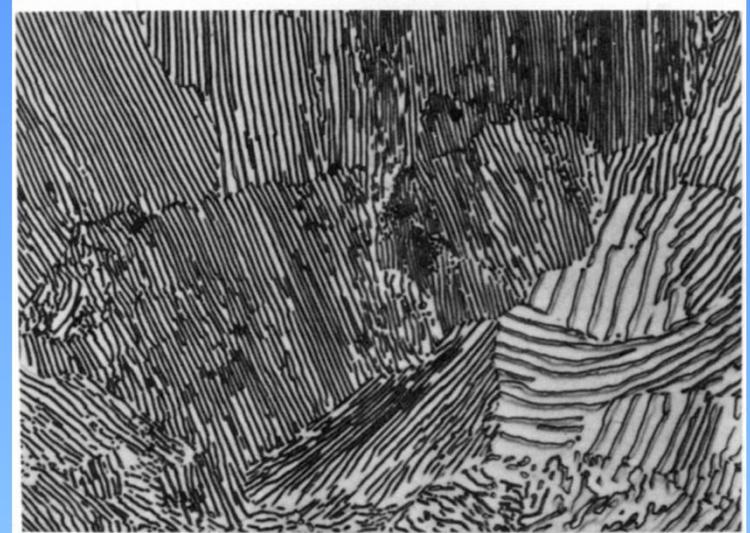
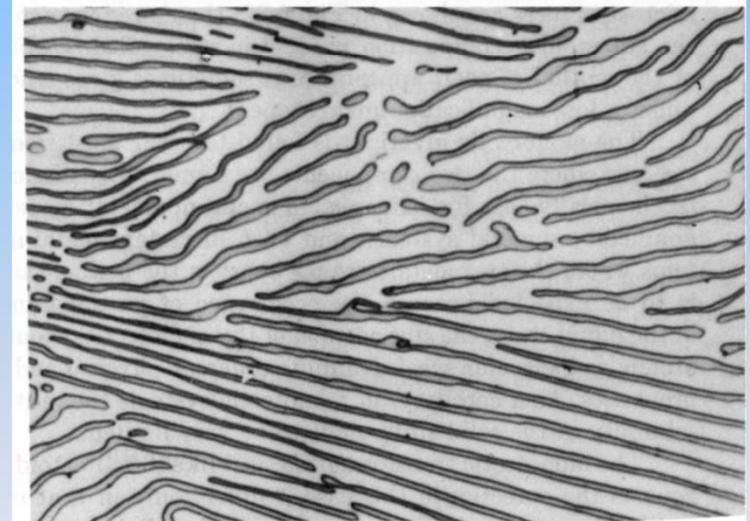


Fig. 6.25 The iron-carbon phase diagram. (From Hansen.^{4.17})



(a)



(b)

Fig. 6.22 The microstructure of pearlite, (a) 1000X; (b) 2500X. (From Bain and Paxton, "Alloying Elements in Steel," ASM. Courtesy J. R. Vilella and H. C. Knechtel, Edgar C. Bain Laboratory for Fundamental Research, United States Steel Corp., Monroeville, Pa.)

