



FERROS FUNDIDOS

Engenharia e Ciência dos Materiais I
Profa.Dra. Lauralice Canale

Ferros Fundidos - Introdução

Ligas ferrosas contendo 1,7 a 4,0% C e 0,5 a 3,5% Si

Composição excelente para fundição (fluidez)

Utili
de

- [
- /
- (
- [
- [



CUIDADO!!!



Ferros Fundidos

Vantagens

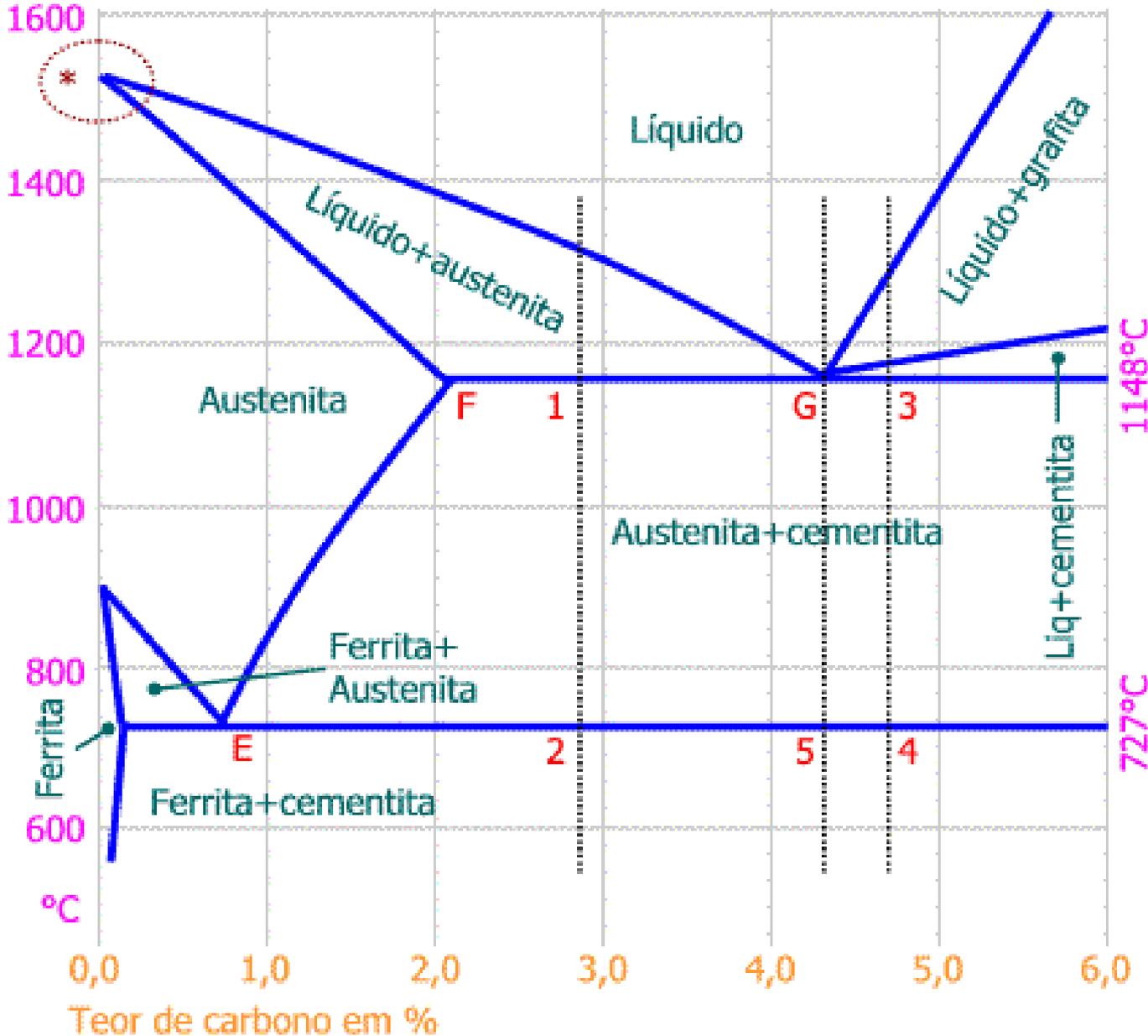
- Baixo ponto de fusão
- Elevada dureza e resistência ao desgaste
- Boa resistência à corrosão
- Baixo custo

Desvantagens

- Grande fragilidade e baixa ductilidade
- Deformação plástica impossível à temperatura ambiente
- Soldadura muito limitada

Fer

D
fu
el
vã
ec
ce
di



OS
OS,
o
de
a
no

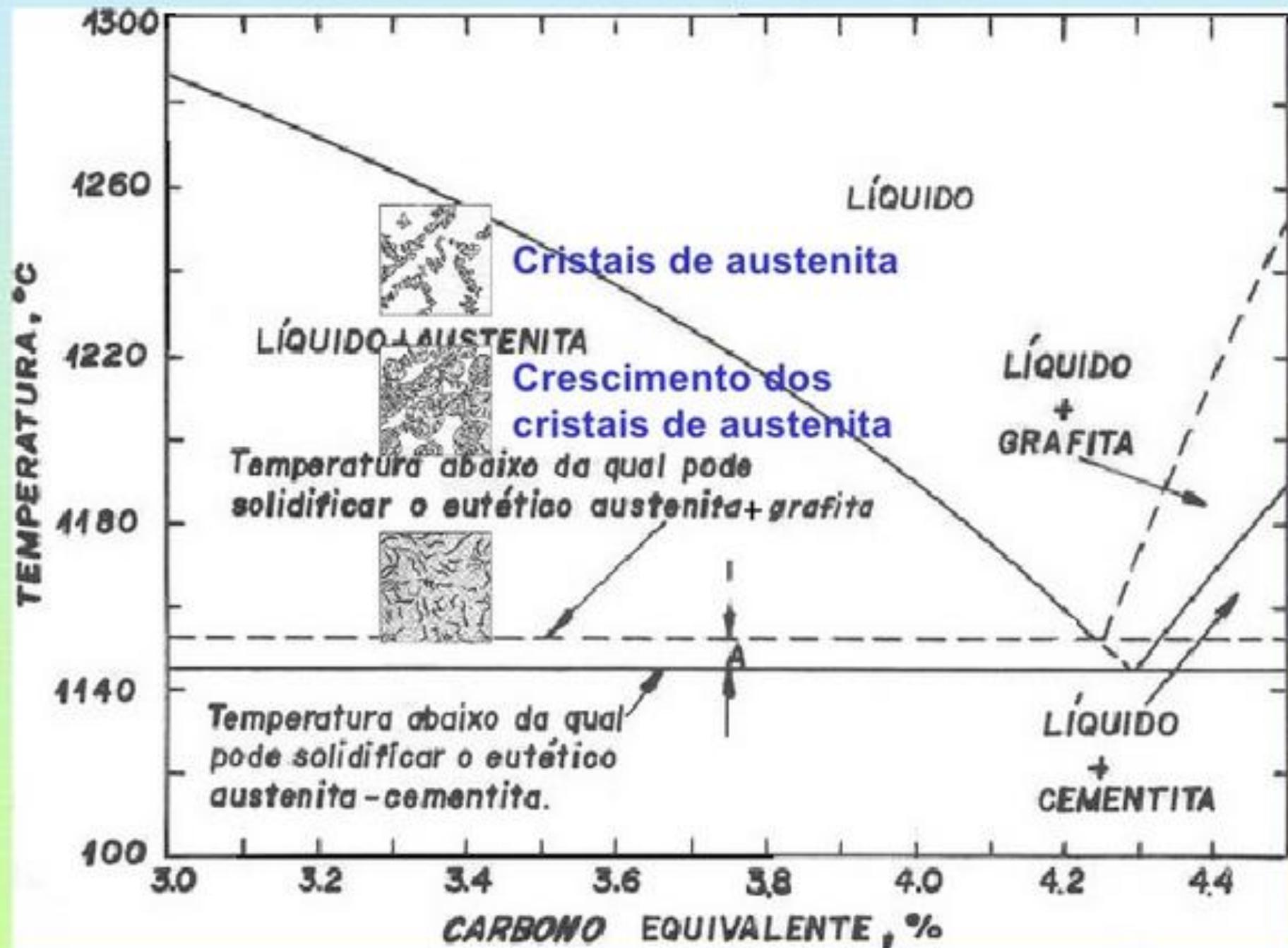
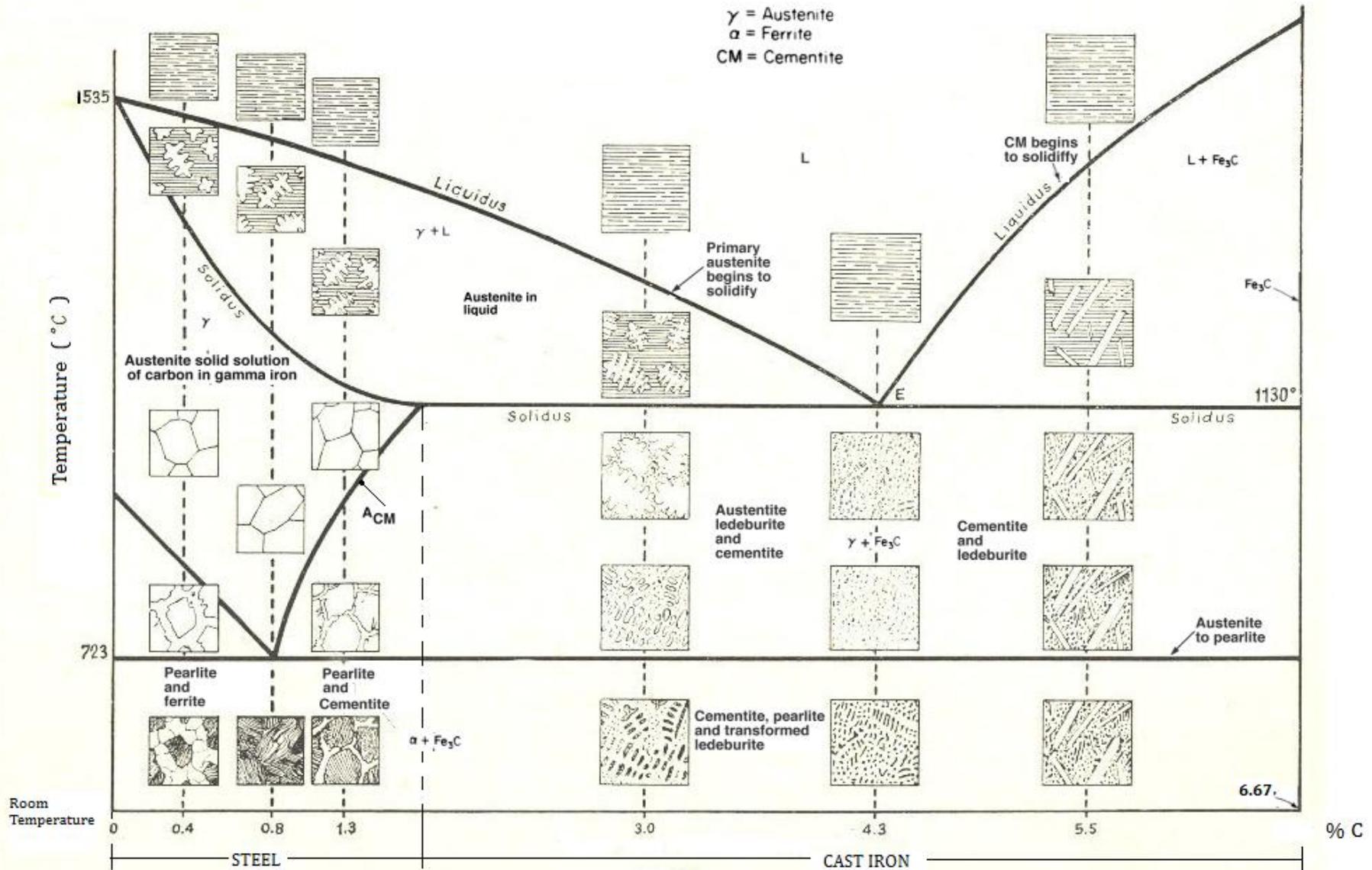


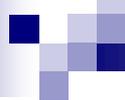
Diagrama Fe-C



Ferros Fundidos - Classificação

Os ferros fundidos apresentam uma extensa gama de resistências mecânicas e de durezas, e na maioria dos casos são de fácil usinagem.

Através da adição de elementos de liga é possível obter-se excelente resistência ao desgaste, à abrasão e à corrosão, porém em geral a resistência ao impacto e a ductilidade são relativamente baixas, limitando sua utilização em algumas aplicações.



