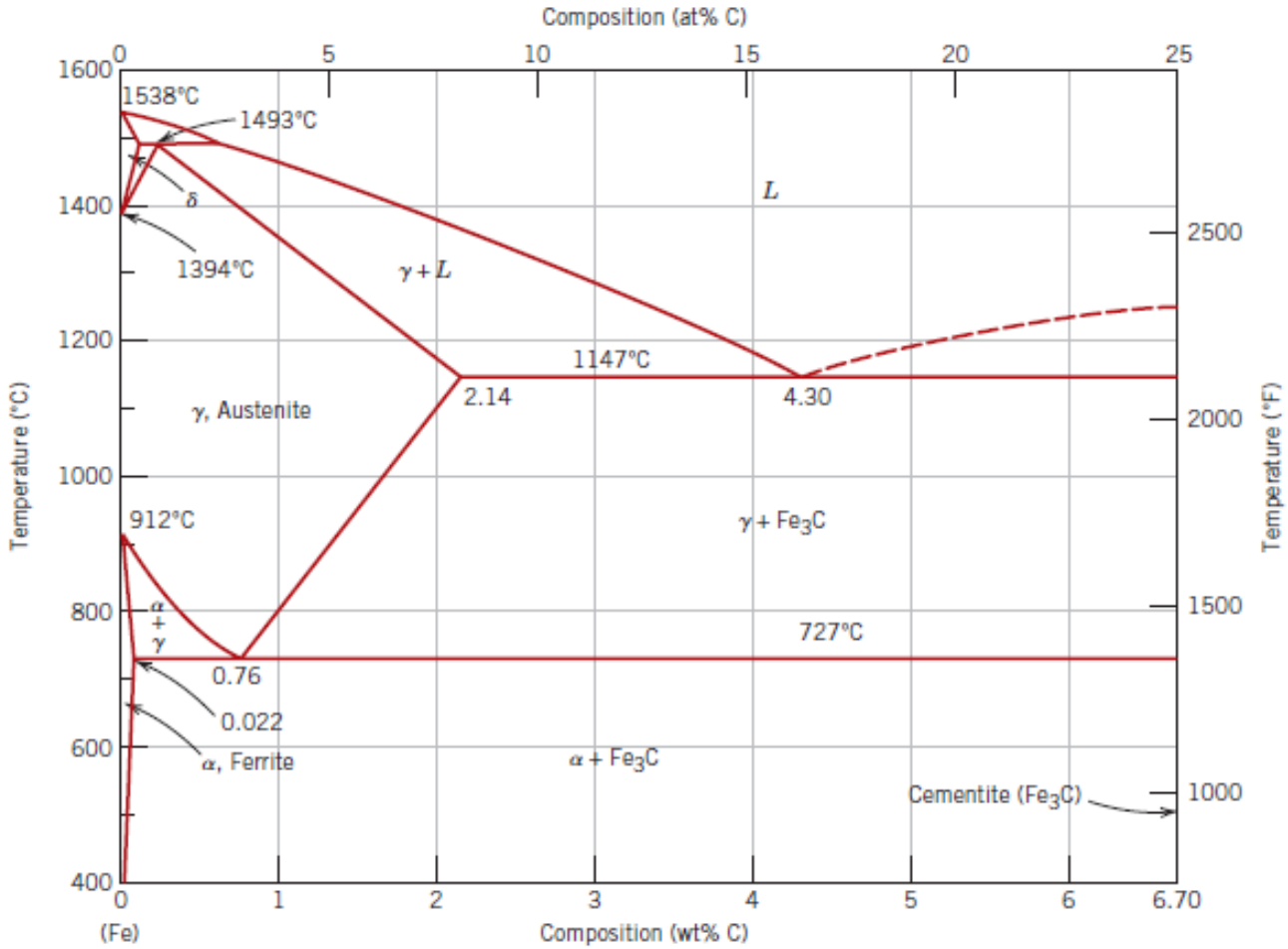
07

CIÊNCIA E ENGENHARIA DOS MATERIAIS

Engenharia de Produção / Engenharia Mecânica
Prof. Luis Fernando Maffeis Martins

maffeis

Diagramas eutetóides



Reação eutetóide

- Uma fase sólida, durante o resfriamento, se transforma em duas fases sólidas diferentes

$$\delta \rightarrow \alpha + \beta$$

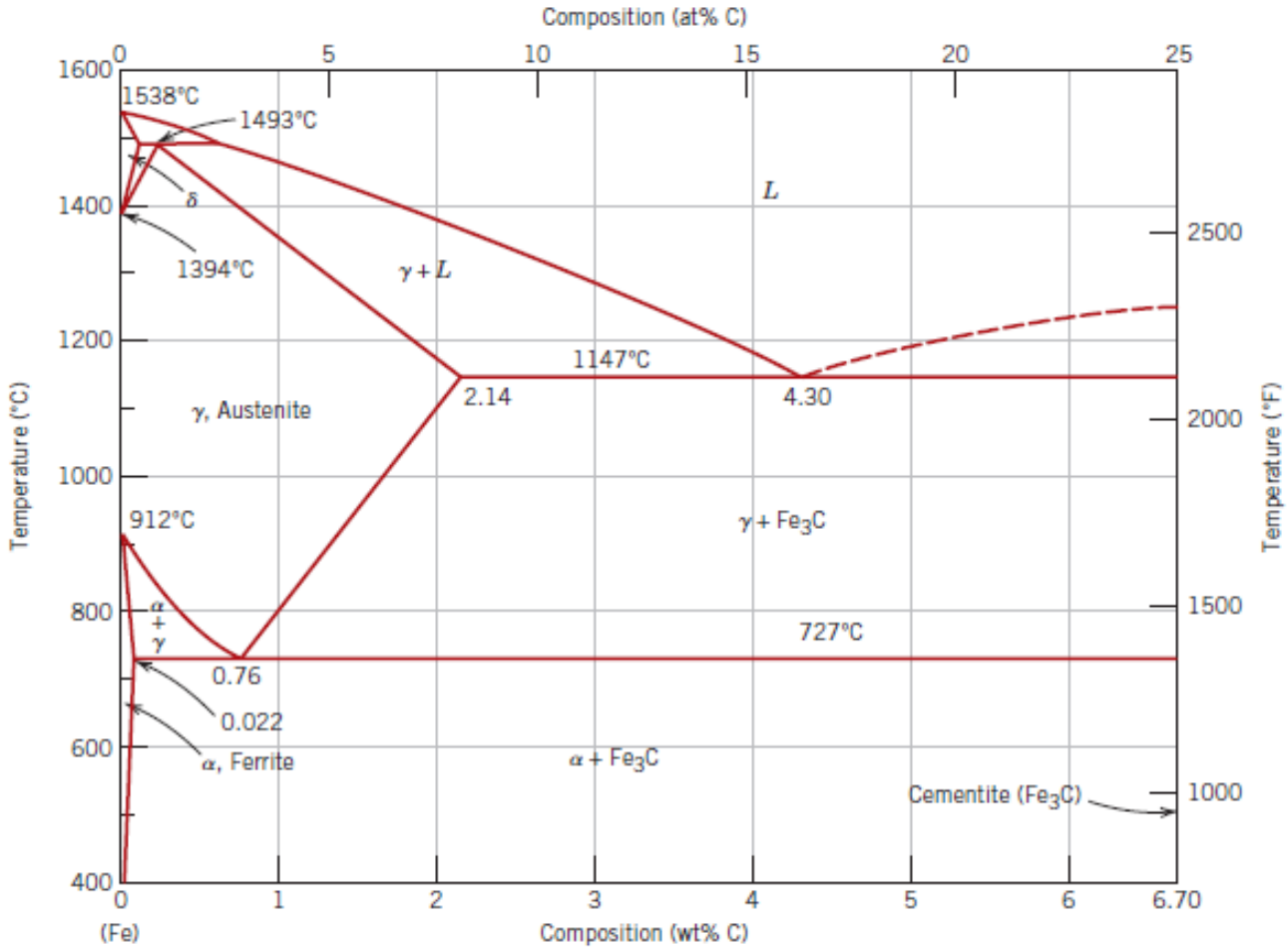
- A temperatura em que a reação eutetóide ocorre é denominada temperatura eutetóide.

- Durante o aquecimento, à temperatura eutetóide, as duas fases sólidas se transformam em uma única fase sólida diferente