5.3 - Ligas hipoeutetóides e hipereutetóides

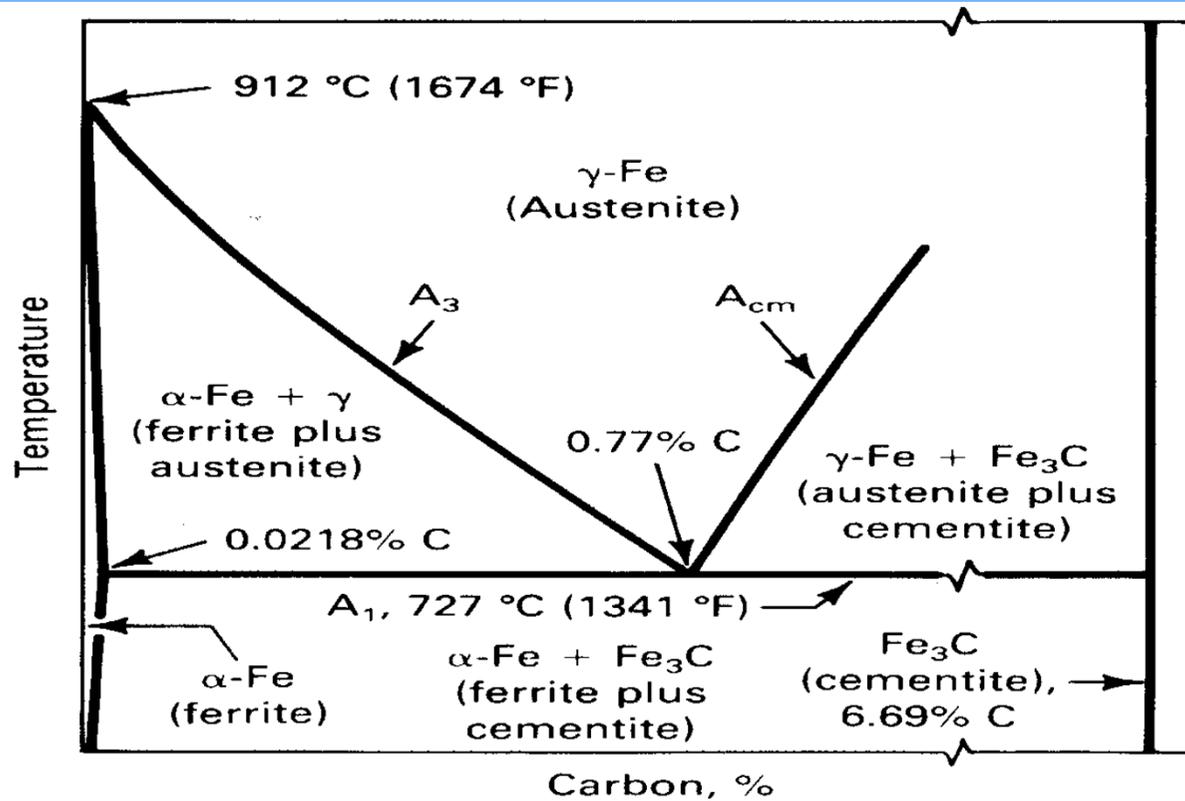


Fig. 2 Eutectoid region of the Fe-Fe₃C phase diagram

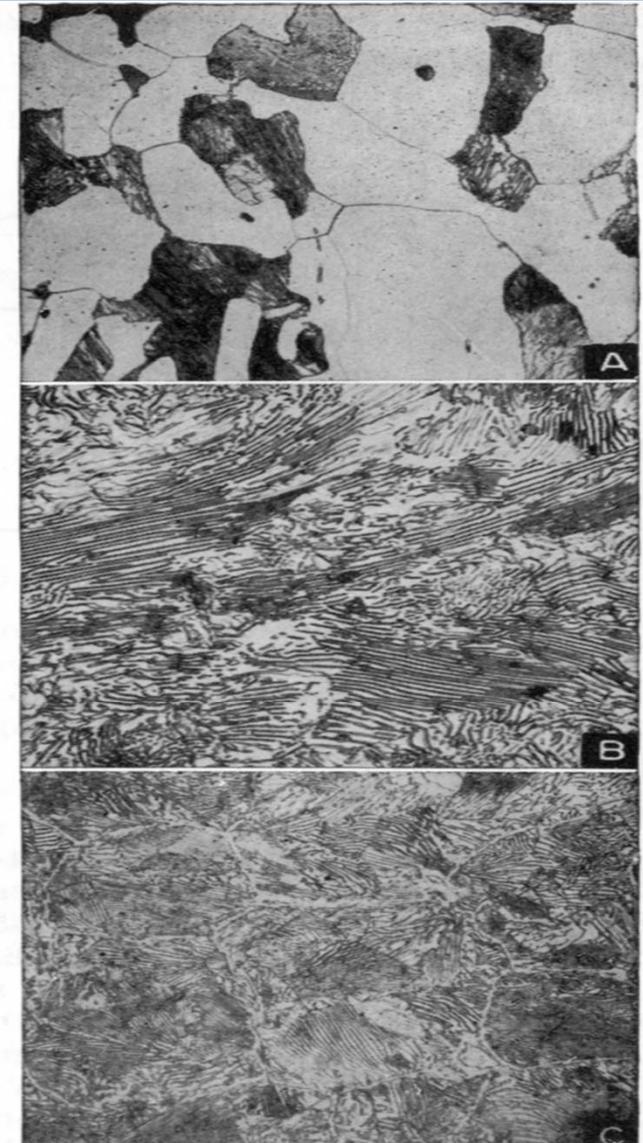


FIG. 5-3. (A) Hypoeutectoid steel, 0.3% C. Light areas are proeutectoid ferrite (α); dark areas are the pearlitic eutectoid constituent ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$). Magnification 500. (B) Eutectoid steel, 0.8% carbon, typical pearlite ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$). Magnification 500. (C) Hypereutectoid steel, 1.2% C. Thin bands of proeutectoid cementite (Fe_3C), light gray, outline the grains of pearlitic eutectoid constituent ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$). Magnification 500.