De acordo com a composição química e com a distribuição de carbono na sua microestrutura, os ferros fundidos podem ser classificados em quatro grandes categorias:

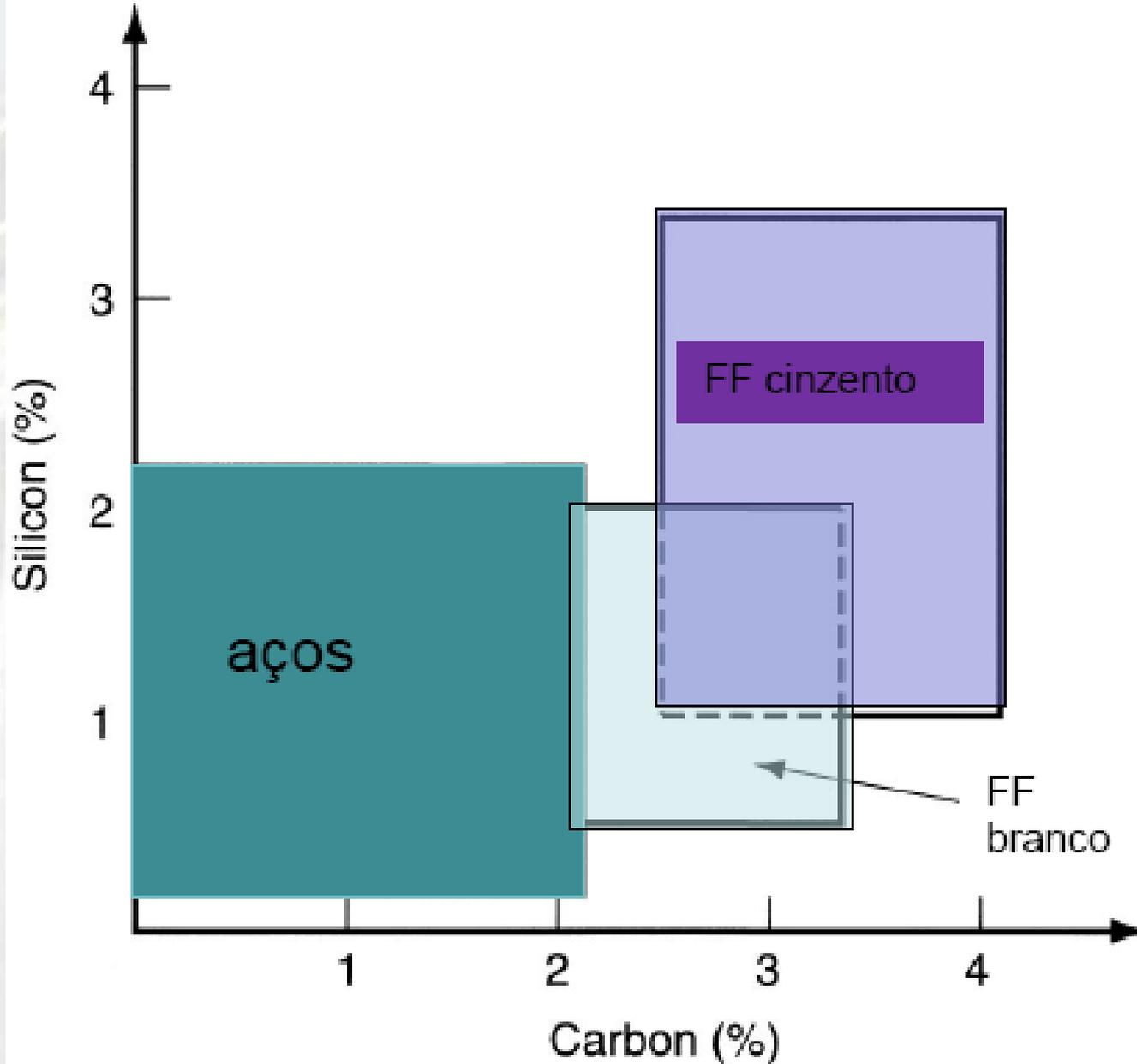
- Branco
- Cinzento
- Maleável
- Dúctil (nodular)

Ferros Fundidos - Classificação

| | C | Si | Mn | S | P |
|----------|---------|---------|---------------|---------------|---------------|
| Cinzento | 2,5-4,0 | 1,0-3,0 | 0,25-1,0 | 0,02- 0,25 | 0,05-1,0 |
| Branco | 1,8-3,6 | 0,5-1,9 | 0,25- 0,80 | 0,06- 0,20 | 0,06- 0,18 |
| Maleável | 2,0-2,6 | 1,1-1,6 | 0,20-1,0 | 0,04- 0,18 | 0,18 máx. |
| Dúctil | 3,0-4,0 | 1,8-2,8 | 0,10-1,0 | 0,03 máx. | 0,10 máx. |

Ferros Fundidos - Classificação

O gráfico mostra os teores de carbono e silício em diferentes tipos de ferros fundidos.



te entre famílias de

Ferros fundidos

Tipos de ferros fundidos

Ferro fundido branco

Característica:

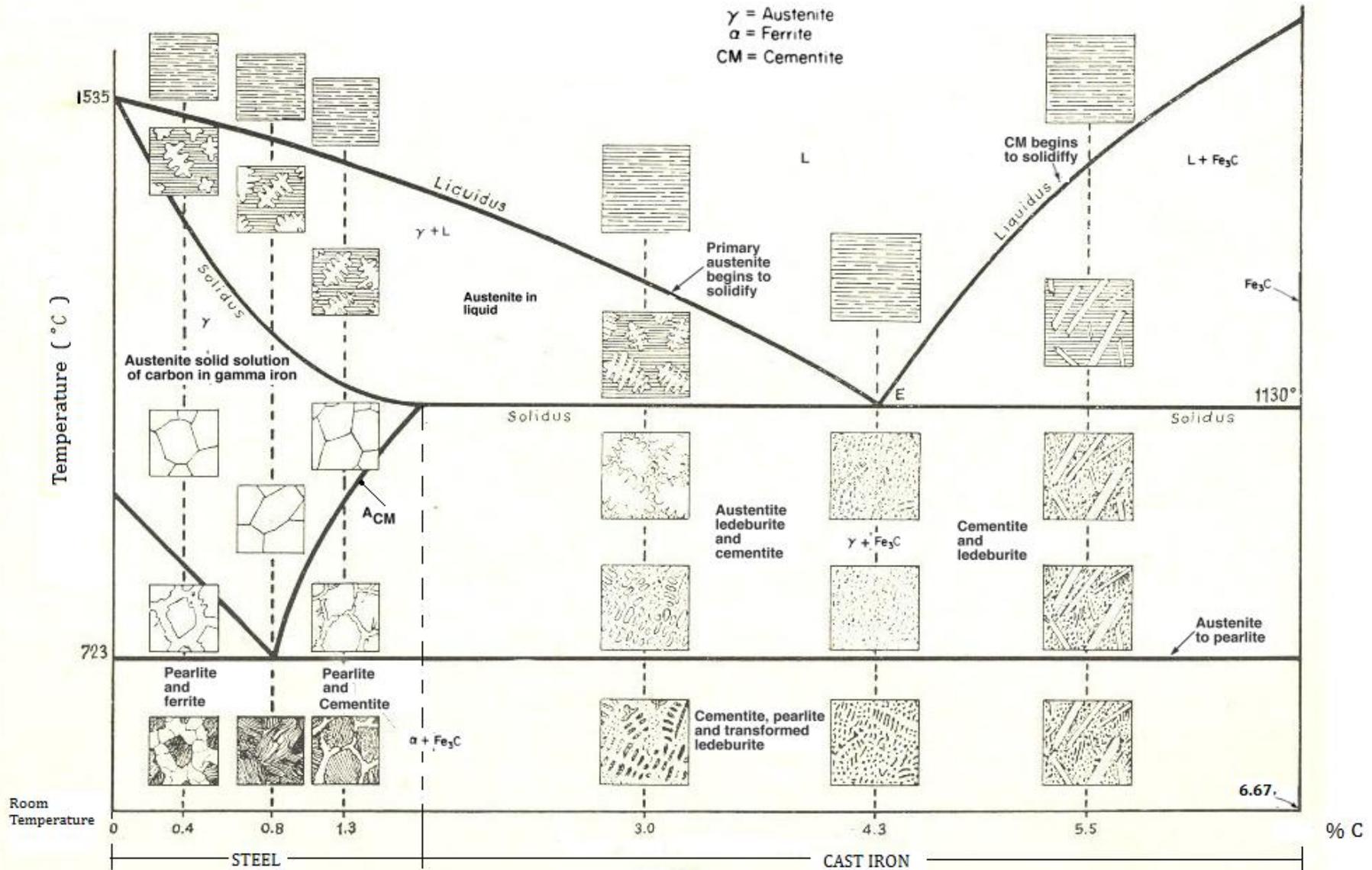
- *Apresenta fratura de coloração branca*
- *Carbono combinado na forma de Fe_3C*
- *Solidificação pelo diagrama metaestável*
- *Constituintes principais: ledeburita, cementita e perlita.*
- *Elevada dureza*
- *Resistência ao desgaste*

Ferros fundidos

Por possuir baixo teor de silício não ocorre a grafitização.

Aplicações: equipamentos de manuseio de terra, mineração e moagem, rodas de vagões, cilindros coquilhados, revestimentos de moinhos.

Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco eutético

- Abaixo de 727°C , a austenita transforma-se em perlita. Com isso a **ledeburita** será constituída de glóbulos de perlita sobre um fundo de cementita

Ferro Fundido Branco eutético

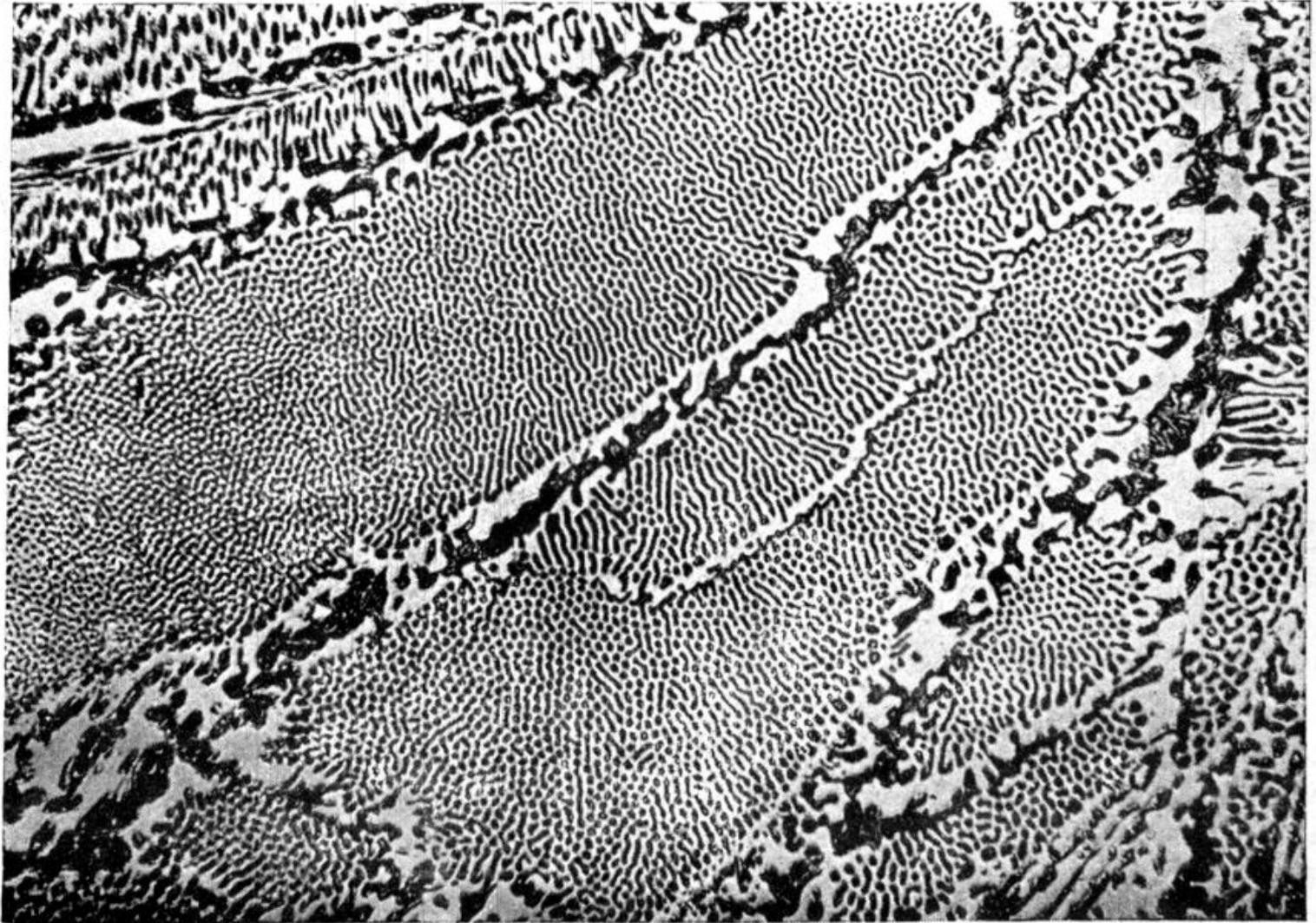
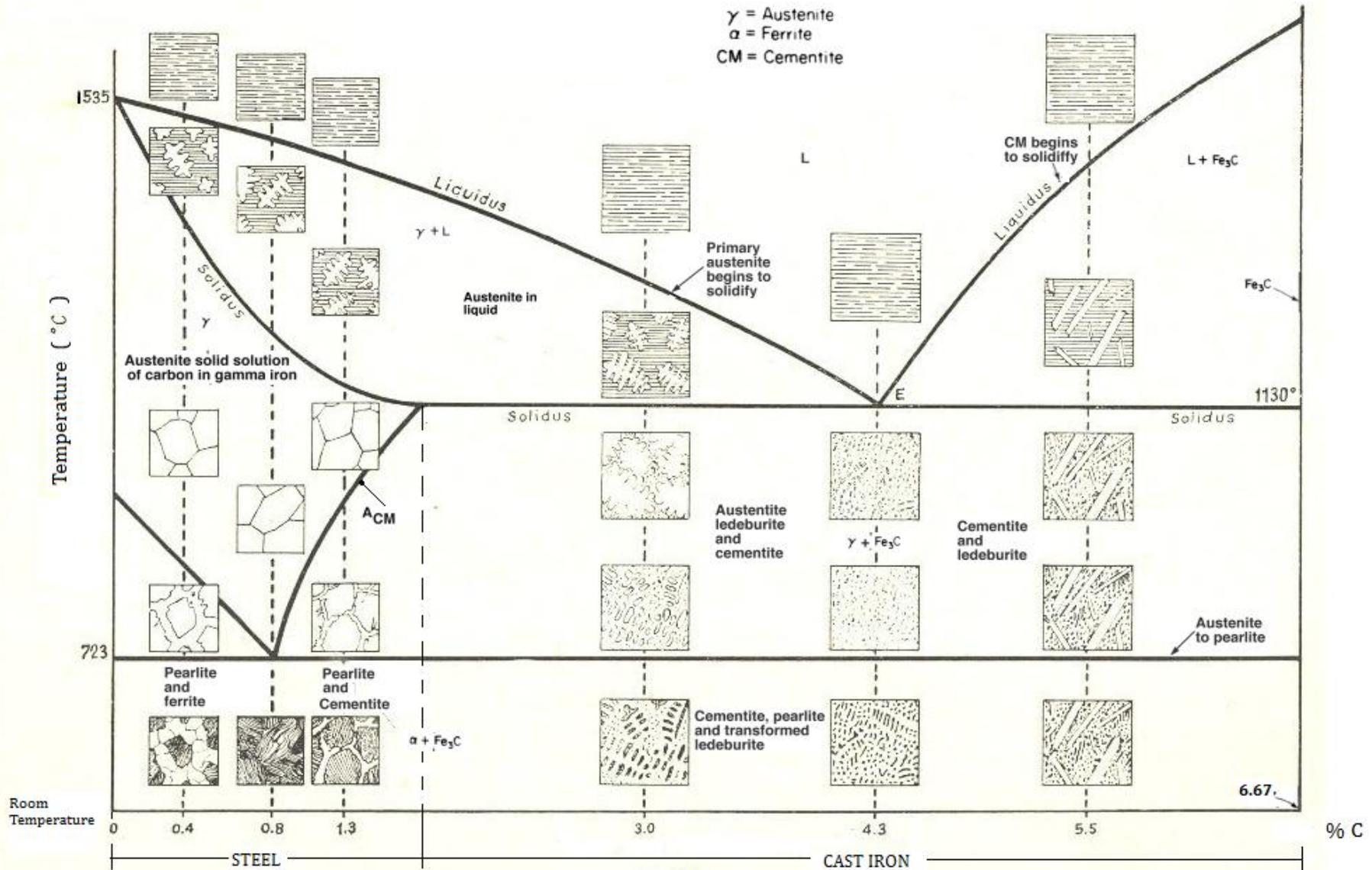


Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco hipoeutético

- Considerando agora um ferro fundido branco hipoeutético, por exemplo com 3,0% de C
- Durante seu resfriamento a liga começa a se solidificar formando cristais de austenita. Continuando o resfriamento e atingindo 1130°C , tem-se austenita com 2,0% de C e um líquido com composição eutética
- Abaixo de 1130°C , esse líquido transforma-se no eutético ledeburita
- Abaixo de 727°C a austenita isolada se transforma em perlita e à temperatura ambiente a microestrutura será : cristais de perlita envolvidos por ledeburita

Ferro Fundido Branco hipoeutético

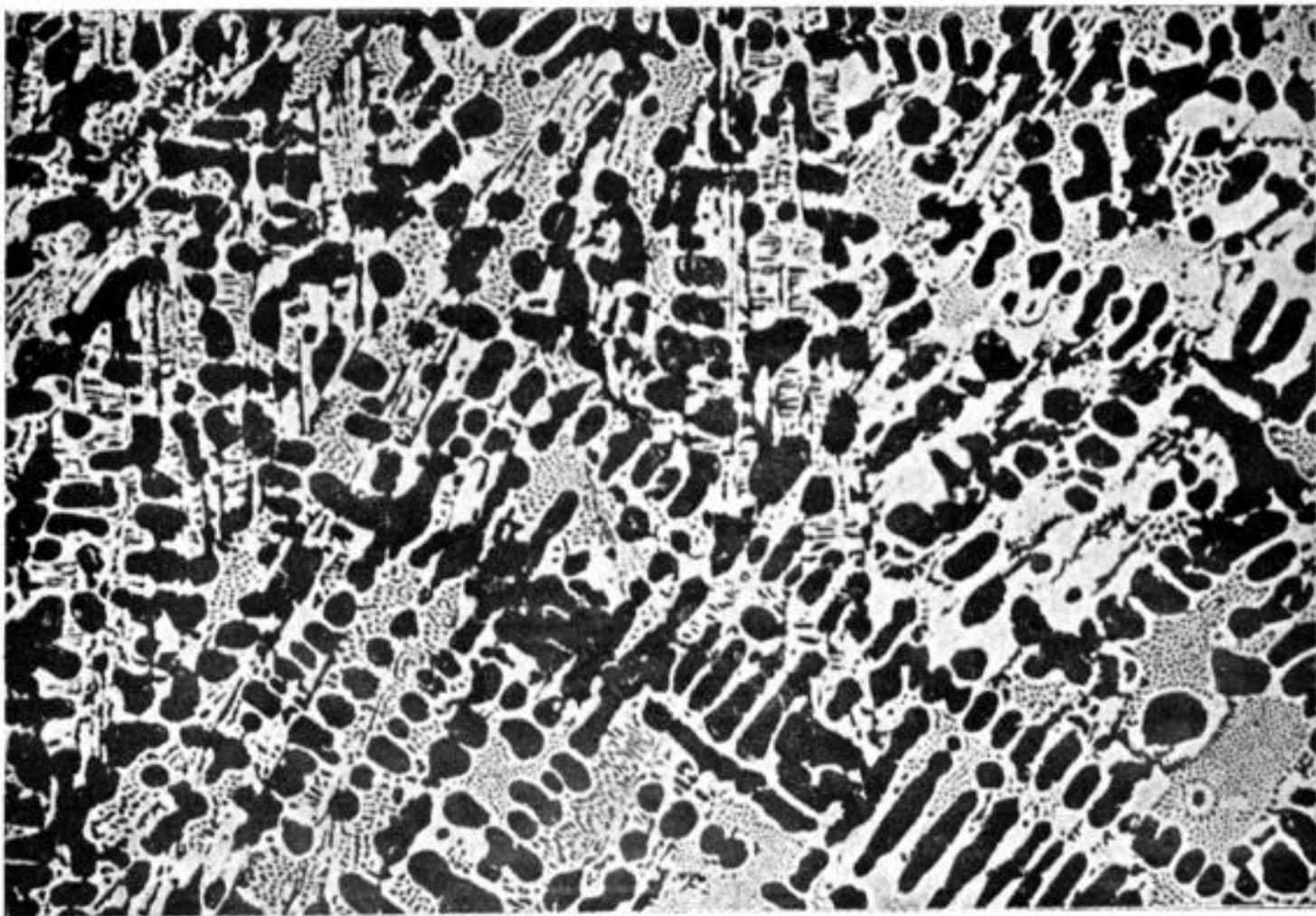
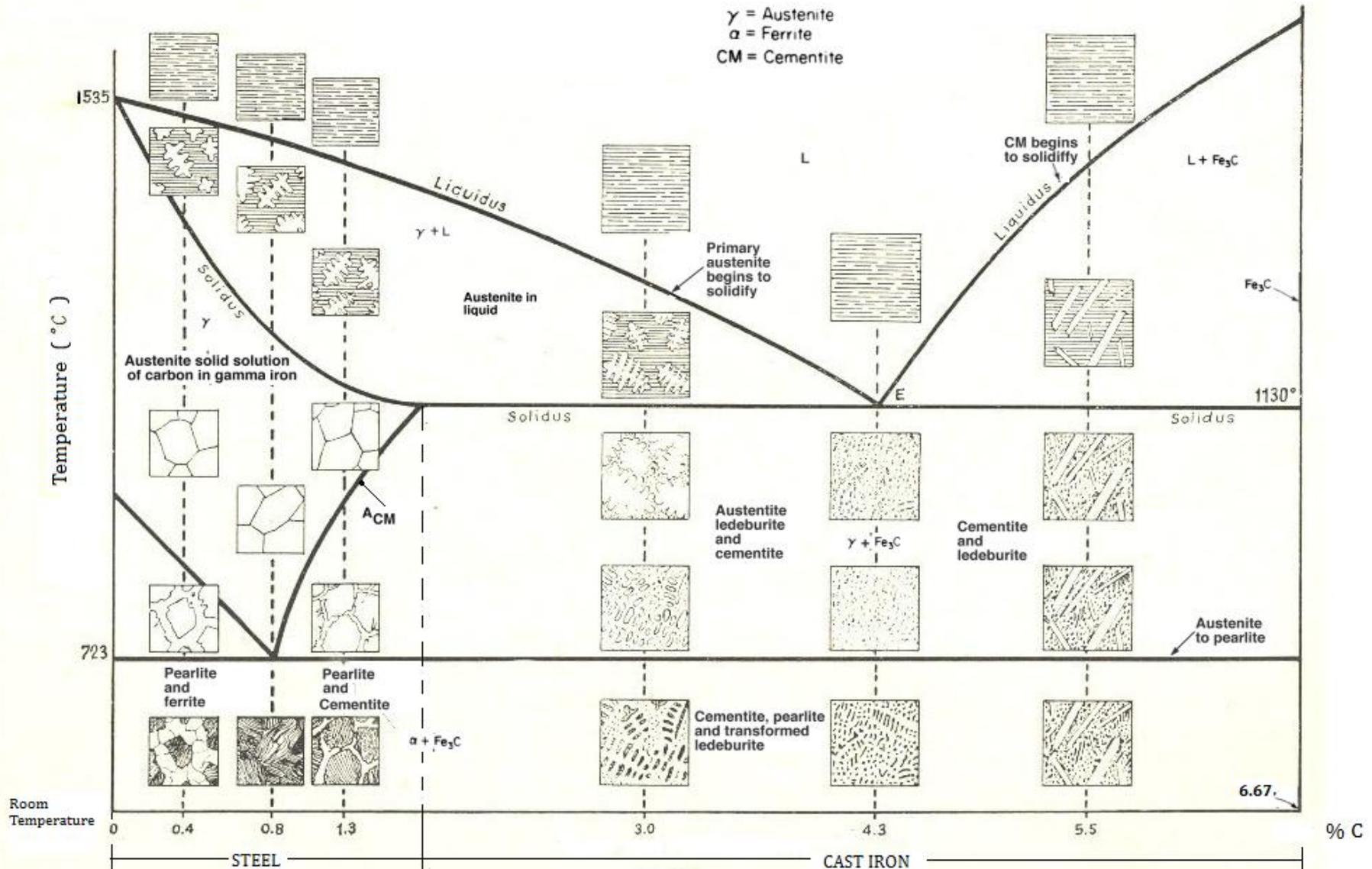


Fig. 523 — Ferro fundido branco hipoeutético. Dendritas de perlita, áreas pontilhadas de ledeburita, áreas brancas de cementita. Ataque: nítrico. 100 x.

Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco hipereutético

- Considerando uma liga hipereutética, por exemplo, 5,5% de C
- Durante seu resfriamento a liga começa a se solidificar formando cristais de cementita. Continuando o resfriamento até 1130° C tem-se cristais alongados de cementita e líquido de composição eutética
- Abaixo de 1130° C esse líquido transforma-se em ledeburita, mas não ocorre nenhuma transformação com a cementita
- Assim a microestrutura será formada por cristais de cementita sobre um fundo de ledeburita

Ferro Fundido Branco hipereutético



Fig. 528 — Ferro fundido branco hipereutético. Longos cristais de cementita sôbre um fundo de ledeburita. Ataque: pícrico. 150 x.

Ferros fundidos

Propriedades mecânicas

Função da estrutura do ferro fundido

Função

- ***Composição química***

- ***Velocidade de resfriamento***

- ***Dimensões das peças***

- ***Inoculação***

- ***Tratamentos térmicos***

Ferros fundidos

Variáveis de processo

Inoculação

Adicionar compostos grafitizantes no metal líquido momentos antes do vazamento.

Promover a formação da grafita na solidificação.

Ferros fundidos

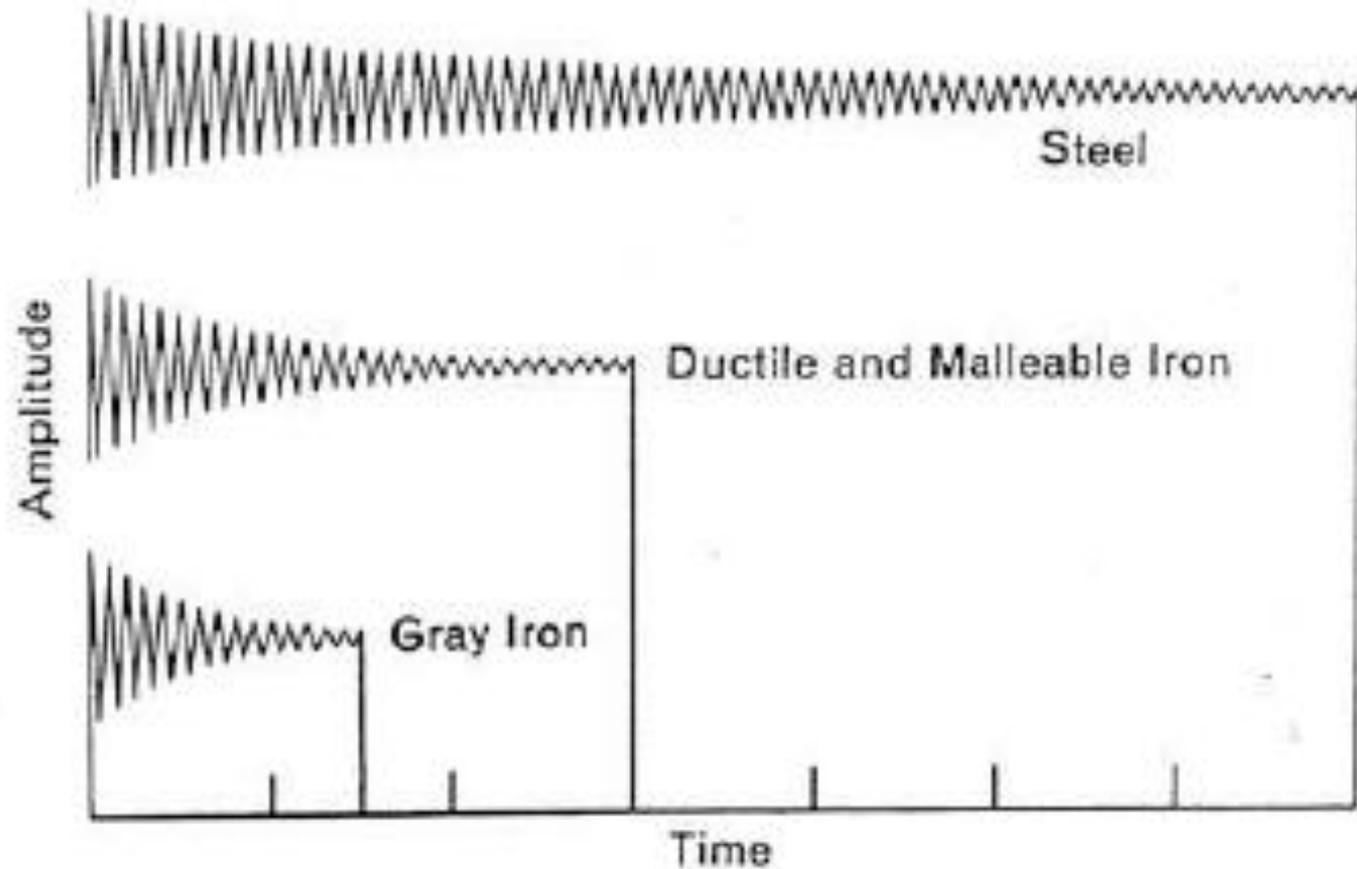
Ferro fundido cinzento

São os mais usados devido:

- ***Excelente usinabilidade***
- ***Baixo ponto de fusão***
- ***Boa resistência mecânica***
- ***Boa resistência ao desgaste***
- ***Capacidade de amortecer vibrações***
- ***Solidificação pelo diagrama estável (grafita e austenita)***

FF cinzento

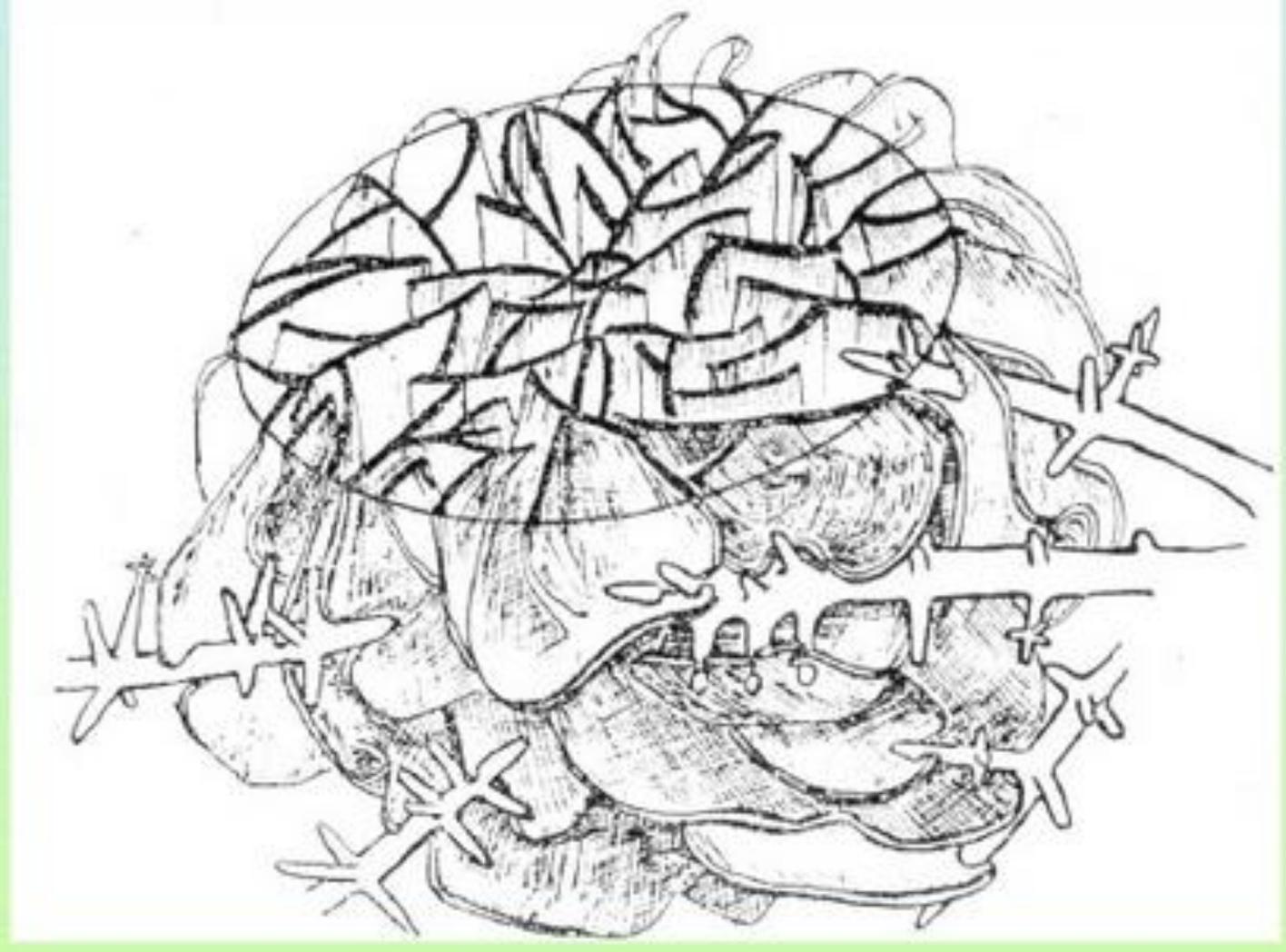
- Grafita em flocos
- Frágil sob tensão trativa



Ferros fundidos

Grafita → é muito mole e se apresenta na forma de lamelas, formando superfícies de separação que farão com que esta liga seja frágil, não apresentando praticamente nenhuma ductilidade.

Silício → é o principal responsável pela formação da grafita, por isso normalmente os ferros fundidos cinzentos apresentam alto teor deste elemento.



Ferro fundido cinzento

- Nos ferros fundidos cinzentos, o teor de silício está acima de 1%, o que leva a algumas alterações no diagrama Fe-C
- Uma das alterações é o deslocamento do eutético para a esquerda (uma diminuição da porcentagem de carbono do eutético) na proporção de 0,3% de C para cada 1% de silício
- O estudo da liga Fe-C-Si deveria ser apoiado em um diagrama ternário, mas como é muito complexo, utiliza-se o diagrama binário com carbono equivalente

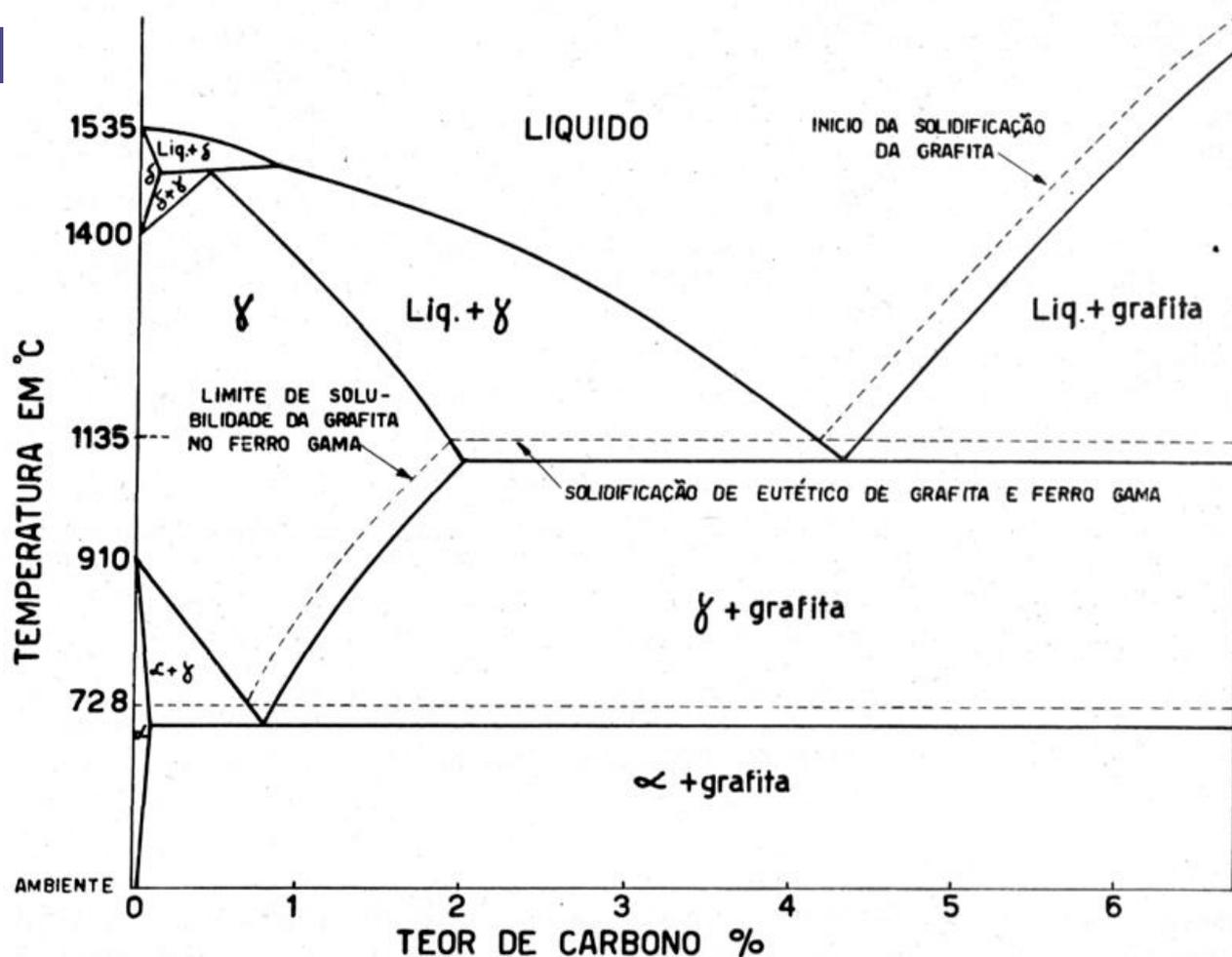


Fig. 521 — Diagrama de equilíbrio ferro-carbono simplificado mostrando em pontilhado o diagrama estável ferro-grafita.

$$CE = (\%C) + 1/3(\%Si + \%P)$$

Ex.: 3,6% C e 2,3% Si

Ferros fundidos



Ferros fundidos

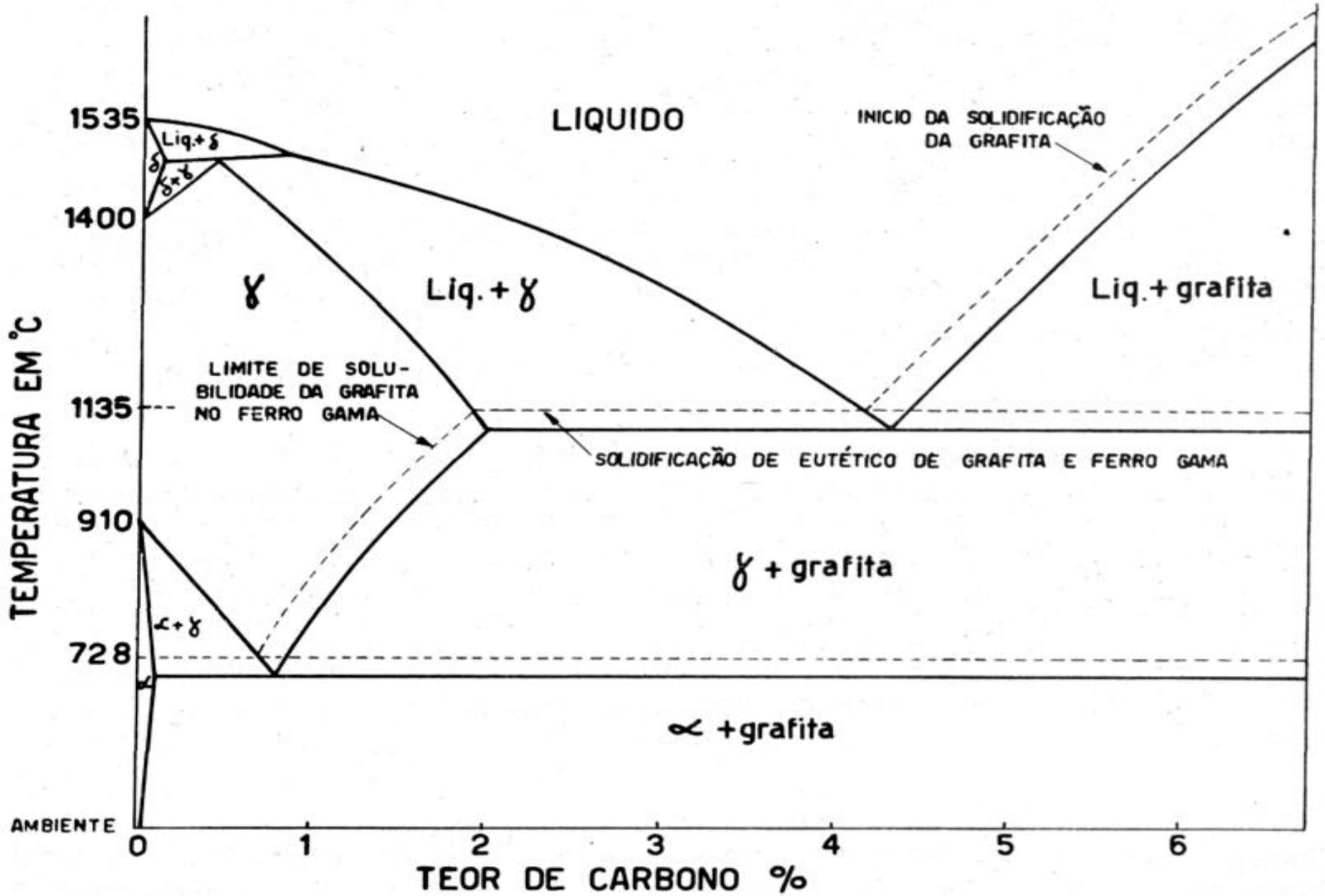


Fig. 521 — Diagrama de equilíbrio ferro-carbono simplificado mostrando em pontilhado o diagrama estável ferro-grafita.