$$\alpha + \beta \rightarrow \delta$$

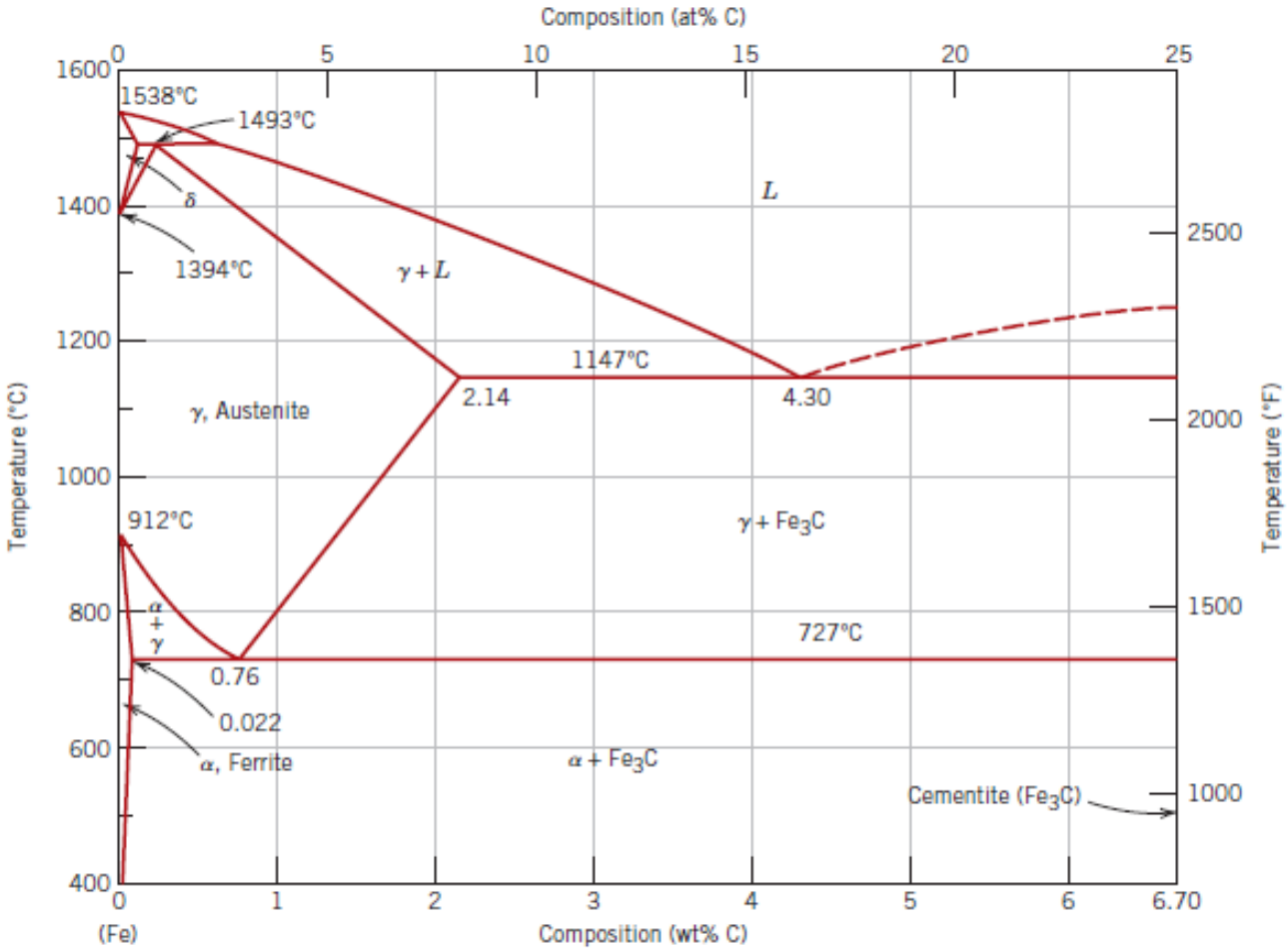
maffeis

Diagramas eutetóides



maffeis

Diagramas Fe-Fe_3C



Ferro

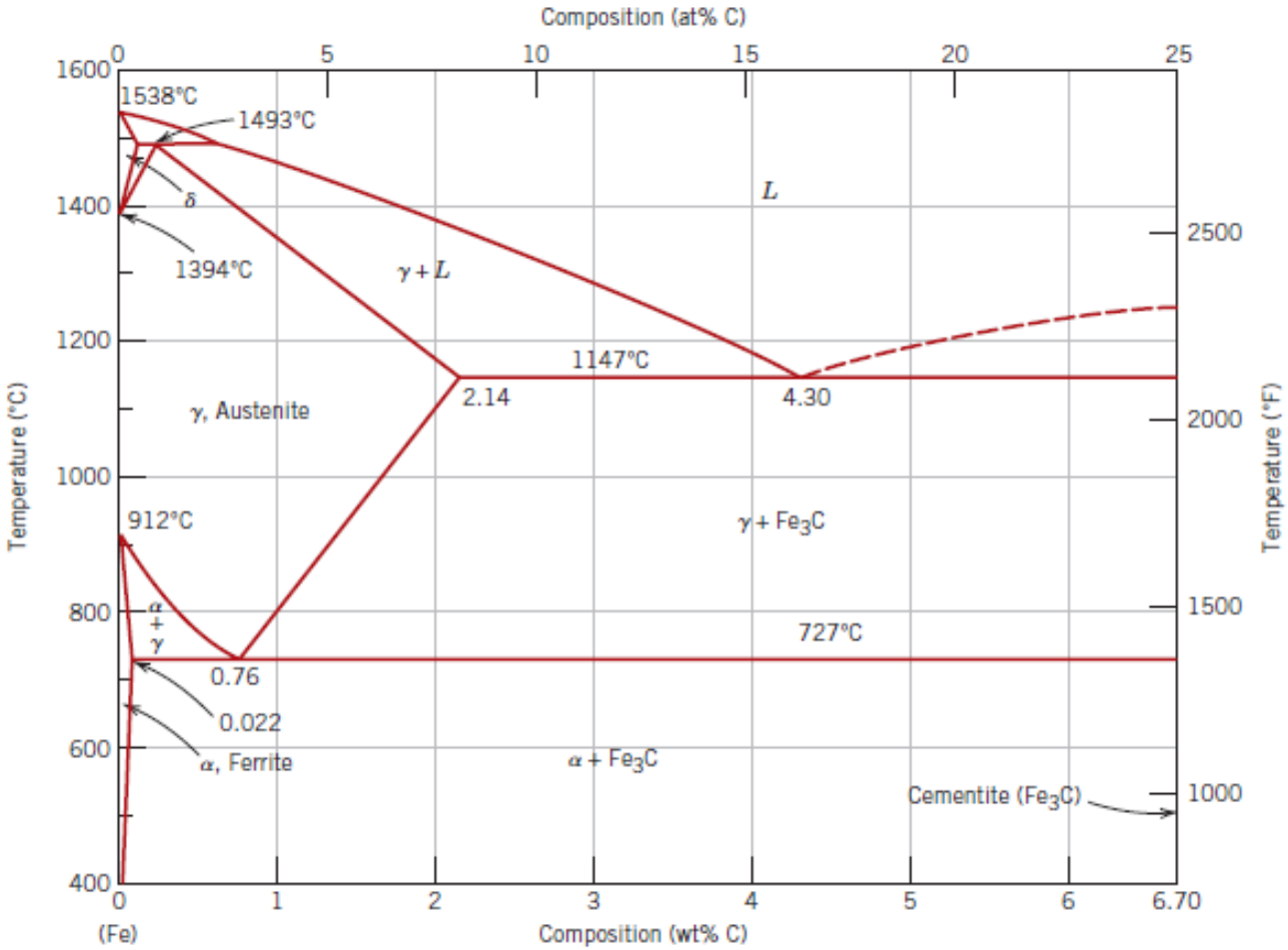
- O ferro apresenta, durante o aquecimento, duas mudanças em sua estrutura cristalina antes de fundir:
  - T < 912 °C -- cúbica de corpo centrado (CCC)
  - T = 912 °C -- CCC → cúbica de faces centradas (CFC)
  - T = 1394 °C -- CFC → CCC
  - T = 1538 °C -- CCC → líquido

Ferro

- T < 912 °C = ferrita - α - CCC
- 912 < T < 1394°C = austenita - γ - CFC
- 1394 < T < 1538 °C = ferrita δ - CCC
- T > 1538 °C = líquido

maffeis

Diagramas Fe-Fe_3C



Sistema Fe-Fe_3C

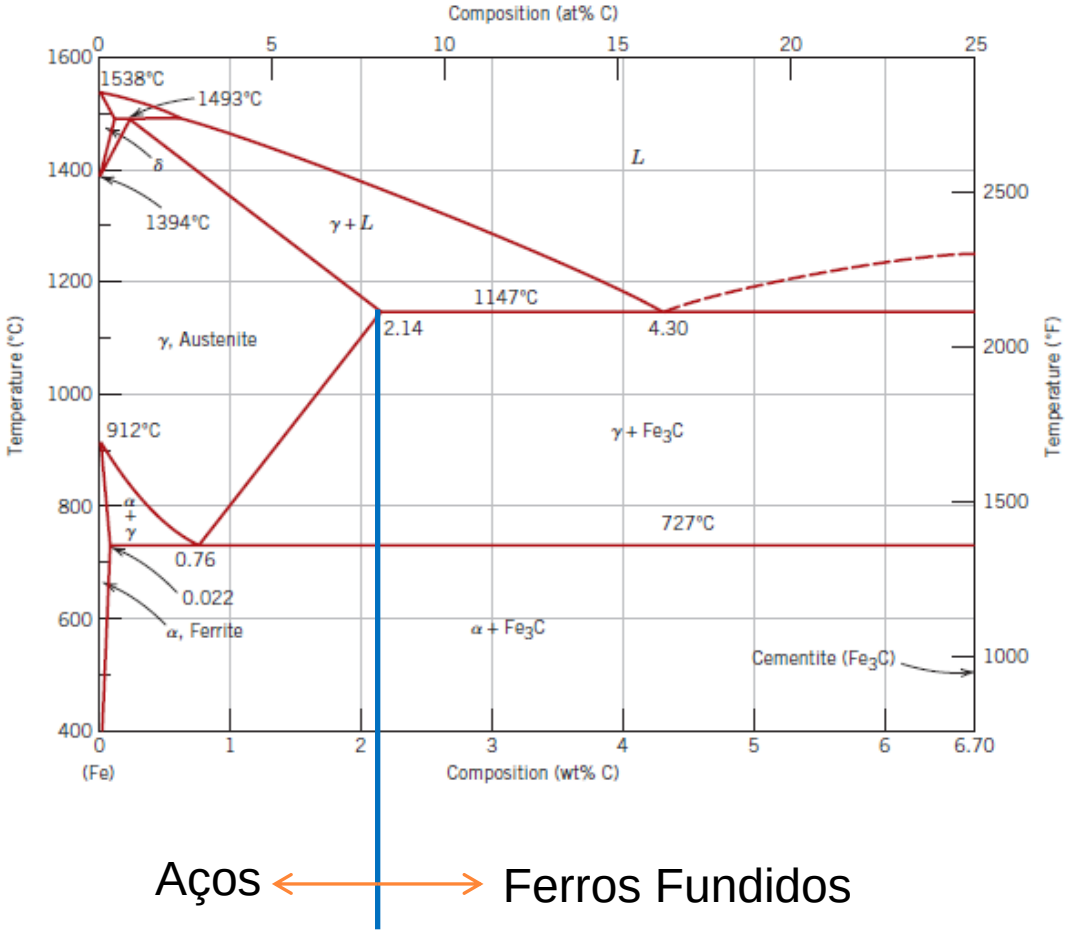
- Reação eutetóide:

$$\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$$

γ = austenita α = ferrita Fe_3C = cementita

maffeis

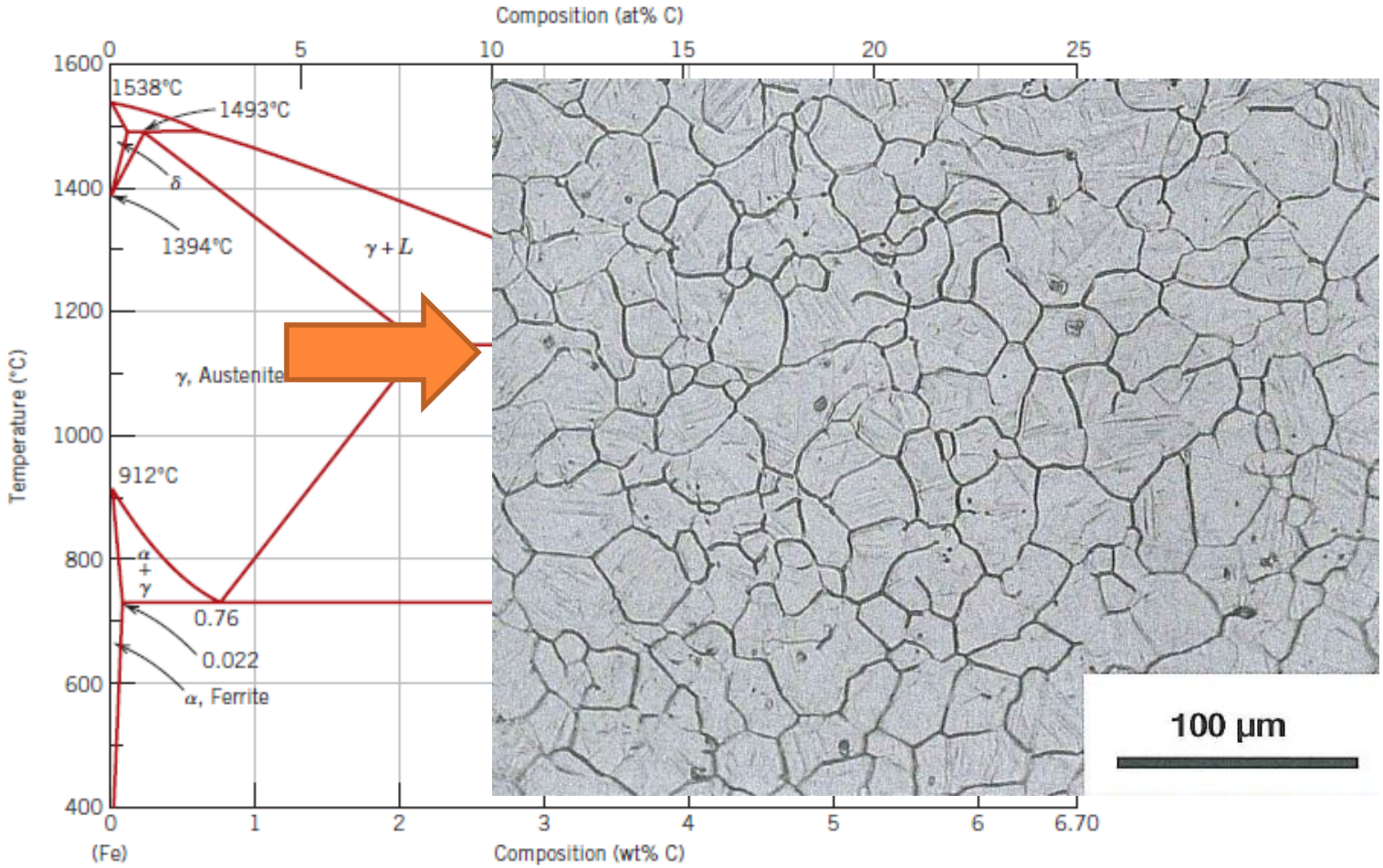
Diagramas Fe-Fe_3C



Aços ⟷ Ferros Fundidos

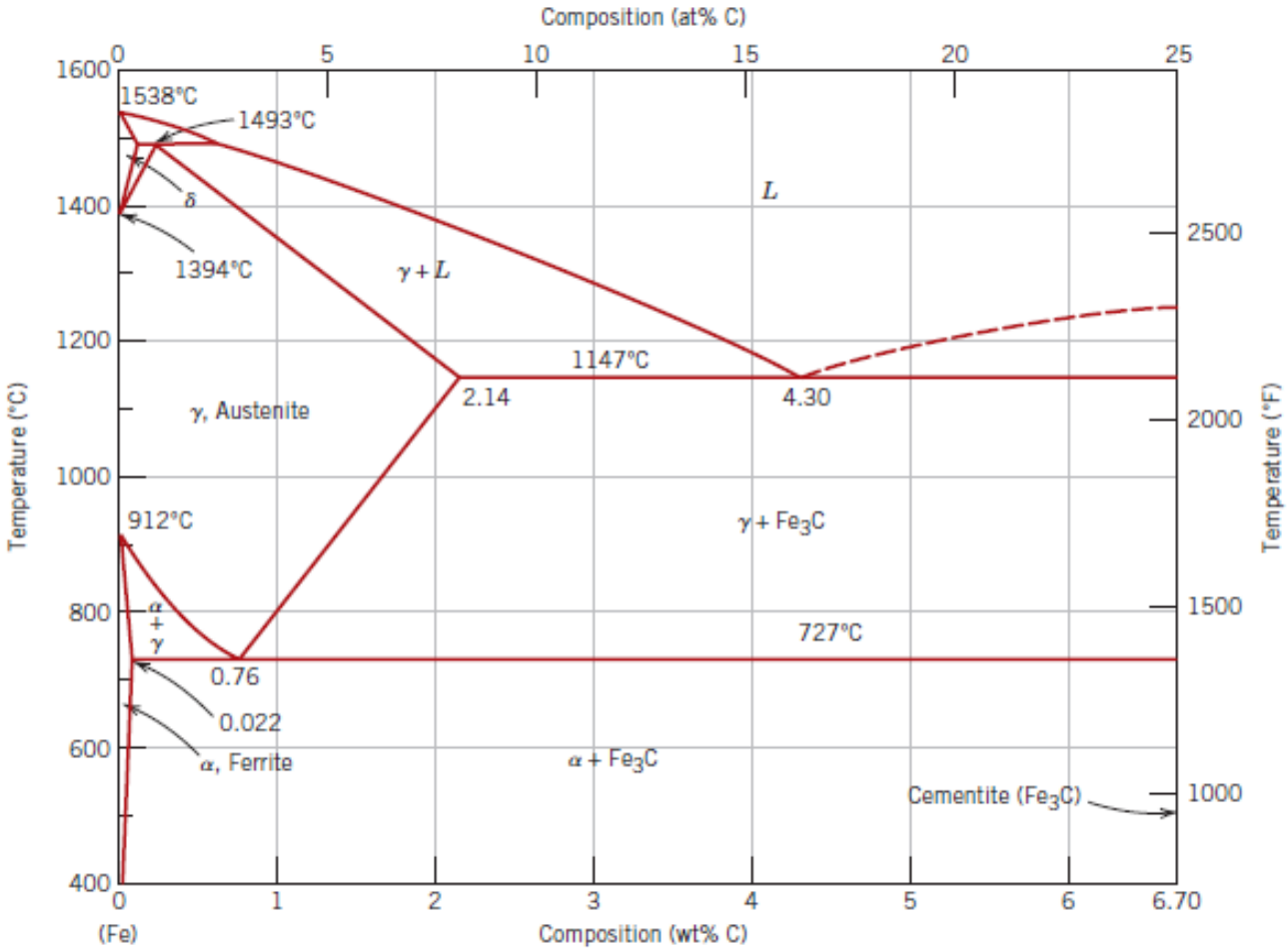
maffeis

austenita γ



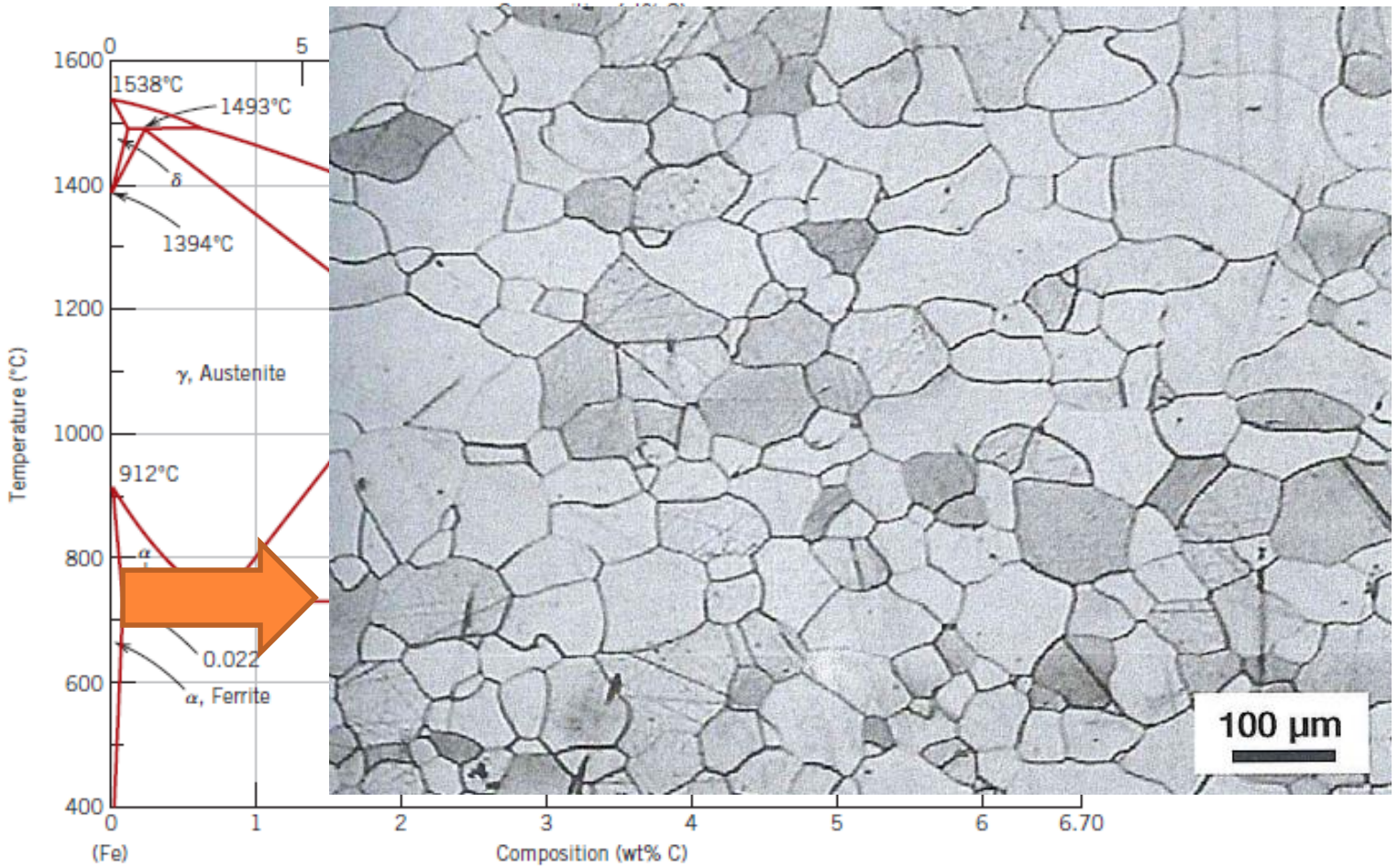
maffeis

Diagramas Fe-Fe_3C