5.4 - Transformação fora do equilíbrio

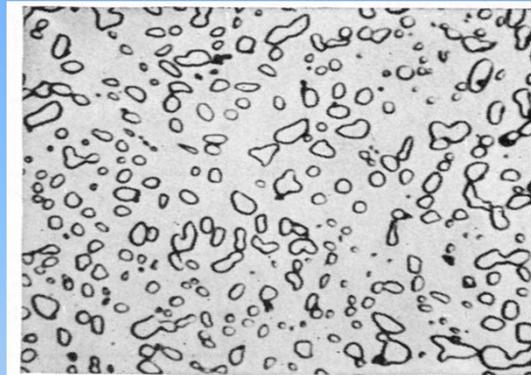
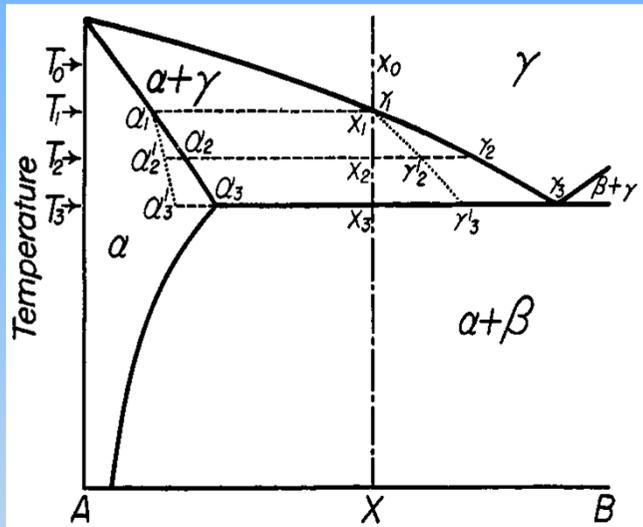


FIG. 5-13. Eutectoid steel in which the Fe₃C has been spheroidized by long heating at a temperature slightly below that of the eutectoid equilibrium; compare with Fig. 5-5A. Magnification 1,500.