Ferro fundido cinzento hipoeutético

- A solidificação de um ferro fundido cinzento hipoeutético inicia-se com a nucleação de dendritas de austenita
- Conforme a temperatura decresce, o crescimento das dendritas de austenita continua, havendo um enriquecimento progressivo de carbono no líquido remanescente. Quando o sistema atinge a temperatura do eutético estável seu carbono equivalente é igual ao do eutético e ocorre uma separação entre austenita e grafita. Cada agregado de austenita e grafita é chamado célula ou grão eutético

Ferro fundido cinzento hipoeutético

- Abaixo da temperatura de solidificação tem-se dendritas de austenita formando uma matriz em que estão distribuídas lamelas de grafita
- Ao ultrapassar a linha do eutetóide a austenita remanescente transforma-se em perlita e a estrutura é constituída de perlita com lamelas de grafita

Ferro fundido cinzento hipoeutético



Ferro fundido eutético - steadita

- Pode ocorrer a formação de um eutético rico em fósforo chamado steadita, de ponto de fusão mais baixo que o de austenita e o de grafita, quando o ferro fundido possui teores apreciáveis desse elemento.
- Durante a solidificação, o fósforo e outras impurezas são segregadas para o líquido que se solidifica no contorno das células eutéticas

Ferro fundido eutético - steadita



Ferros fundidos



Ferro fundido hipereutético

- Nos ferros fundidos cinzentos hipereutéticos a primeira fase a precipitar é a grafita hipereutética na forma de lamelas longas, retas e ramificadas.
- O processo de solidificação que se segue é semelhante ao dos hipoeutéticos com formação de células eutéticas.
- A grafita hipereutética pode ser facilmente distinguida com a grafita da transformação eutética por possuir lamelas mais grossas e retilíneas

Ferro fundido hipereutético



Aspectos da grafita

As lamelas de grafita podem ser grossas ou finas , diferenciando-se também quanto à forma e tamanho. Essas alterações originam-se do processo de solidificação do eutético e das variáveis do processo

- **Composição química:** os elementos de liga podem influenciar tanto a velocidade de nucleação como a de crescimento. De modo geral, quando a velocidade de crescimento é reduzida, ocorre uma redução da ramificação do esqueleto da grafita, conduzindo a um engrossamento da grafita da célula eutética

- **Velocidade de resfriamento:** velocidades altas produzem veios finos com distribuição dendrítica; velocidades médias produzem distribuição e tamanho normais e velocidades lentas, veios grossos de grafita

Aspectos da grafita

As lamelas de grafita podem ser grossas ou finas , diferenciando-se também quanto à forma e tamanho. Essas alterações originam-se do processo de solidificação do eutético e das variáveis do processo

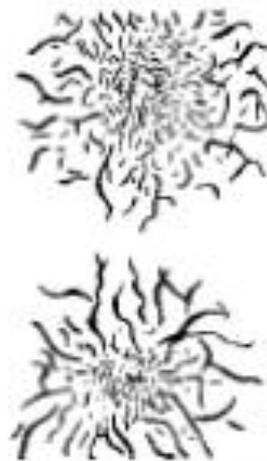
- Composição química: os elementos de liga podem influenciar tanto a velocidade de nucleação como a de crescimento. De modo geral, quando a velocidade de crescimento é reduzida, ocorre uma redução da ramificação do esqueleto da grafita, conduzindo a um engrossamento da grafita da célula eutética
- Velocidade de esfriamento: velocidades altas produzem veios finos com distribuição dendrítica; velocidades médias produzem distribuição e tamanho normais e velocidades lentas, veios grossos de grafita

Tipos de grafita nos ferros fundidos cinzentos

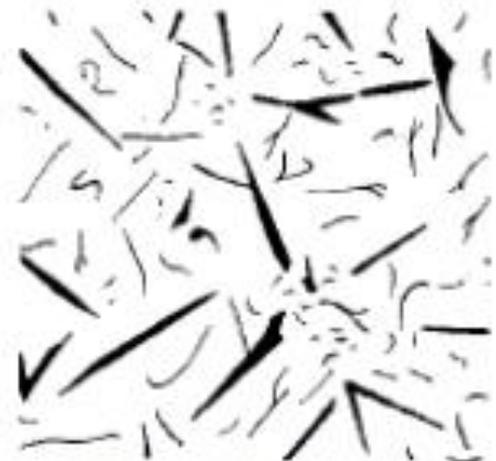
Type A



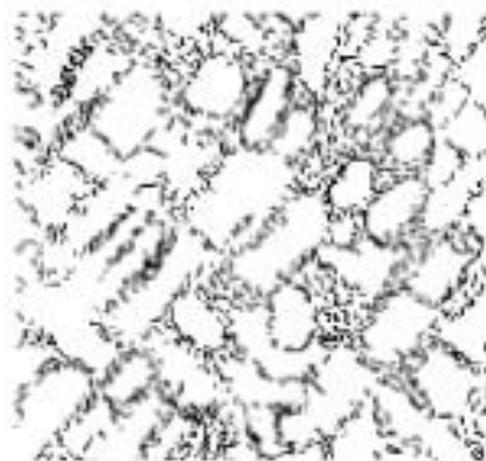
Type B



Type C



Type D



Type E



Propriedades mecânicas dos ferros fundidos cinzentos:

| ASTM A 48 class | Resistência à tração | | Resistência à torção | | Resistência à compressão | | Limite de fadiga em dobramento | | dureza (HB) |
|--------------------|----------------------|------|----------------------|------|--------------------------|-------|--------------------------------|------|-------------|
| | MPa | ksi | MPa | ksi | MPa | ksi | MPa | ksi | |
| 20 | 152 | 22 | 179 | 26 | 572 | 83 | 69 | 10 | 156 |
| 25 | 179 | 26 | 220 | 32 | 669 | 97 | 79 | 11.5 | 174 |
| 30 | 214 | 31 | 276 | 40 | 752 | 109 | 97 | 14 | 210 |
| 35 | 252 | 36.5 | 334 | 48.5 | 855 | 124 | 110 | 16 | 212 |
| 40 | 293 | 42.5 | 393 | 57 | 965 | 140 | 128 | 18.5 | 235 |
| 50 | 362 | 52.5 | 503 | 73 | 1130 | 164 | 148 | 21.5 | 262 |
| 60 | 431 | 62.5 | 610 | 88.5 | 1293 | 187.5 | 169 | 24.5 | 302 |

Aspectos da grafita

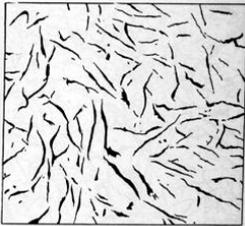


Fig. 533 — Veiros de grafita do tipo A. Veiros curvos às vezes laminados, com orientação à 45°. 100 x.

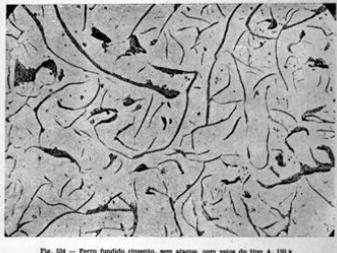


Fig. 534 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios do tipo A. 150 x.



Fig. 535 — Veiros de grafita do tipo B. Veiros com disposição radial em torno de nódulos de aspecto esférico. 100 x.

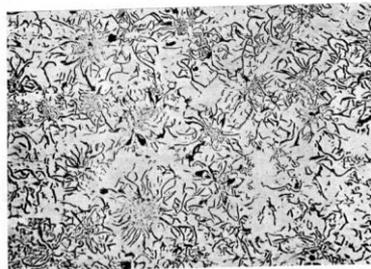


Fig. 536 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios do tipo B. 150 x.



Fig. 537 — Veiros de grafita do tipo C. Veiros grandes e quase retos e, entre eles, veios pequenos comuns. 100 x.

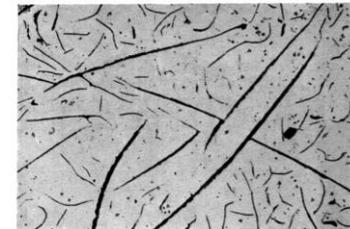


Fig. 538 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios tipo C. 150 x.

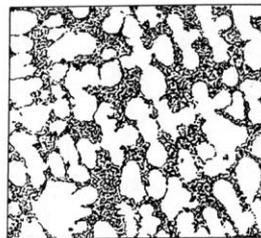


Fig. 539 — Veiros de grafita do tipo D. Veiros pequenos e curtos agrupados preenchendo o espaço interdendrítico como esfalita. 100 x.

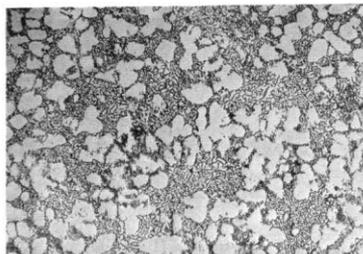


Fig. 540 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com grafita do tipo D. 150 x.

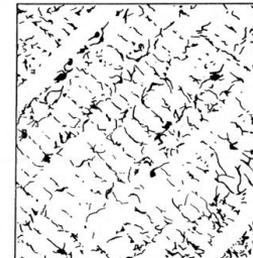


Fig. 541 — Veiros de grafita do tipo E. Veiros orientados segundo o espaço interdendrítico. 100 x.

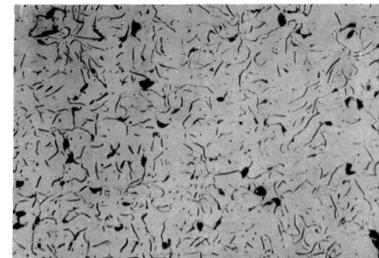


Fig. 542 — Ferro fundido cinzento com grafita do tipo E. 100 x.

- Aspecto da grafita Tipo A

- Aspecto da grafita Tipo B

- Aspecto da grafita Tipo C

- Aspecto da grafita Tipo D

- Aspecto da grafita Tipo E

Tamanhos da grafita

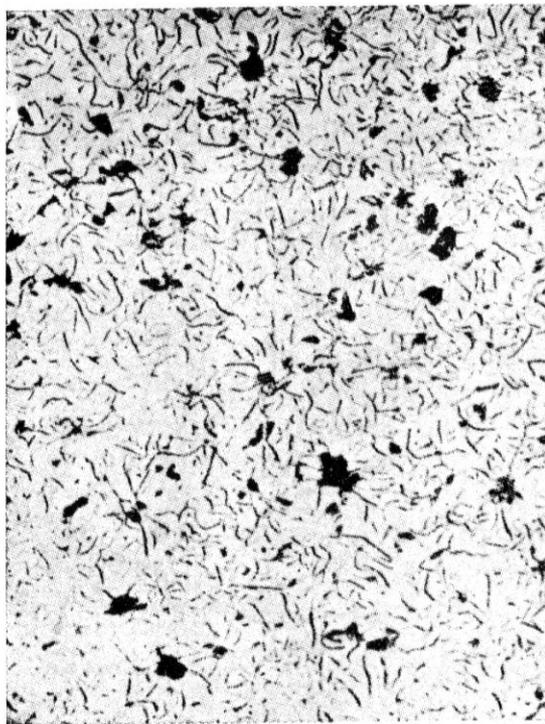
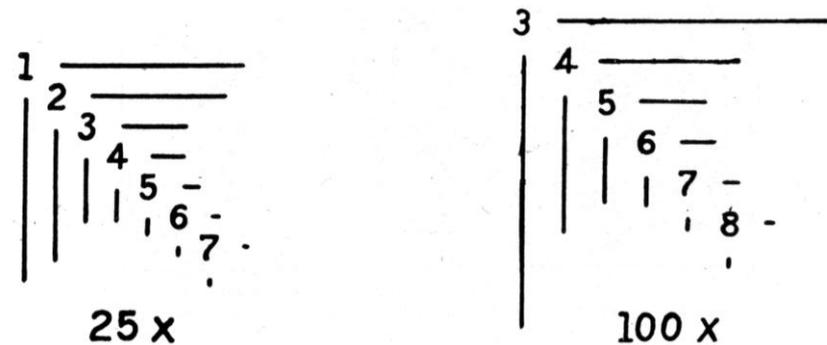


Fig. 548 — Ferro fundido cinzento sem ataque.
Exemplo de veios de tamanho n.º 6. 100 x.

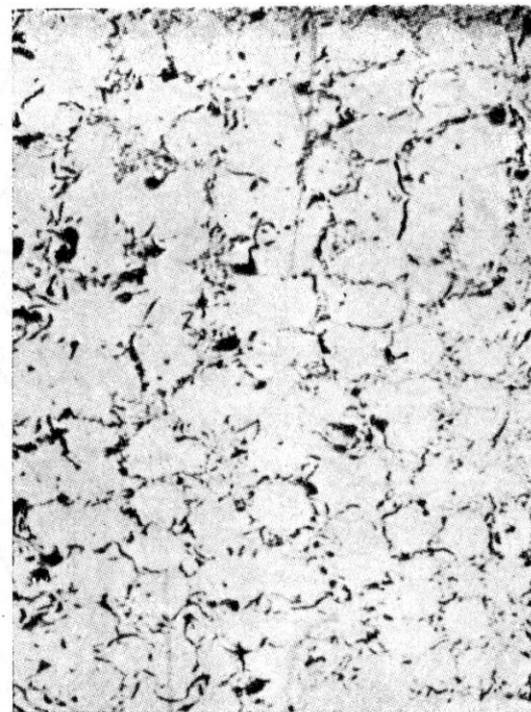


Fig. 549 — Ferro fundido cinzento sem ataque.
Exemplo de veios de tamanho n.º 8. 100 x.