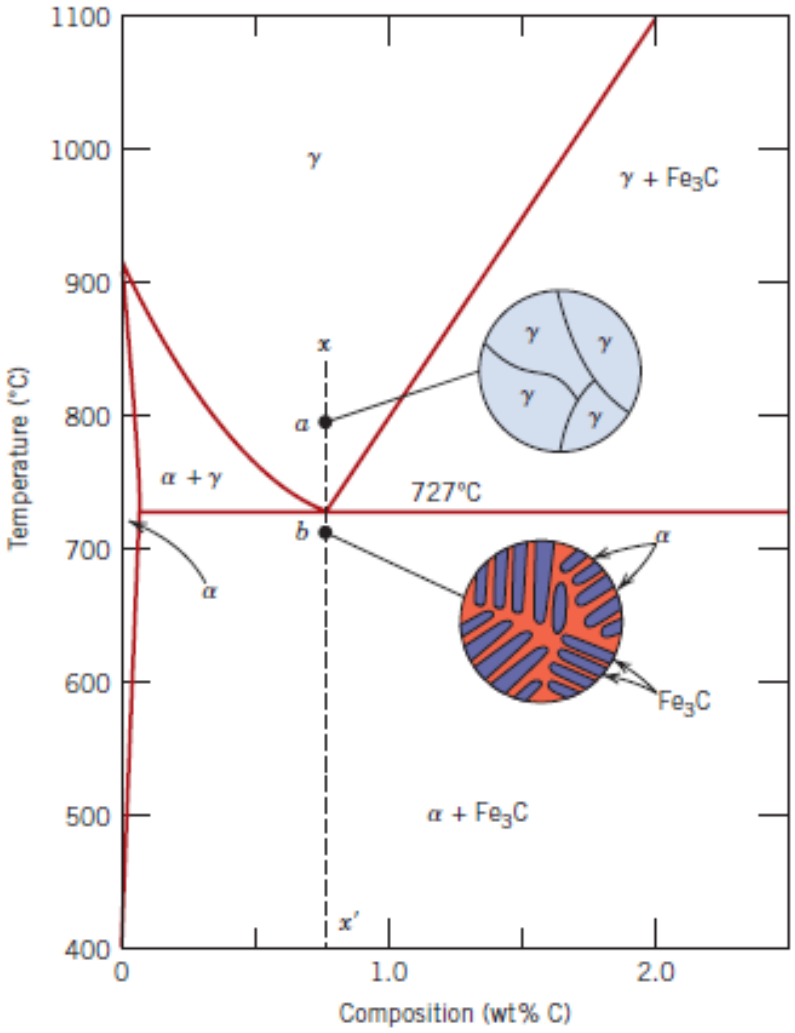
maffeis

ferrita α



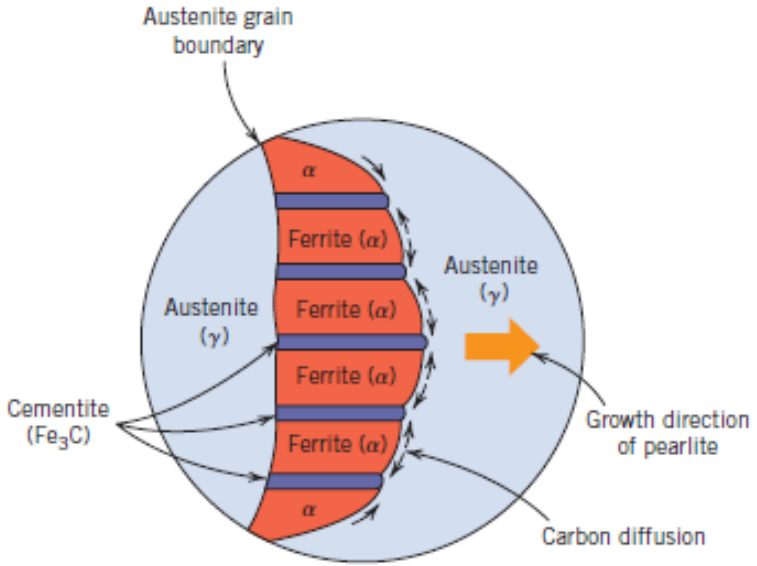
maffeis

Microestrutura



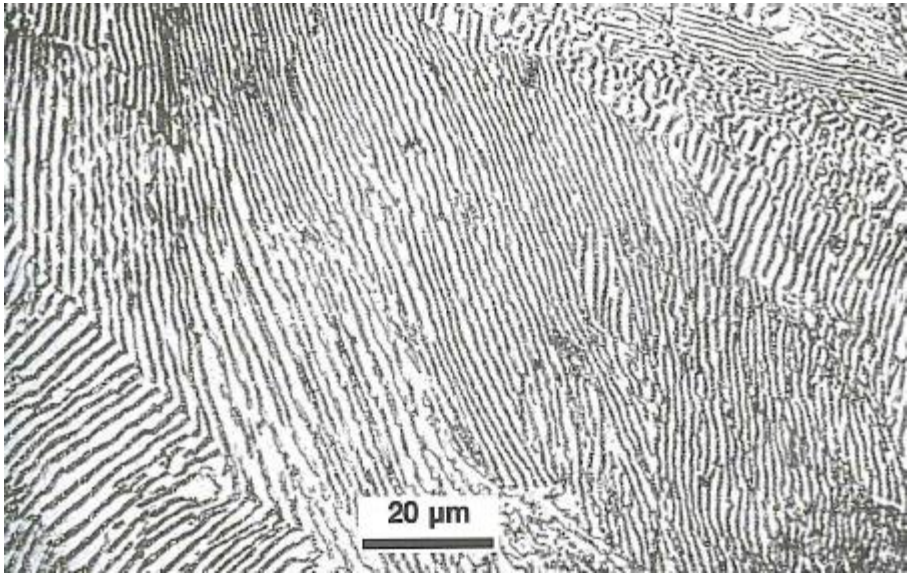
Aço eutetóide
%C = 0,76

Microestrutura

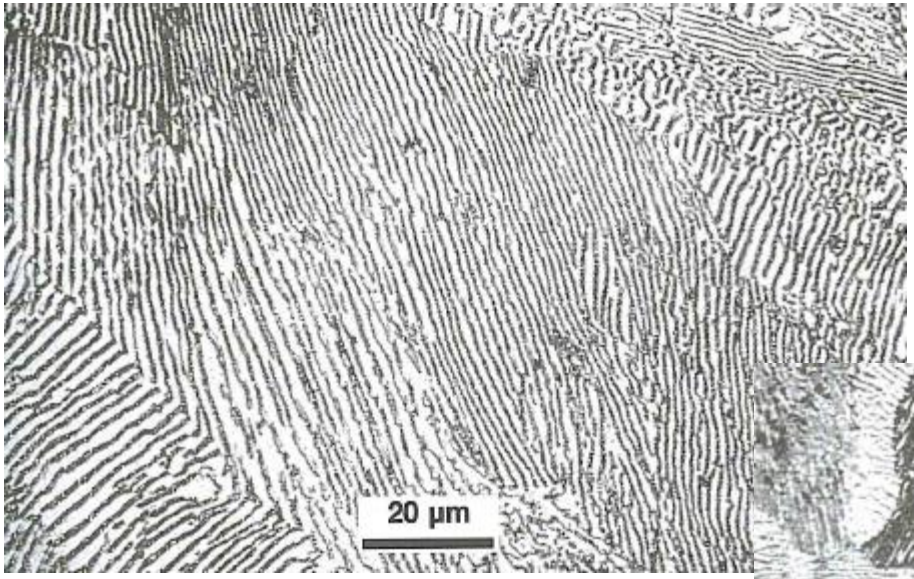


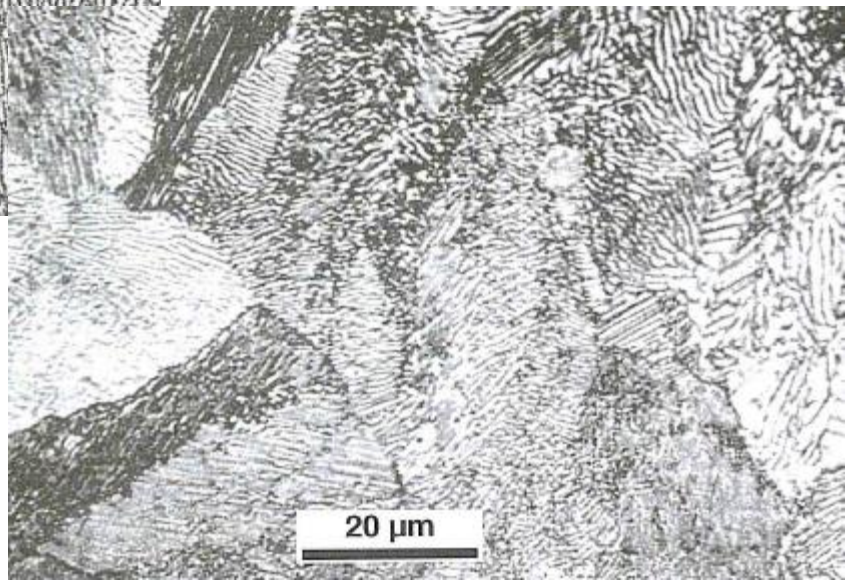
α + Fe_3C com forma lamelar (perlita)