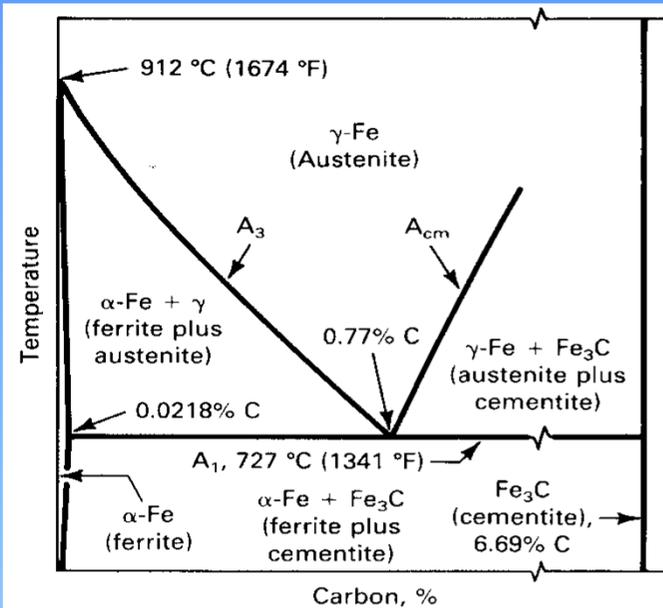


Fig. 2 Eutectoid region of the Fe-Fe₃C phase diagram

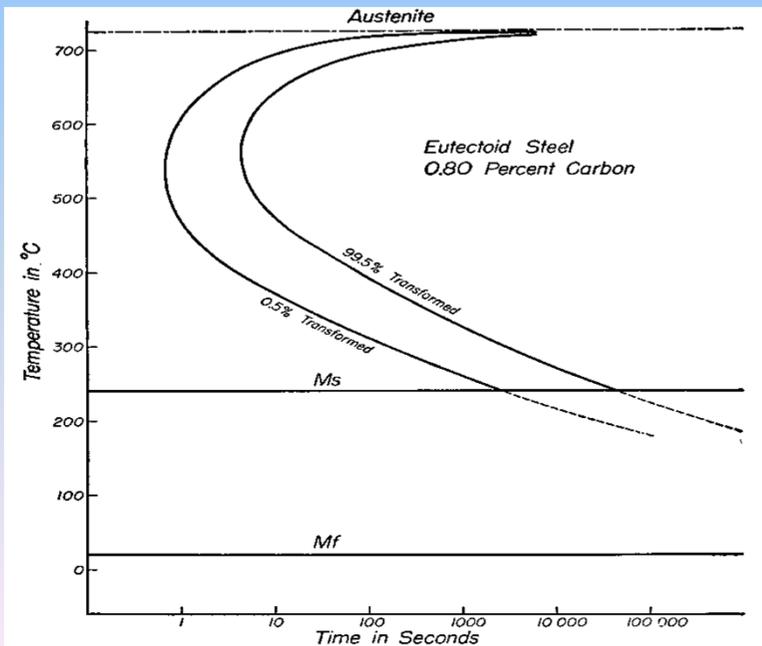


Fig. 5-6. Typical time-temperature-transformation (TTT) curve.

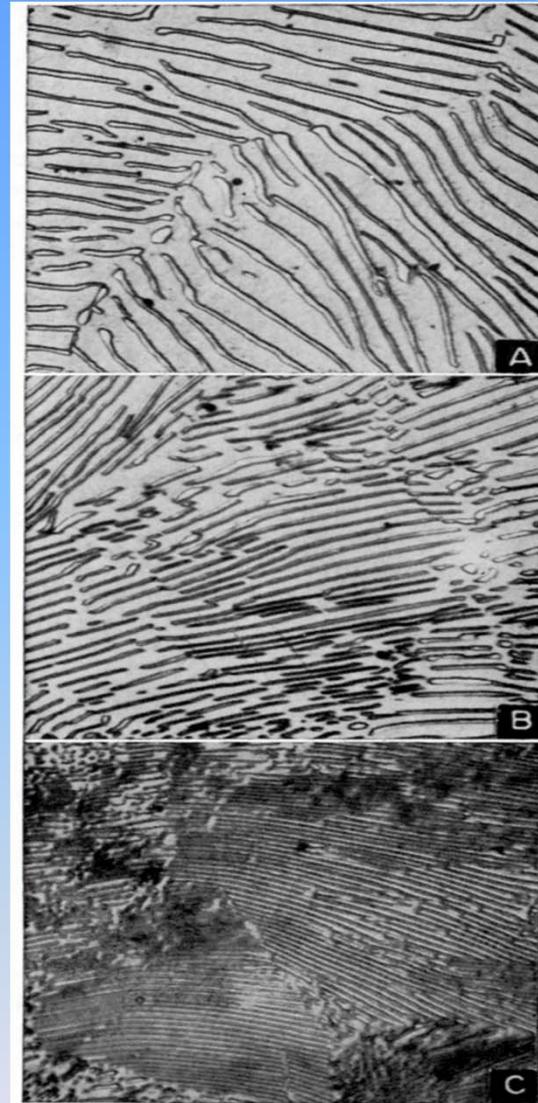
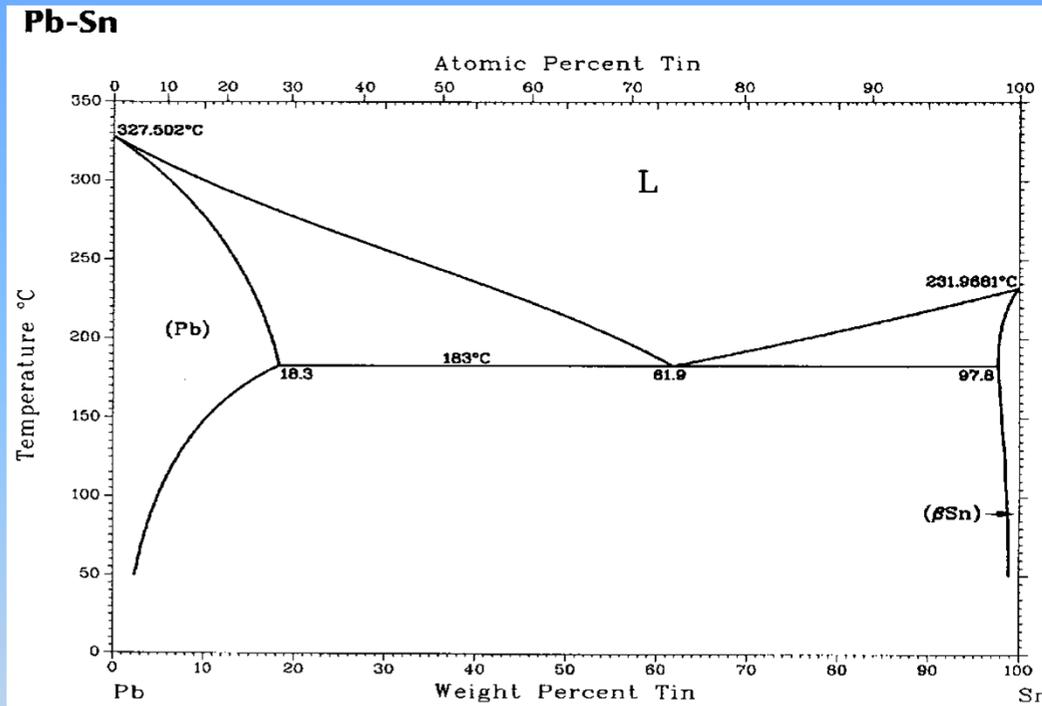