Ferros fundidos

Ferro Fundido Nodular

Maior resistência dentre os fofos → a grafita se apresenta na forma de nódulos não interrompendo tanto a continuidade da matriz quanto a grafita dos ferros fundidos cinzentos. Este formato da grafita é obtida através da adição de magnésio ou cério ao ferro líquido no momento do vazamento.

Propriedades mecânicas melhores até que de alguns tipos de aços ao carbono.

FF ductil/nodular

- Melhores propriedades mecânicas (ductilidade e resistência mecânica) dentre os ferros fundidos

- Algumas aplicações: tubos centrifugados para saneamento válvulas para vapor e produtos químicos, cilindros para papel, virabrequins, engrenagens, etc.



Ferros fundidos

A ABNT classifica este tipo de ferro fundido nos seguintes tipos:

FE 42012

FE 50007

FE 60003

FE 70002

FE 80002

As letras FE indicam ferro grafita esferoidal (nódulos), os três primeiros algarismos indicam a resistência a tração em MPa e os dois últimos algarismos o alongamento em %.

Exemplo: *FE 50007- Ferro esferoidal com 500 MPa de resistência a tração e 7,0% de alongamento mínimo.*

Ferros fundidos

A ABNT classifica este tipo de ferro fundido como:

FE 38017



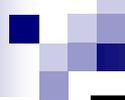
Alongamento (%)

Resistência à tração MPa

Ferro Grafita Esferoidal

Ferros Fundidos Nodulares

As boas propriedades dos ferros fundidos dúcteis ou nodulares devem-se à presença de nódulos esféricos de grafita na sua microestrutura, que geralmente no caso dos ferros não ligados, são compostas da seguinte forma: “nódulos esféricos de grafita rodeados por ferrita numa matriz de perlita, conforme mostram as figuras a seguir.

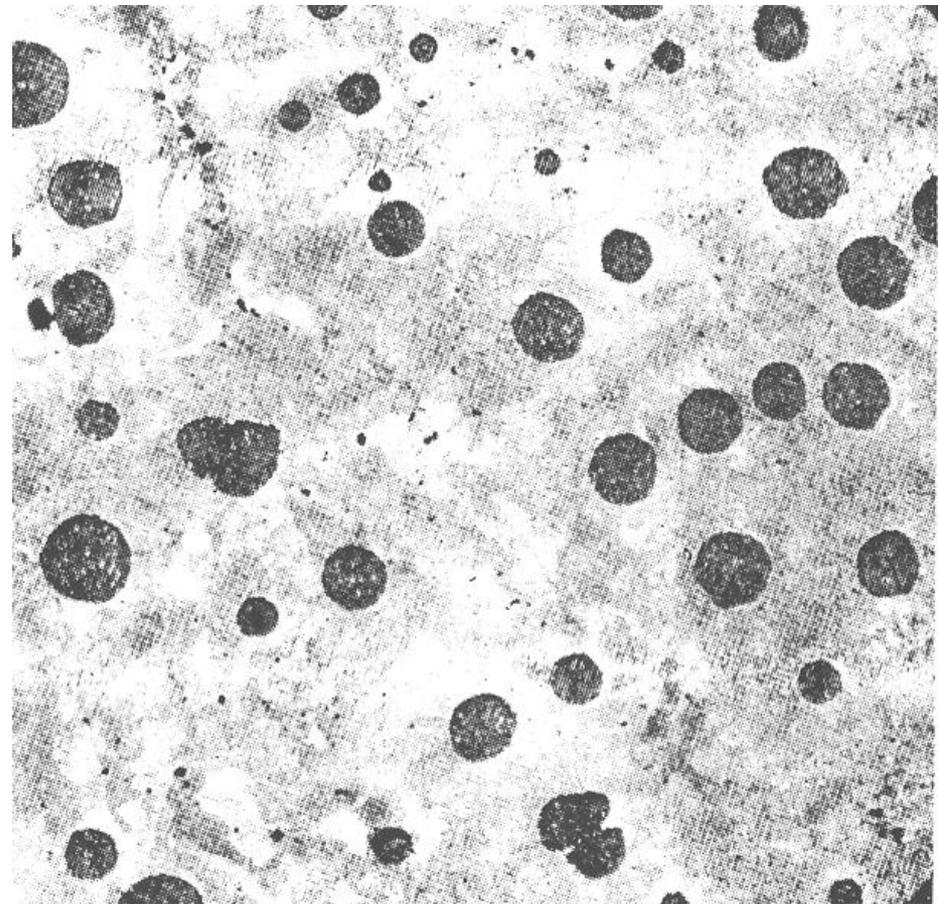
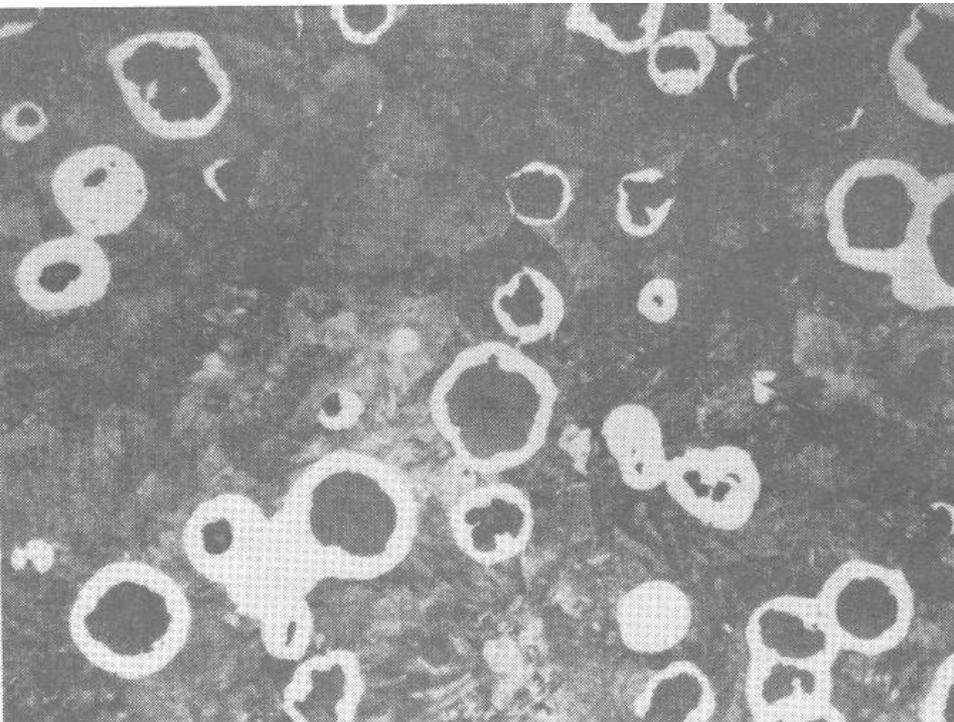


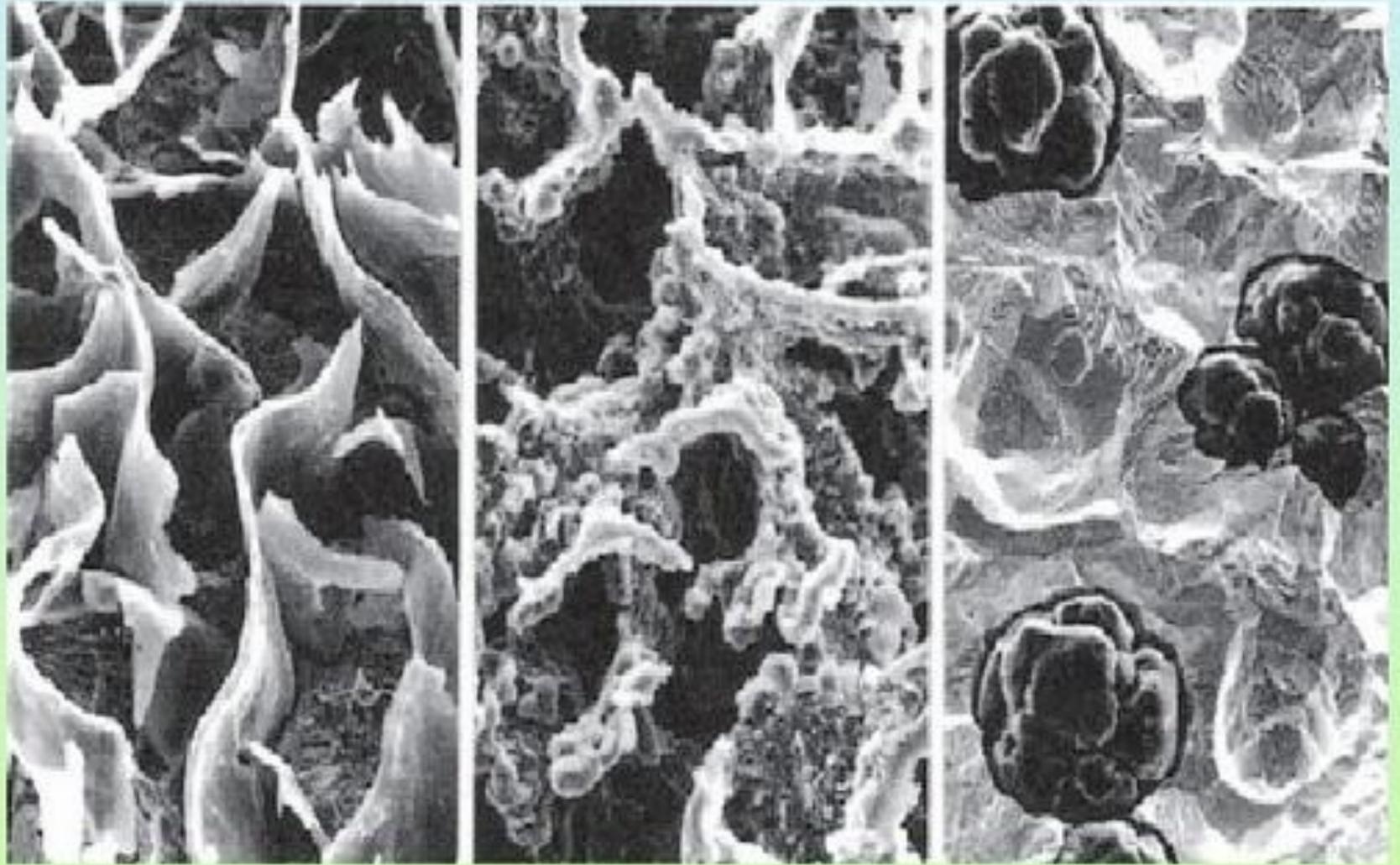
Ferros Fundidos Nodulares

A microestrutura do ferro fundido nodular é obtida através da adição de uma pequena quantidade de magnésio e/ou cério antes da fundição

Impurezas, tais como o “P” e o “S”, dentre outras, devem ser mantidas em níveis muito baixos, uma vez que interferem com a formação dos nódulos de grafita nos ferros fundidos dúcteis, os quais formam-se durante a solidificação.

Ferros Fundidos Nodulares



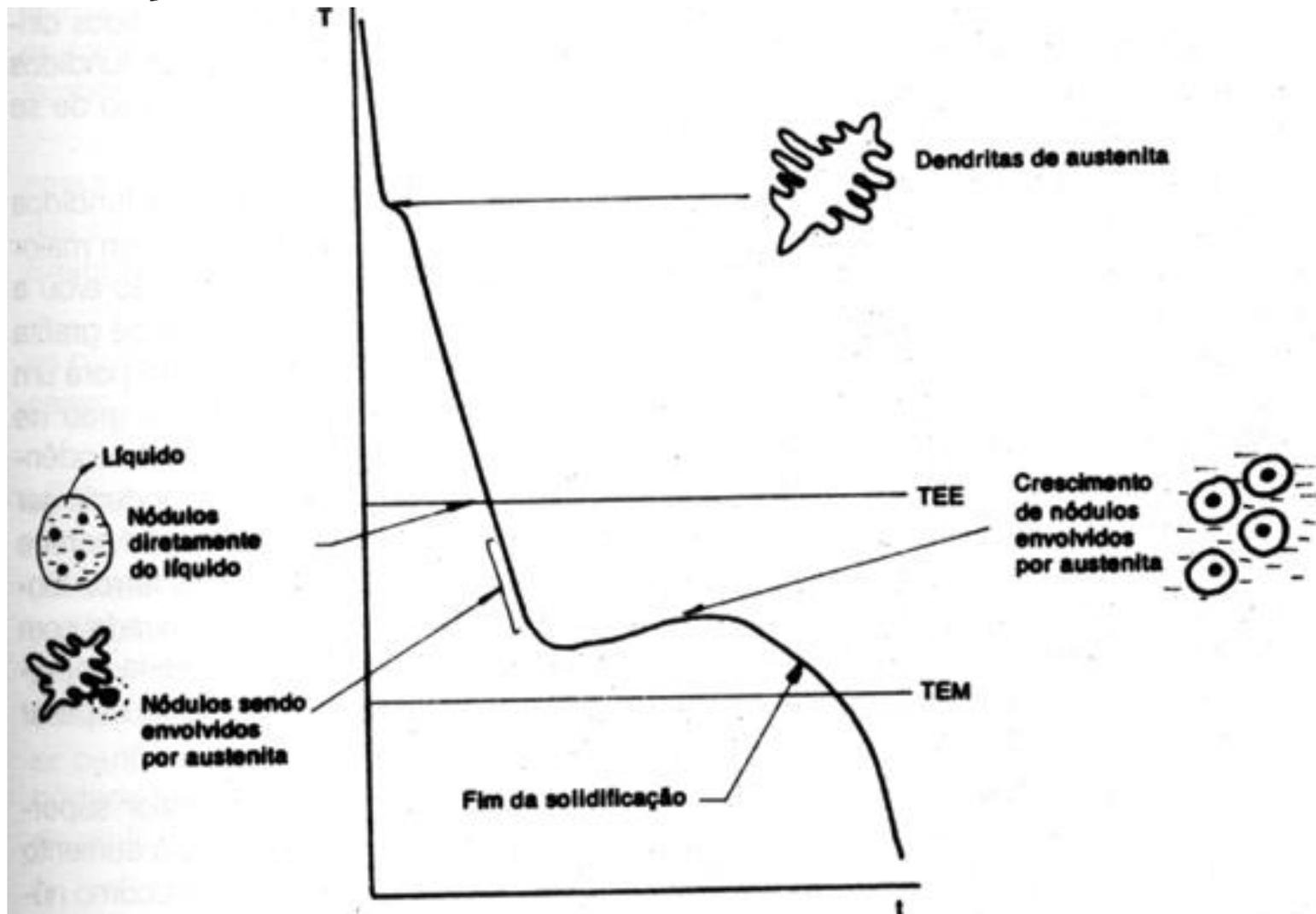


Ferros Fundidos Nodulares – Sequência de solidificação

✓ Hipoeutéticos: Inicia-se a formação de dendritas de austenita. À medida que a temperatura diminui, o líquido residual torna-se mais rico em carbono e silício. Abaixo da temperatura do eutético estável começam a se formar nódulos de grafita no líquido residual rico em carbono e silício que são posteriormente envolvidos em um envólucro de austenita

- ✓ Hipereutéticos: a grafita é fase primária, a grafita nodular precipita-se. À medida que a temperatura diminui, o líquido residual tem sua composição cada vez mais próxima da eutética. Abaixo da temperatura do eutético estável começam a se formar mais nódulos de grafita que são posteriormente envolvidos por austenita.