Perlita



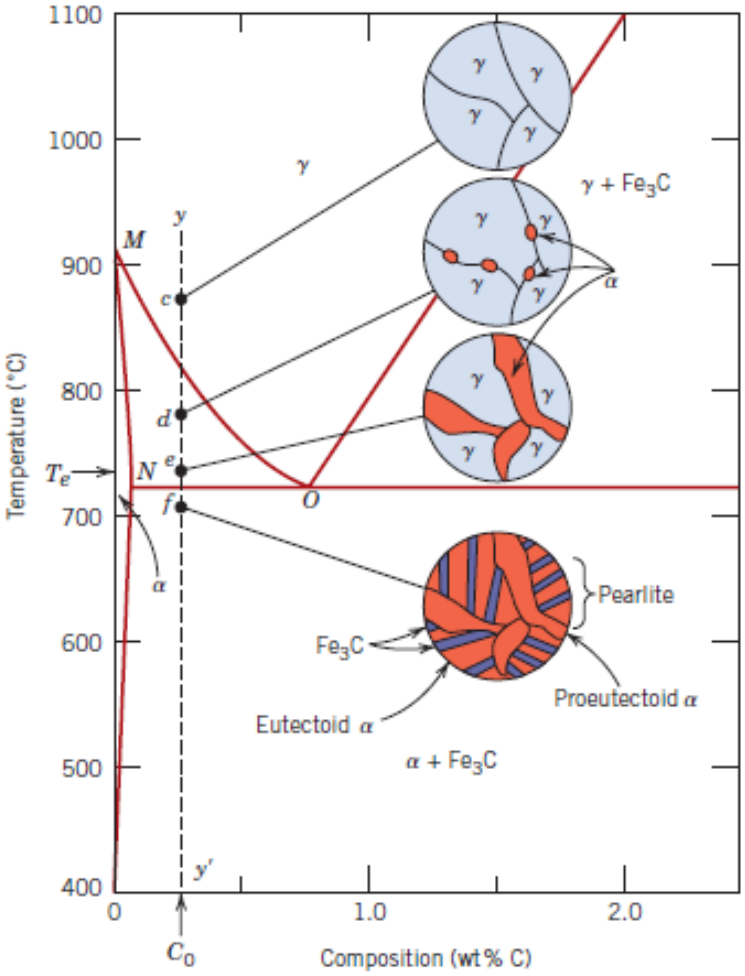
Perlita





maffeis

Microestrutura



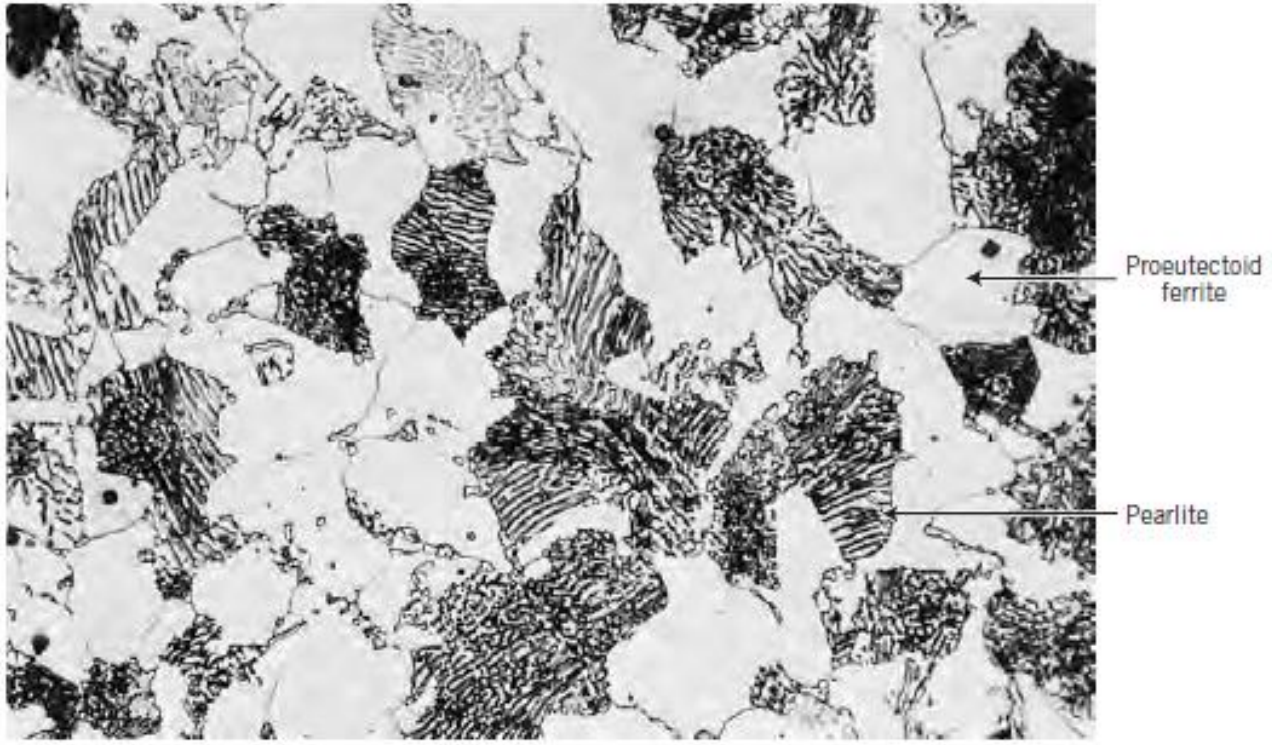
Aço hipoeutetóide

%C < 0,76

maffeis

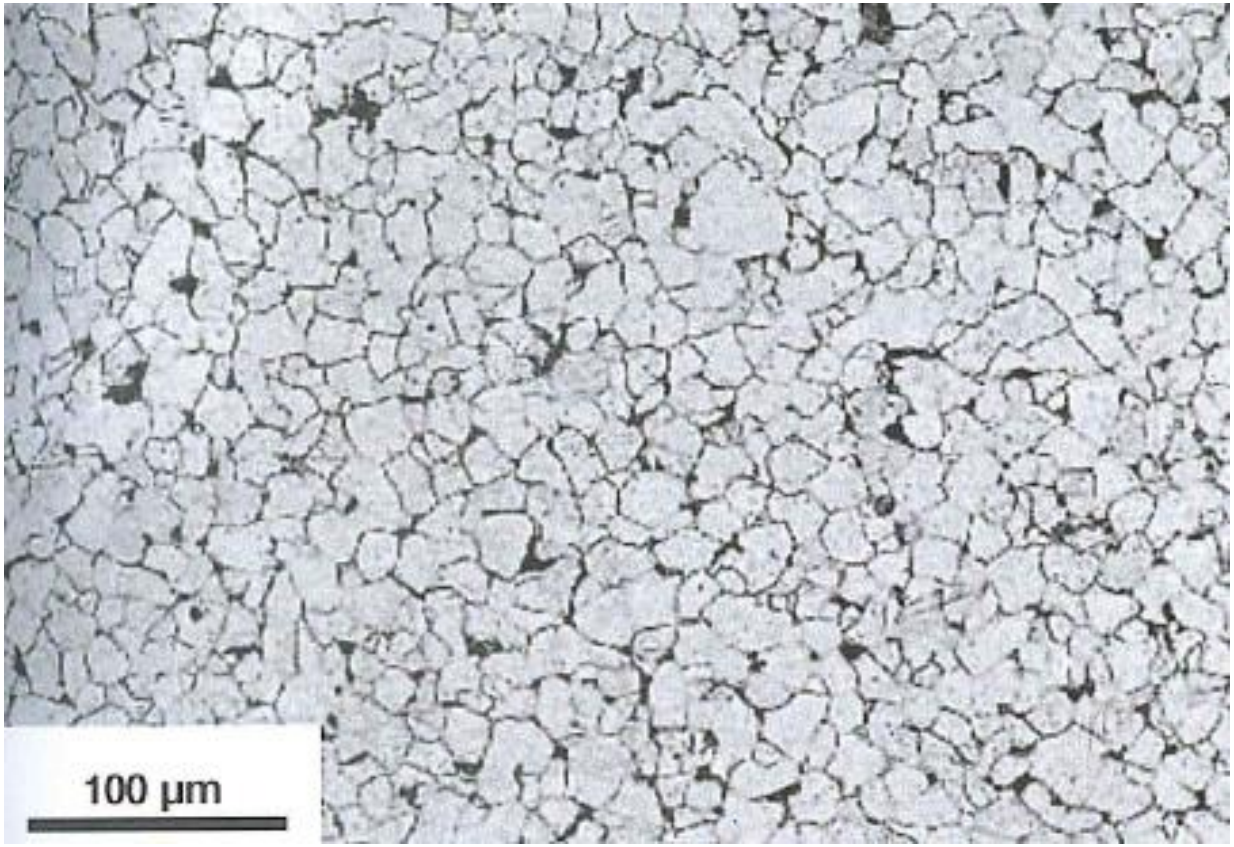
Microestrutura

Aço hipoeutetóide
%C < 0,76

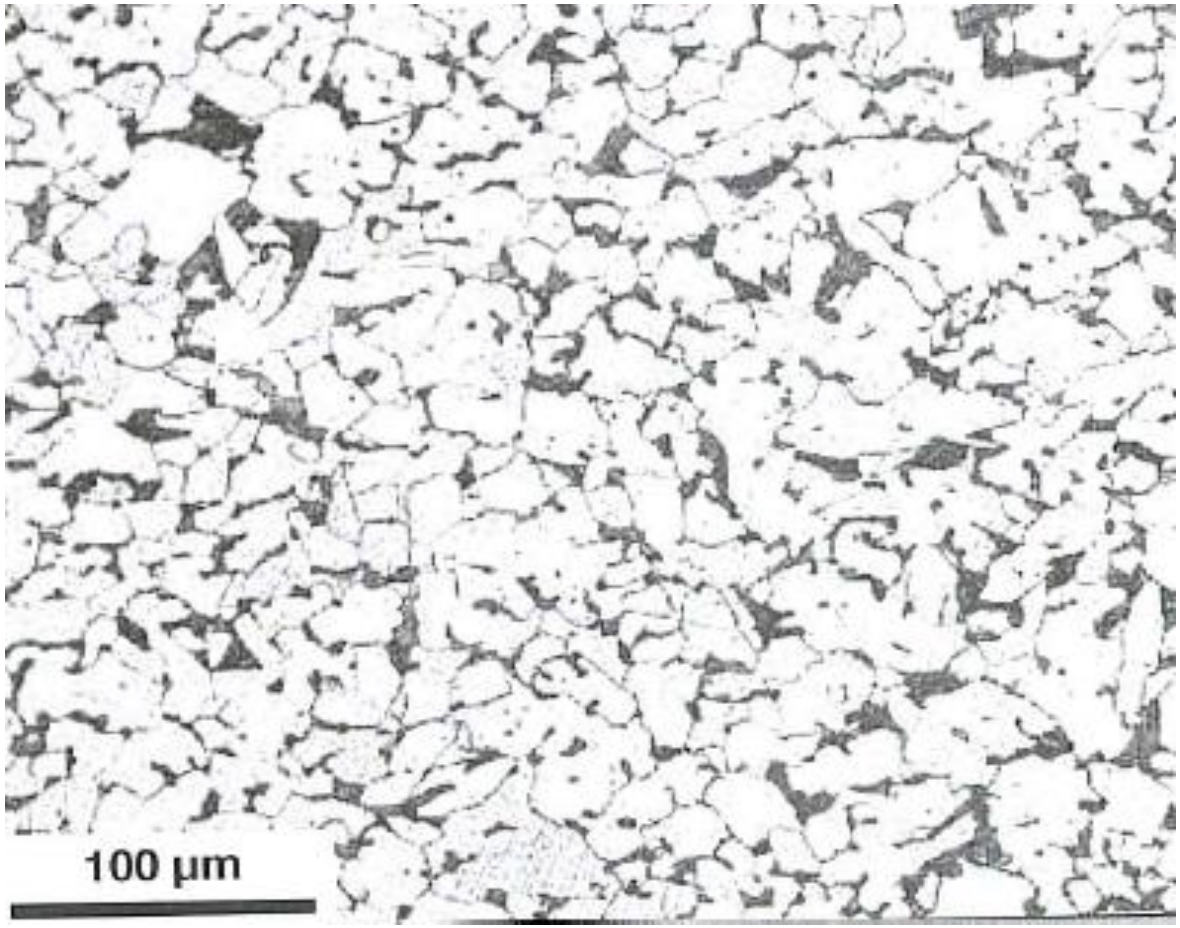


maffeis

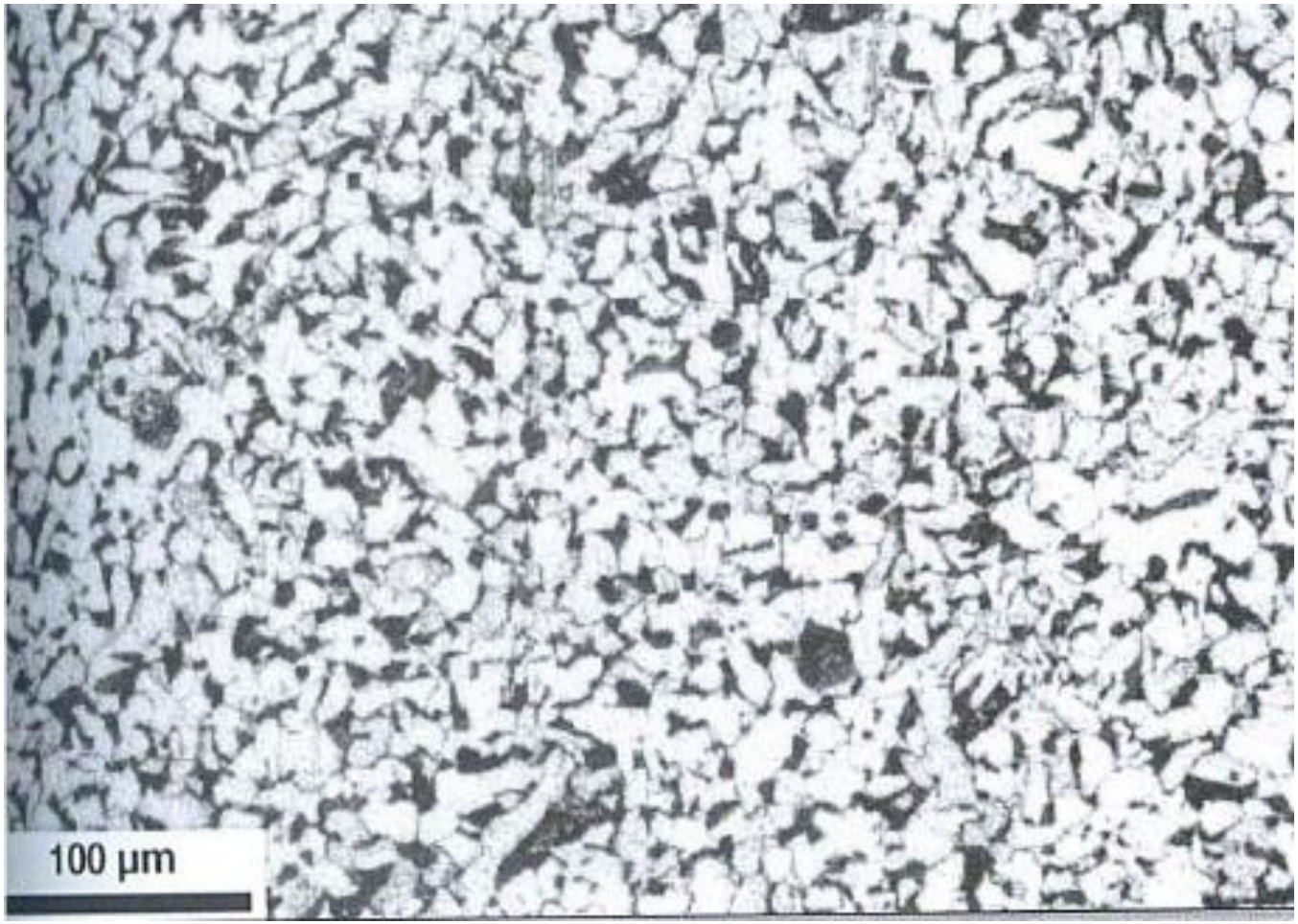
SAE 1006 – ferrita + perlita



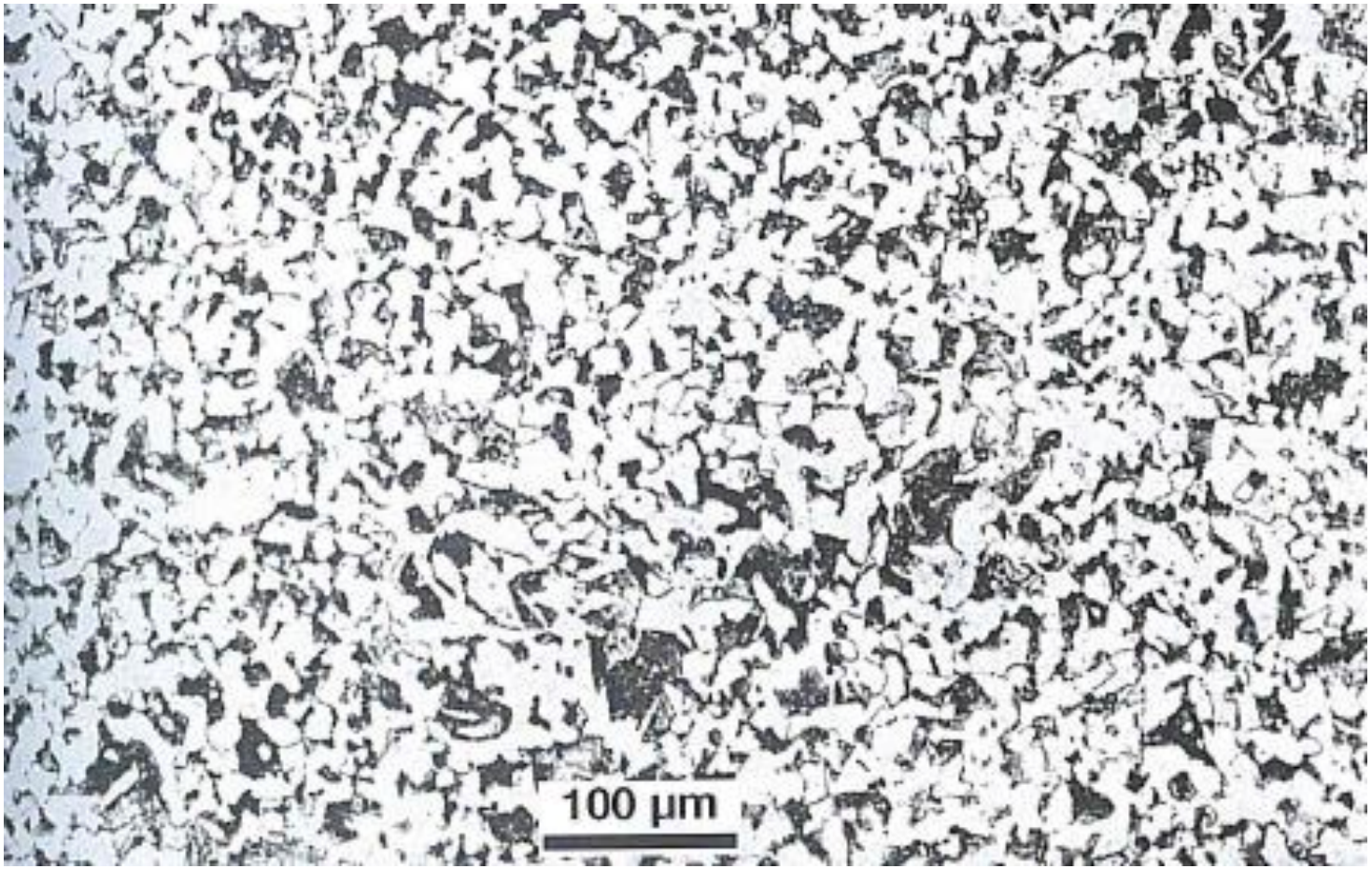
SAE 1010 – ferrita + perlita



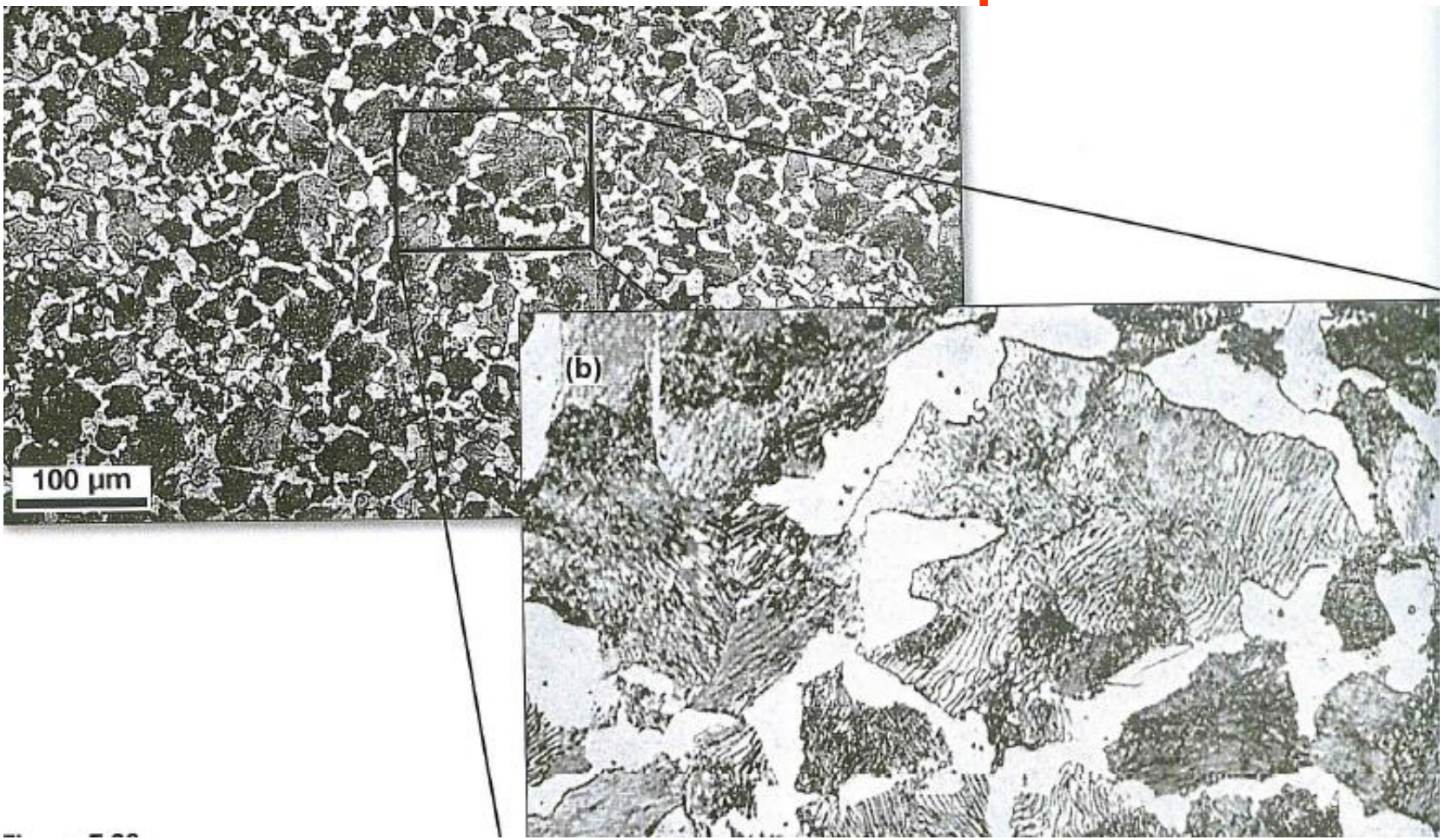