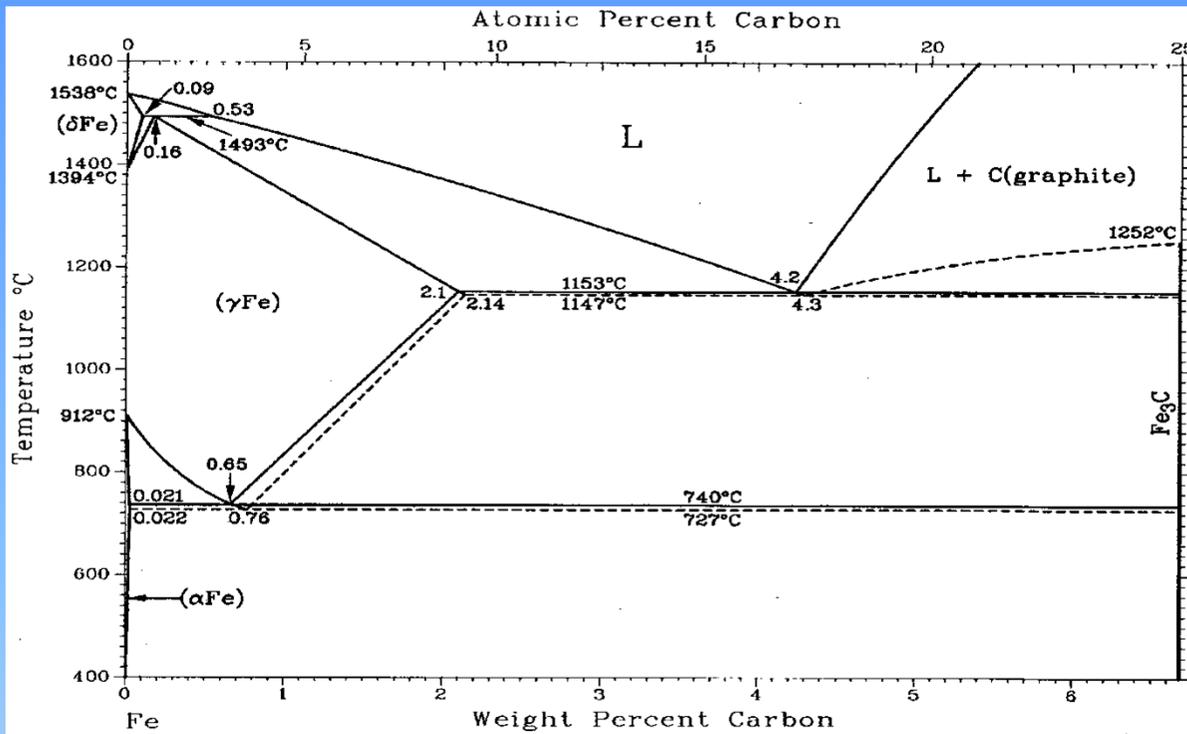
FIG. 5-5. Illustrates the variation in pearlite lamella spacing with temperature of formation: (A) formed at the highest temperature, (B) formed at an intermediate temperature, and (C) formed at the lowest temperature Magnification 1,500.