SAE 1015 – ferrita + perlita



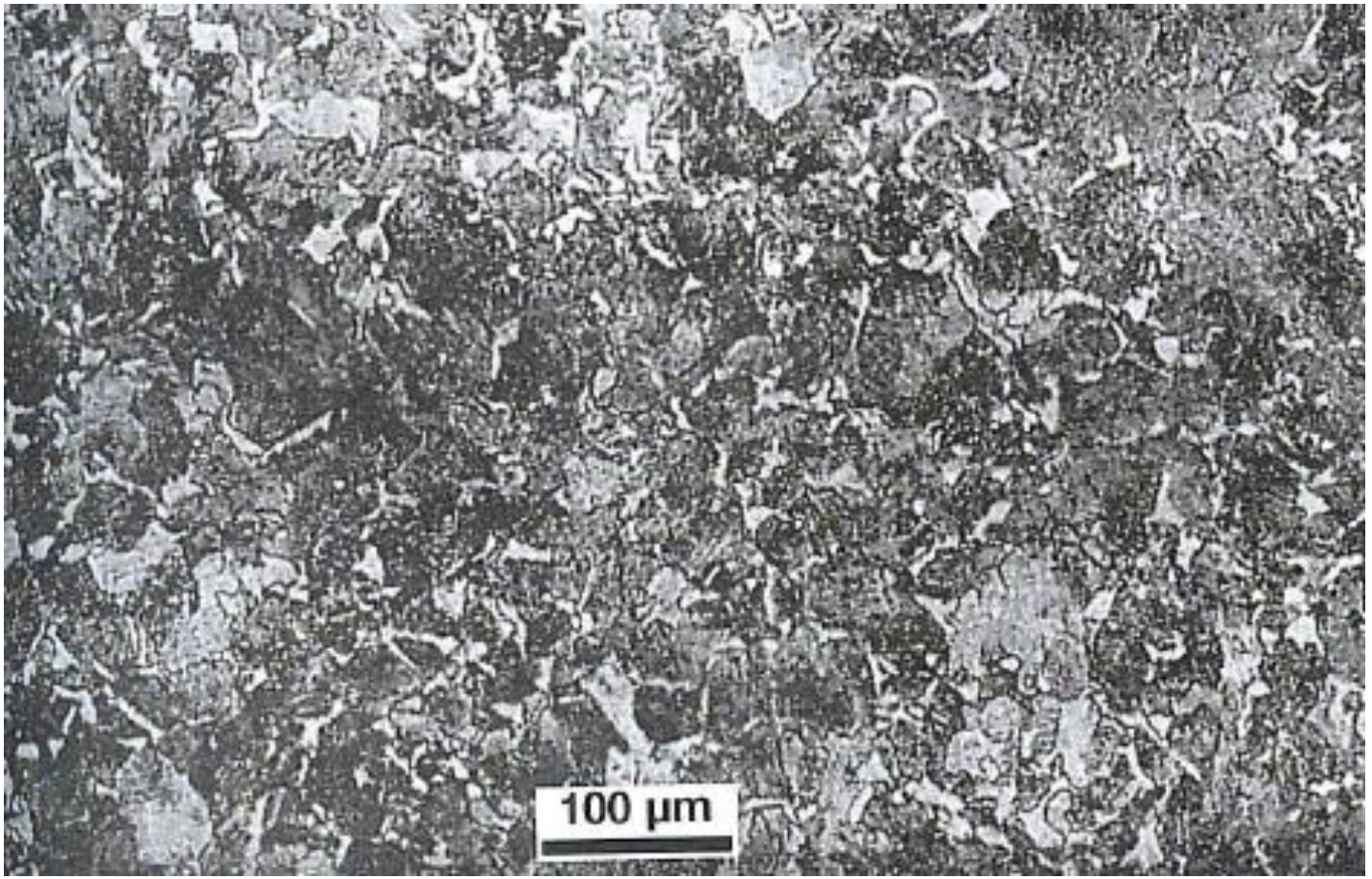
SAE 1030 – ferrita + perlita



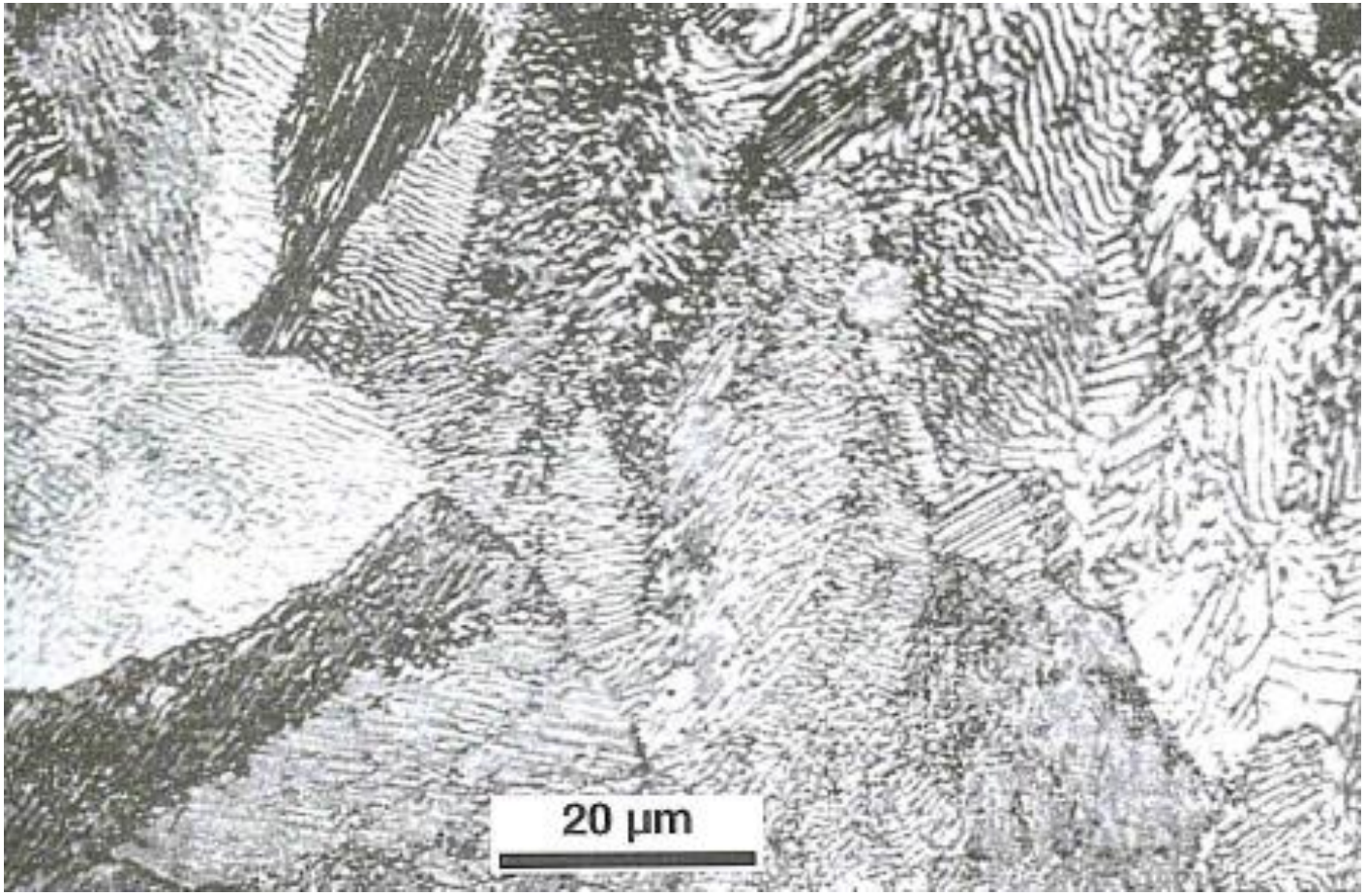
SAE 1050 – ferrita + perlita



SAE 1070 – ferrita + perlita

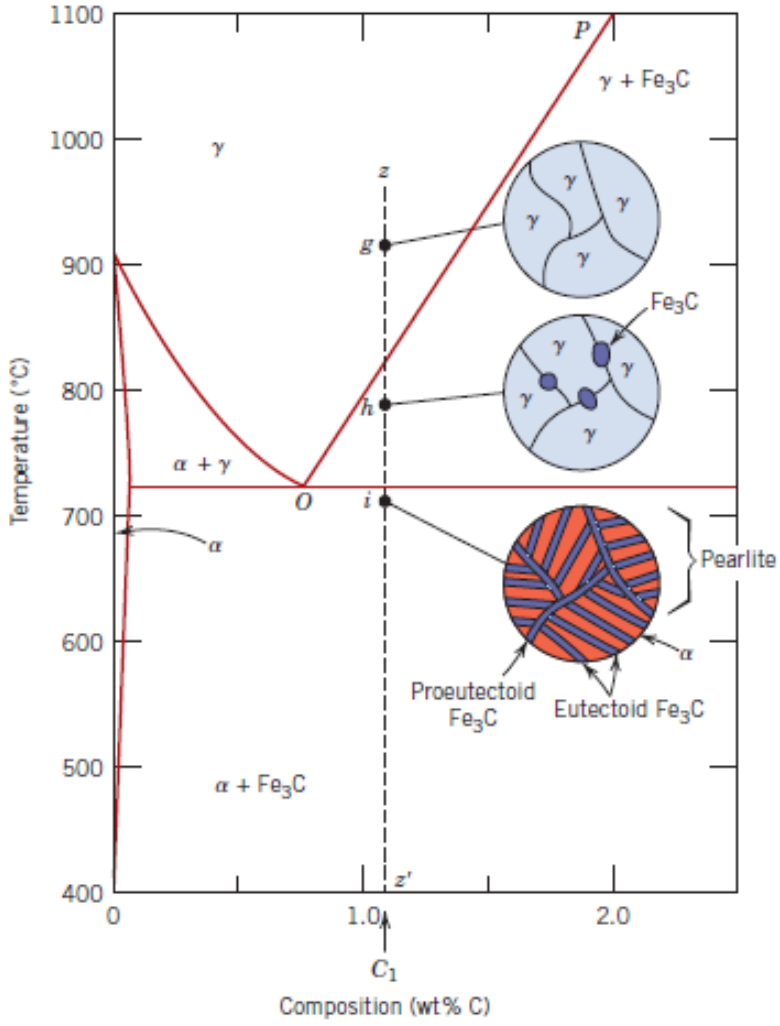


SAE 1076 – perlita



maffeis

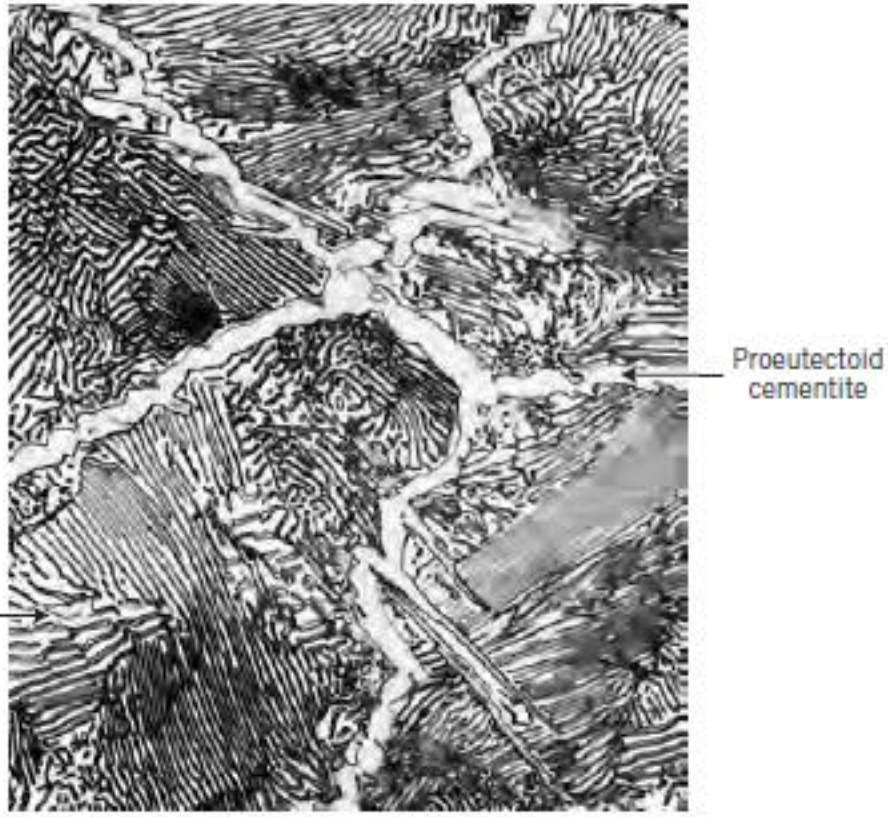
Microestrutura



Aço hipereutetóide
%C > 0,76

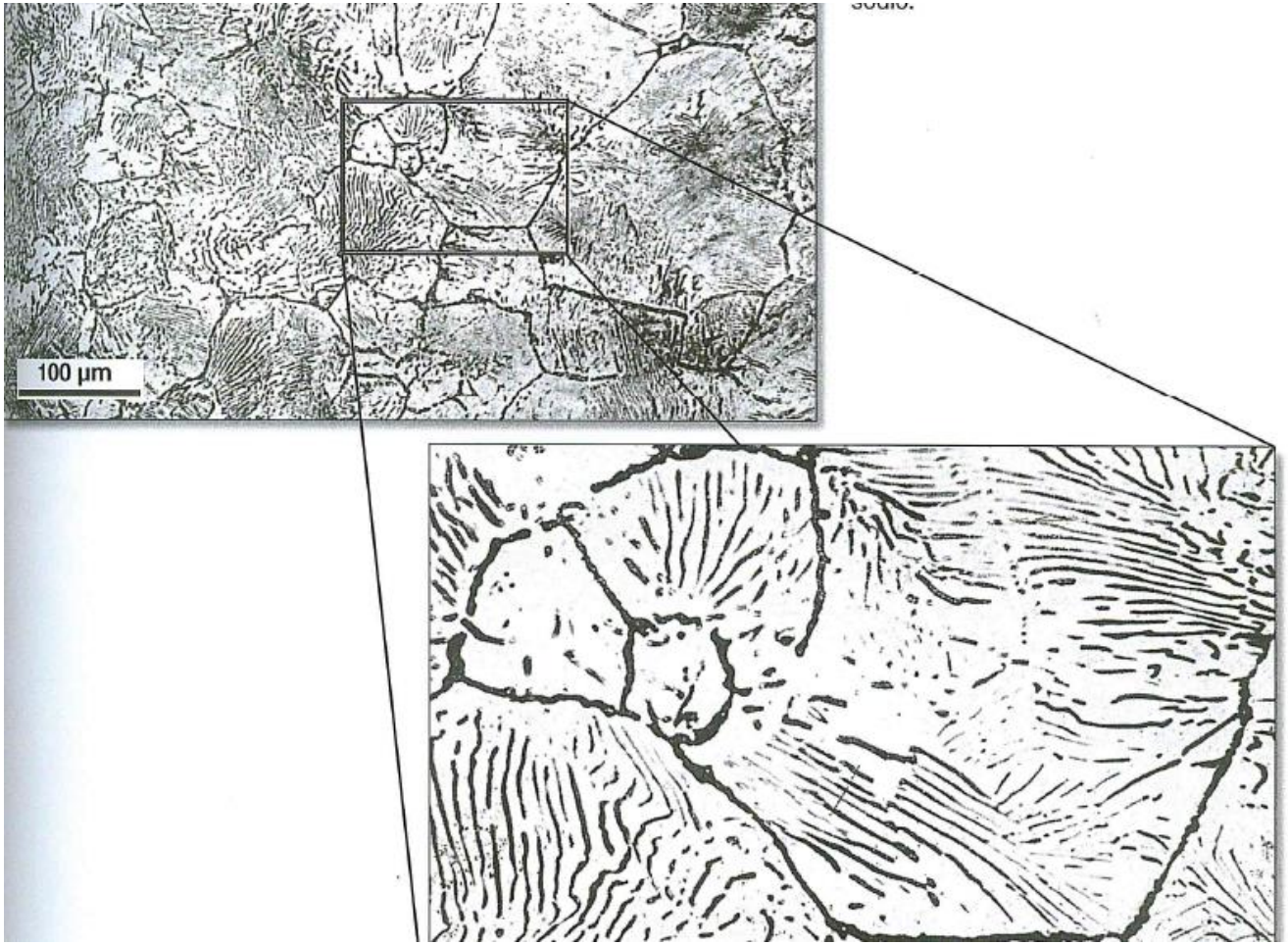
maffeis

Microestrutura



Aço hipereutetóide
%C > 0,76

Fe_3C + perlita



Recozimento