EXERCÍCIOS



- 1) Para uma liga com 40% Sn-60% Pb a 150 $^{\circ}\text{C}$,
 - a) Qual(quais) fase(s) está(ão) presente(s) neste equilíbrio e qual o grau de liberdade do sistema nestas condições?
 - b) Quais as quantidades relativas de α e β em peso e volume, considerando as densidades de $\alpha=11,2\text{g/cm}^3$ e $\beta=7,3\text{g/cm}^3$?
 - c) Com o aquecimento em equilíbrio desta liga, em qual temperatura aparecem os primeiros sinais da fase líquida? Qual a composição deste líquido? em qual temperatura ocorre a fusão total da liga? qual a composição do último sólido presente antes da fusão total da liga?

- 2) Uma amostra de 1,5kg de uma liga contendo 90% Pb-10% Sn é aquecida a 250 $^{\circ}\text{C}$, sendo nesta temperatura composta inteiramente de solução sólida α . A liga deve ser levada a um estado tal que seja composta de 50% em peso de fase líquida e o restante de α . Isto pode ser conseguido tanto pelo aquecimento da liga dada quanto pela variação de composição à temperatura constante. Para isso, pergunta-se:
 - a) A qual temperatura deve-se aquecer a amostra?
 - b) Quanto Sn deve ser adicionado aos 1,5kg da liga a 250 $^{\circ}\text{C}$?



3) Calcule as frações mássicas de ferrita e cementita na perlita.

4) Qual a composição de carbono de uma liga ferro-carbono para a qual a fração de ferrita total a 726°C é 0,94.

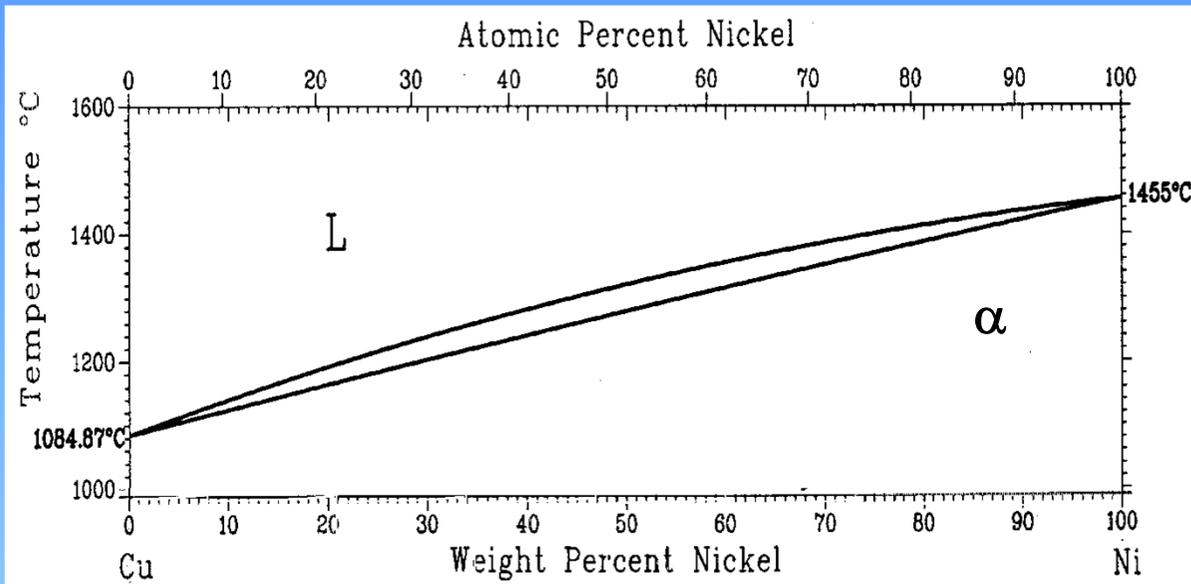
5) Geralmente, as propriedades de ligas multifásicas podem ser aproximadas pela relação

$$E(\text{liga}) = E_{\alpha} V_{\alpha} + E_{\beta} V_{\beta}$$

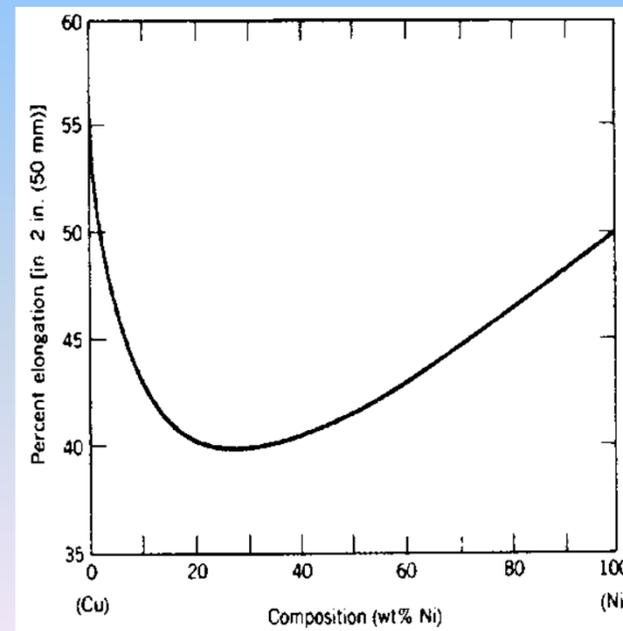
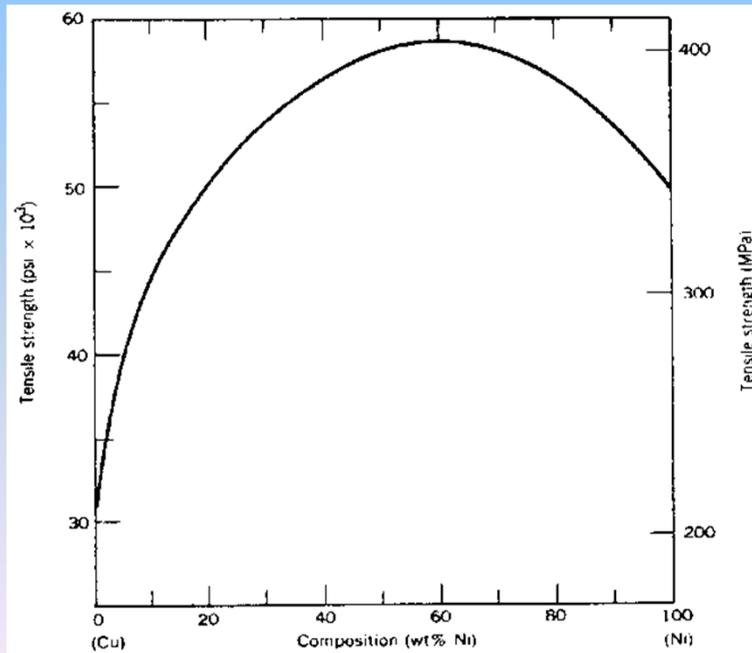
onde E representa uma propriedade específica (dureza, módulo de elasticidade, etc.), e V é a fração volumétrica. Os índices α e β designam as fases ou microconstituintes existentes. Empregue a relação acima para determinar a dureza Brinell aproximada de uma liga contendo 99,8wt%Fe-0,2wt%C. Assumir os valores de dureza Brinell da ferrita e perlita como sendo 80 e 280 HB respectivamente, e a densidade da ferrita $\rho=7,88\text{g/cm}^3$ e da cementita $\rho=7,6\text{g/cm}^3$.

6) Para uma liga com 99,65%Fe-0,35%C a uma temperatura imediatamente abaixo da temperatura de transformação eutetóide, determine:

- as frações de cementita e ferrita total,
- as frações de ferrita primária e perlita,
- a fração de ferrita eutetóide.