Resfriamento lento (dentro do forno) – formação de lamelas de ferrita e cementita.

Esta morfologia lamelar é chamada de perlita.

No caso de tratamento térmico de recozimento obtém-se perlita grossa (mais tempo para separação das fases)

maffeis

Normalização

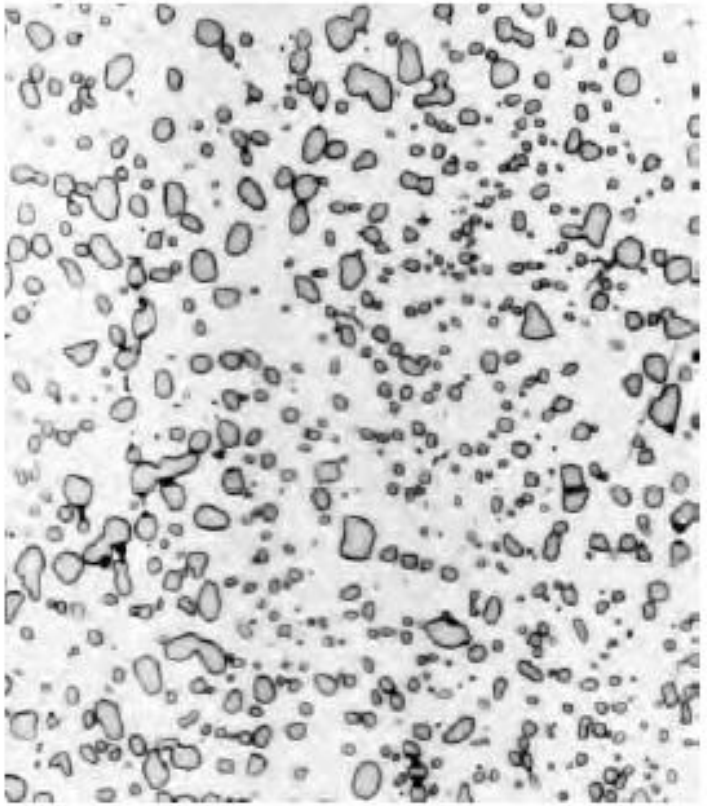
Resfriamento moderado (ao ar) – formação de lamelas de ferrita e cementita.

No caso de tratamento térmico de normalização obtém-se perlita fina (menor tempo para separação das fases)

Coalescimento

Resfriamento lento (dentro do forno) após um longo tempo de patamar a altas temperaturas.

A perlita se desfaz, com a formação de cementita de forma esférica



Têmpera

Resfriamento extremamente rápido (água ou óleo) de modo a impedir a separação entre a ferrita e a cementita.

Formação de fase tetragonal de corpo centrado, supersaturada em carbono, com morfologia de agulhas.

maffeis

Curvas TTT

As curvas TTT (transformação tempo/temperatura) indicam quais as fases previstas em função da taxa de resfriamento do material.