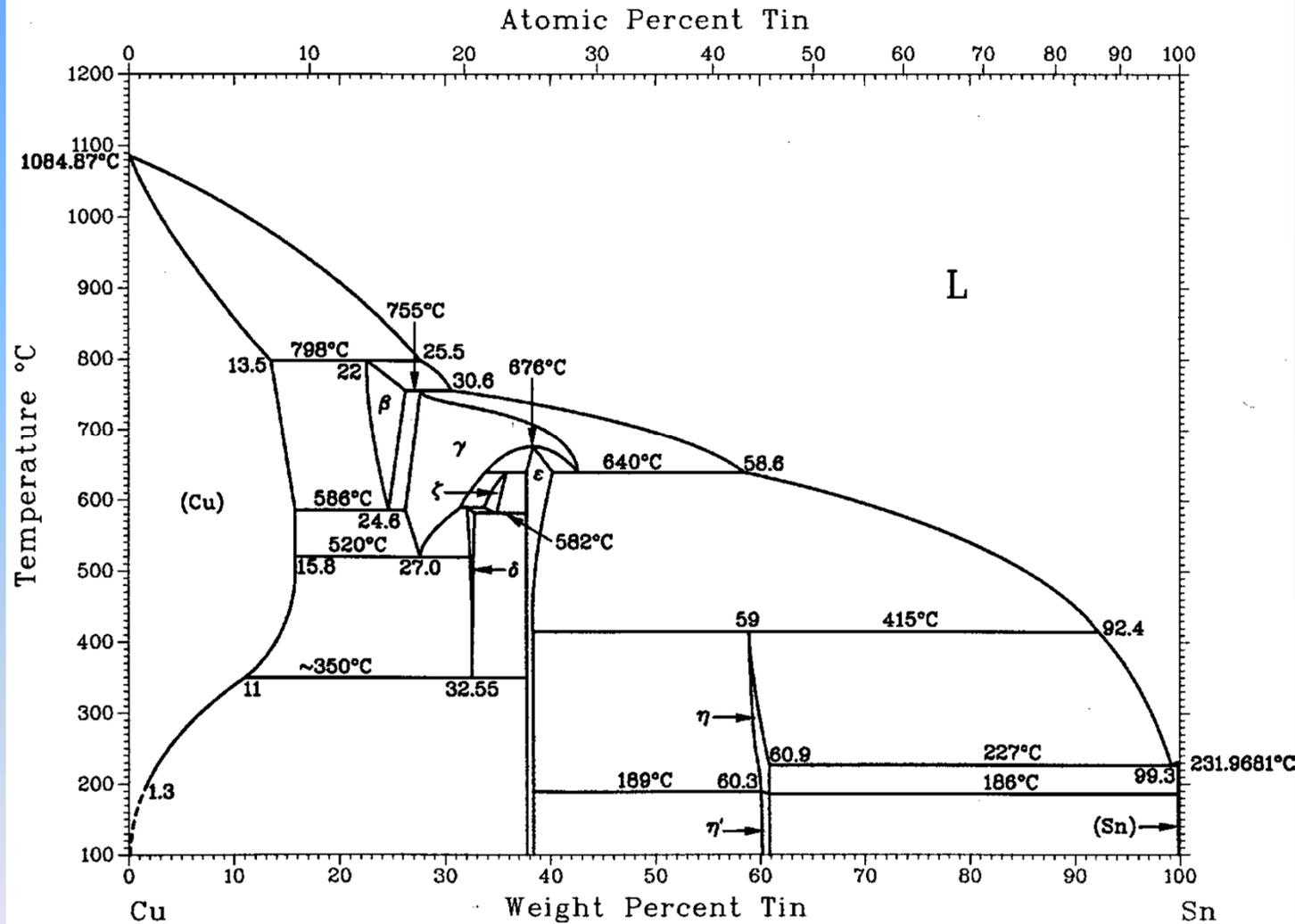


6) Quais as fases, suas composições e frações mássicas que estão em equilíbrio a 1300°C em uma liga contendo iguais partes em peso de Cu e Ni? Com o aquecimento em equilíbrio desta liga, de 1000°C a 1600°C, em qual temperatura aparecem os primeiros sinais da fase líquida? Qual a composição deste líquido? em qual temperatura ocorre a fusão total da liga? qual a composição do último sólido presente antes da fusão total da liga?



7) Deseja-se produzir uma liga cobre-níquel que tenha um mínimo de resistência à tração (sem deformação a frio) de 380MPa (55000psi) e uma ductilidade de no mínimo 45%EL. É possível produzir tal liga? Se sim, qual deve ser sua composição? Se não, explique o motivo.

Cu-Sn



8) No diagrama Cu-Sn acima estão indicadas somente as regiões monofásicas. Identifique todas as regiões bifásicas e relacione separadamente as transformações trifásicas indicando a reação que ocorre no resfriamento.

9) Quais as fases e frações mássicas presentes a 1000, 800, 600, 355 e 200°C em uma liga contendo 20wt% Sn?