Ferros Fundidos Nodulares – Sequência de solidificação



Ferros Fundidos Nodulares e Cinzentos- matrizes

.A variação de composição química e do tratamento térmico dos ferros fundidos cinzentos e nodulares alteram a matriz que circunda as partículas de grafita em lamelas ou nódulos respectivamente

- A formação de uma matriz de ferrita é facilitada quanto menor for a velocidade de esfriamento da peça, maior a quantidade de grafita, maior a ramificação do esqueleto da grafita lamelar ou mais elevado número de nódulos e maior a quantidade de silício

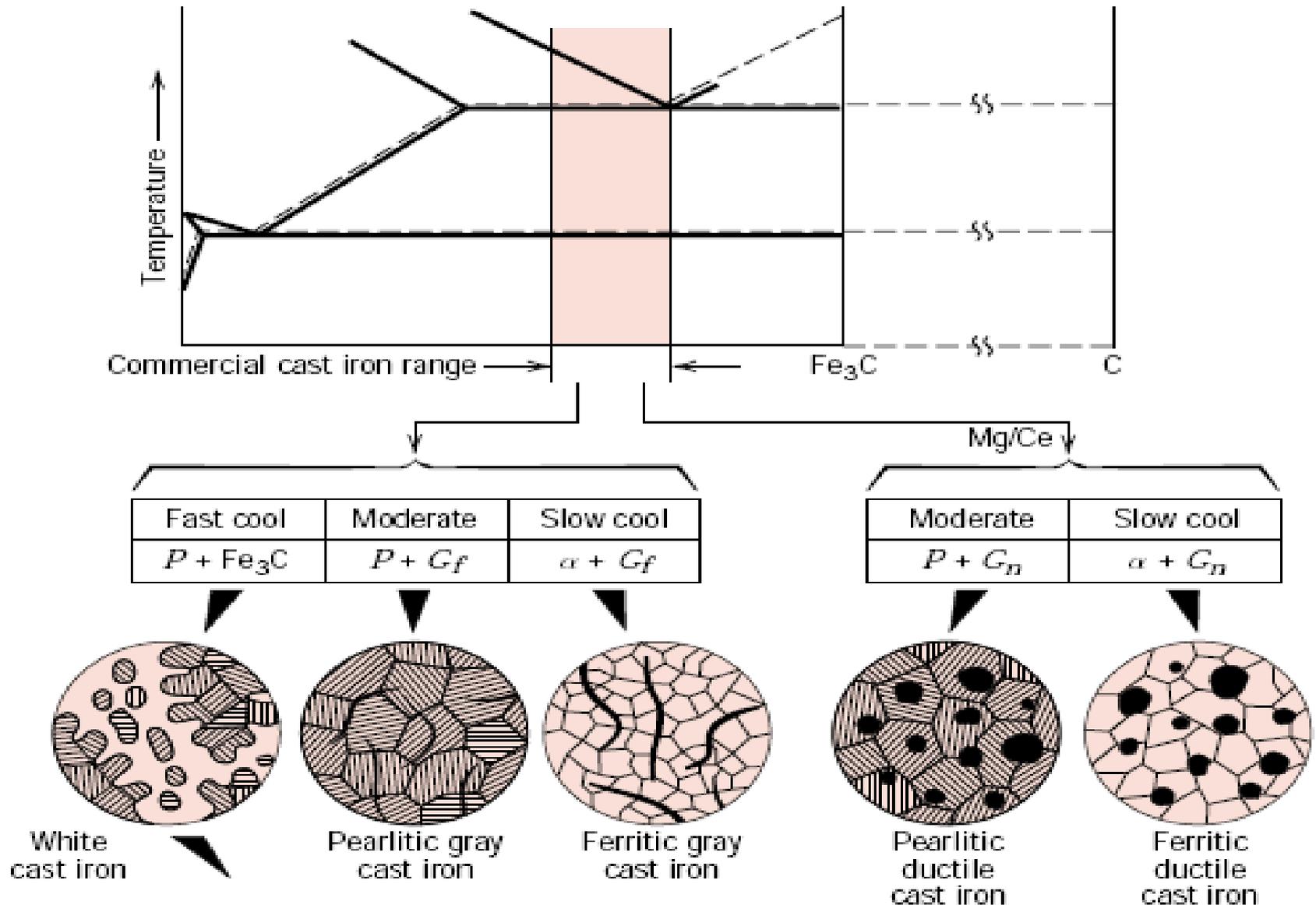
- A formação de matriz de perlita é favorecida pela variação contrária dos fatores de formação de matriz de ferrita e por adição de elementos de liga como cobre, níquel, estanho, denominados perlizantes



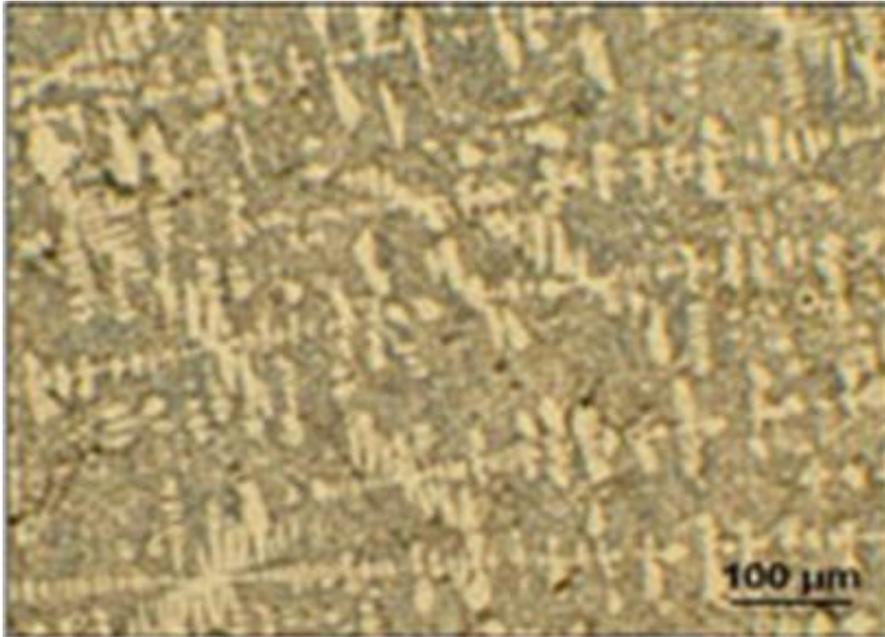
•A formação de uma matriz de ferrita é facilitada quanto menor for a velocidade de esfriamento da peça, maior a quantidade de grafita, maior a ramificação do esqueleto da grafita lamelar ou mais elevado número de nódulos e maior a quantidade de silício

•A formação de matriz de perlita é favorecida pela variação contrária dos fatores de formação de matriz de ferrita e por adição de elementos de liga como cobre, níquel, estanho, denominados perlitizantes

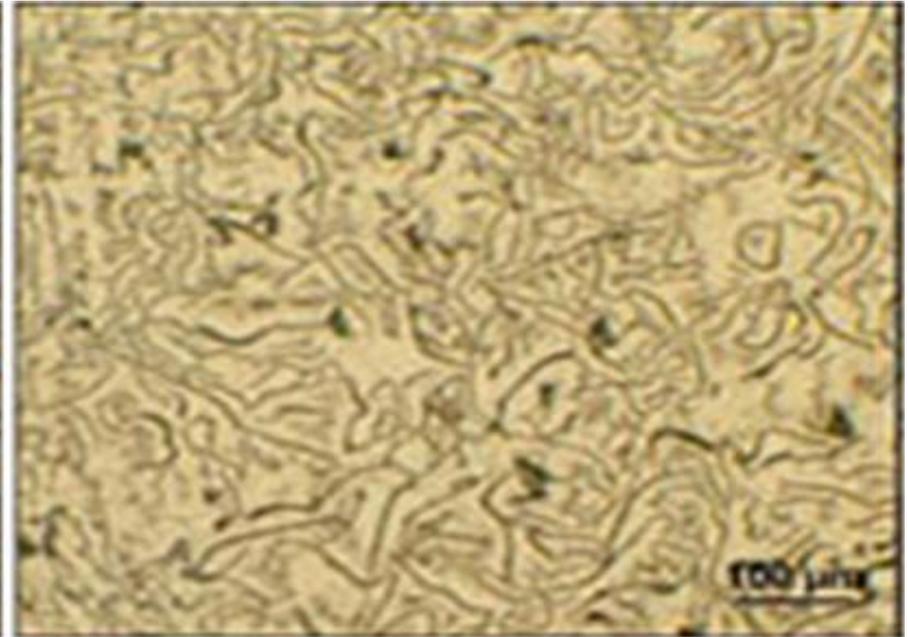
Ferros Fundidos Nodulares e Cinzentos- matrizes



■ Coquilhado



A 5mm da superfície
coquilhada:
Grafita forma I (lamelar)
Tamanho 6 - 8



Após camada coquilhada:
Grafita forma I (lamelar)
Tamanho 2 - 5

Mesclado



MO 1070

FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital



MO 1069

FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital



MO 1068

FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital

Ferros fundidos

Ferros Fundidos com grafita compacta – Ferro Vermicular

Processos de fabricação

Por ser um tipo de fofo ainda recente em escala industrial, vários processos de obtenção de grafita vermicular podem ser utilizados mas que exigem controles extremamente rígidos de processo.

Ferros fundidos

Ferros Fundidos com grafita compacta – Ferro Vermicular

Apresentam propriedades físicas e mecânicas intermediárias entre os fofos cinzentos e nodulares.

São indicadas para aplicações que requeiram elevada resistência mecânica, baixa condutibilidade térmica e alta resistência à fadiga térmica.

Ferros Fundidos Vermiculares

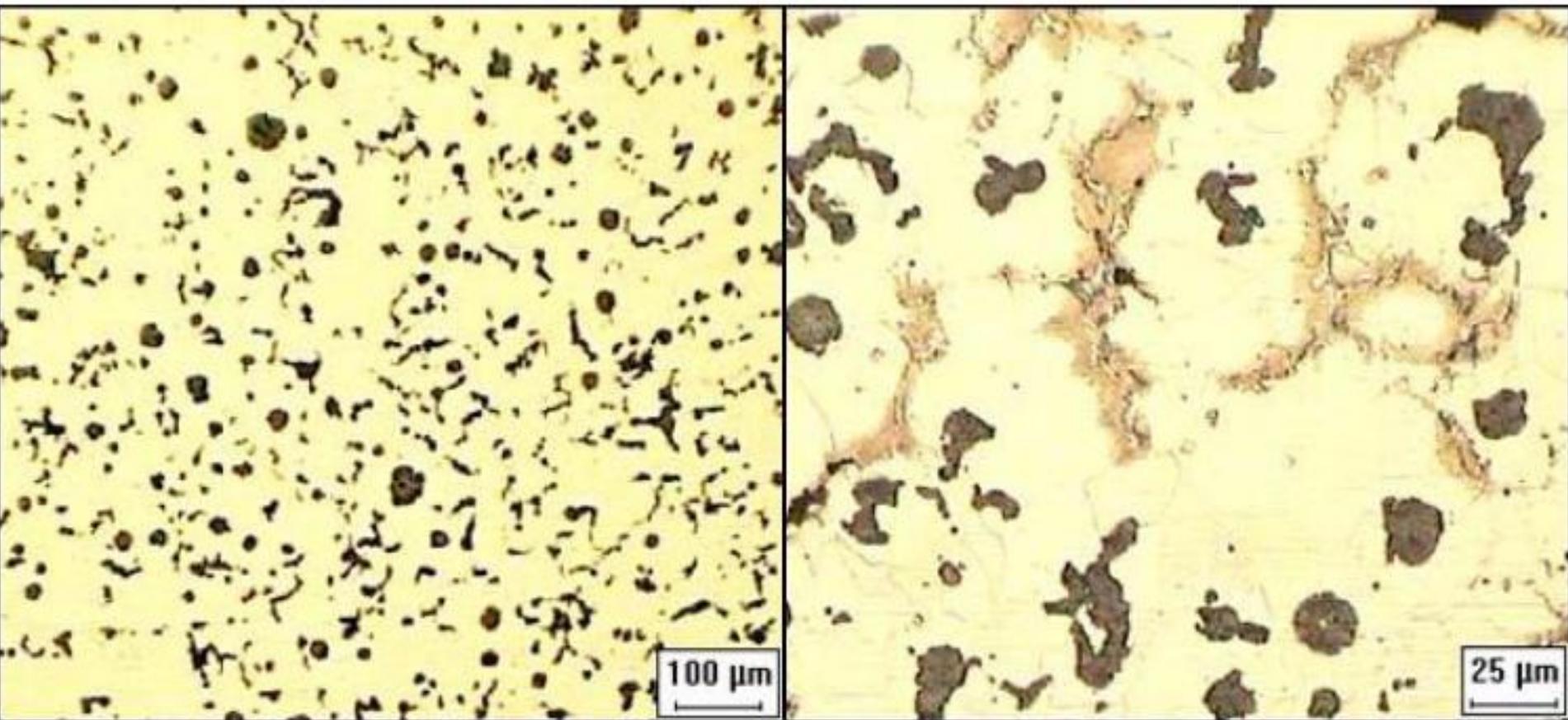
Muitas vezes com a inoculação, a grafita não toma a forma esferoidal, mas a forma vermicular. Isto pode acontecer de duas maneiras:

✓ Quantidade insuficiente de **inoculante**: neste caso a quantidade de inoculante não permite que se promova a agregação esférica da grafita

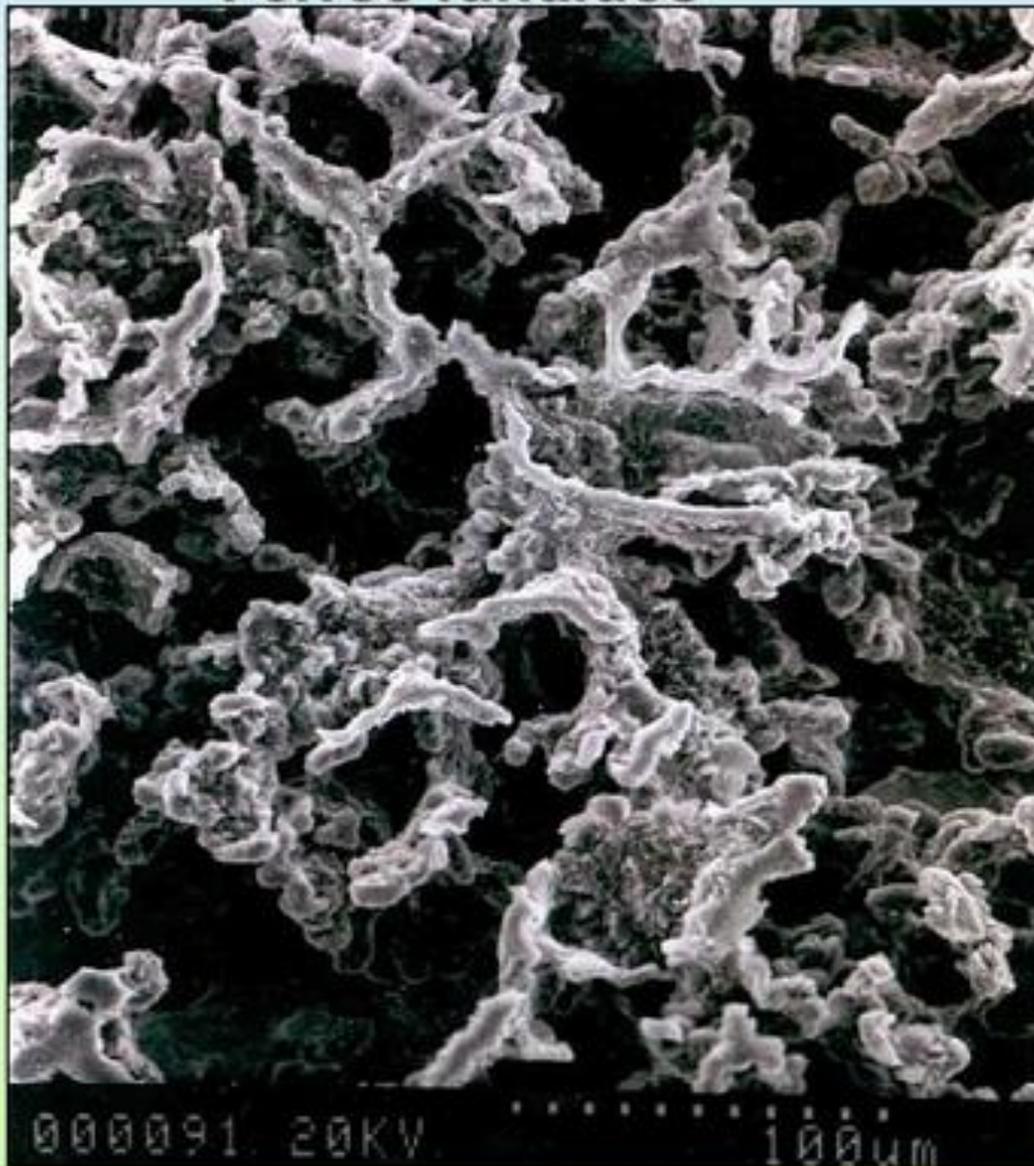
Ferros Fundidos Vermiculares

✓ Demora no preenchimento do molde: se após a estabilização de Fe-Si houver um tempo muito grande de espera para o preenchimento do molde, a segregação de elementos que promovem a agregação esférica da grafita começa a se dissolver

Ferros Fundidos Vermiculares



Ferros fundidos



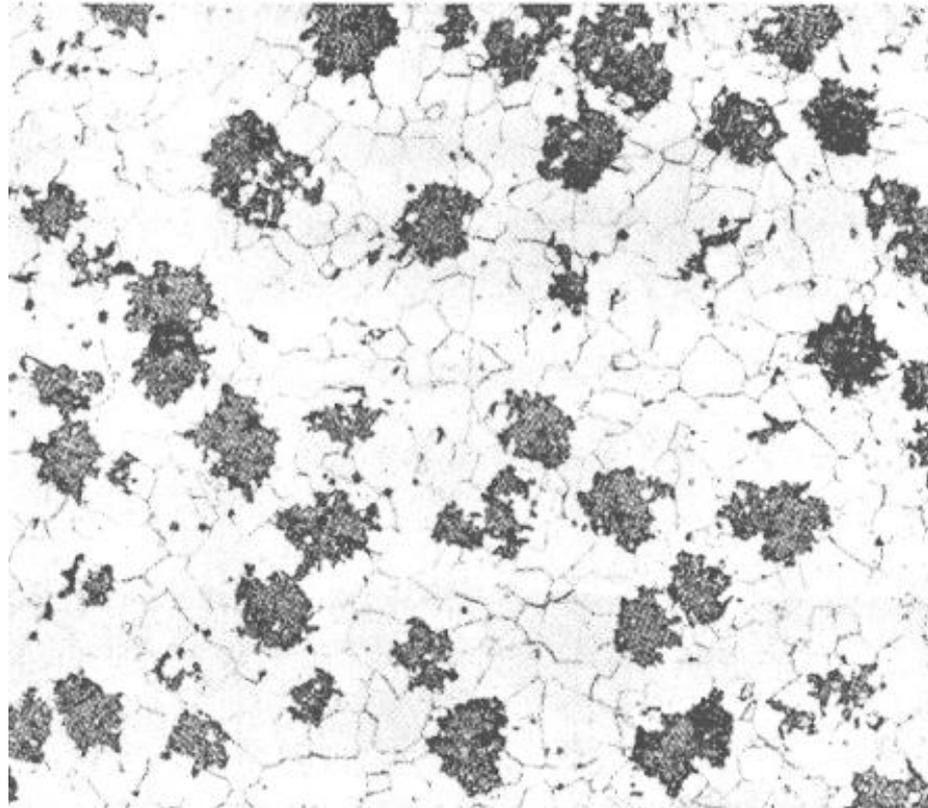
Ferros fundidos

Ferros Fundidos Maleáveis

Os ferros fundidos maleáveis são obtidos a partir do ferro fundido branco, quando submetidos a um tratamento térmico de grafitização (aprox. 940°C), quando os carbonetos de ferro transformam-se em grafita (nódulos de carbono).

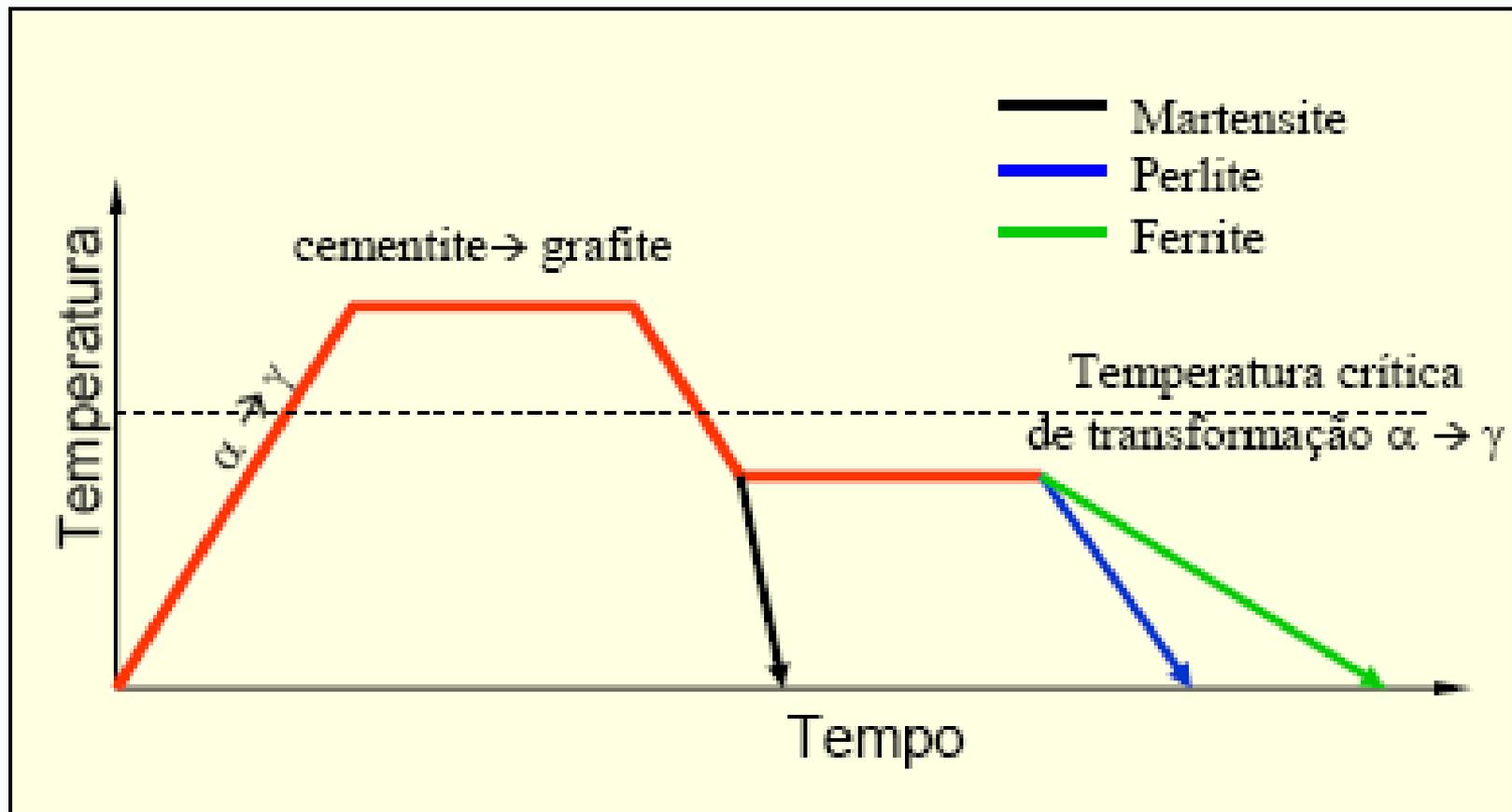
O modo de resfriamento após o tempo de encharque para grafitização é que determinará a matriz da microestrutura formada por nódulos de carbono.

Ferros Fundidos Maleáveis



Na figura: nódulos de grafita numa matriz ferrítica. Neste caso ocorreu completa grafitização.

Ferros Fundidos Maleáveis



Ferro fundido Branco x Ferro fundido cinzento

- Possui o carbono não dissolvido precipitado na forma de carbonetos.
- Microestruturas:
 - Ledeburita + perlita + cementita
 - Ledeburita
 - Ledeburita + cementita
- Elevadas dureza e resistência ao desgaste, que podem ser melhoradas pela adição de elementos como Cr e Mo.
- Muito baixas tenacidade e ductilidade.

- Praticamente todo o carbono não dissolvido na austenita ou ferrita se precipita na forma de grafita em veios ou lamelar. Isso só acontece se o ferro fundido tiver adições de 1% a 3% Si e se for resfriado de forma “lenta” no molde de fundição
- Microestruturas:
 - grafita + ferrita
 - grafita + perlita
 - grafita + ferrita/perlita
- Material “fácil de se fundir”
- Boa usinabilidade
- Baixa ductilidade e tenacidade, devido ao efeito de entalhe da grafita em veios
- Resistência à tração entre 28kgf/mm² e 42 kgf/mm². Resistência à compressão 3X maior.
- Boa capacidade de amortecimento.



Ferros Fundidos - Influência de Elementos de Liga

Os elementos de liga mais empregados são:

- **Níquel:** atua como **grafitizante**, aumentando a faixa entre a temperatura do eutético estável e do metaestável. Como perlitzante o efeito não é muito pronunciado. Adições de aproximadamente 5% não são suficientes para obtenção de matriz totalmente perlítica
- **Cobre:** é um **grafitizante** como o níquel e um promovedor da formação de **perlita**. Aumenta significativamente as propriedades mecânicas pela formação de perlita e também do endurecimento da ferrita
- **Estanho:** possui um comportamento muito acentuado o que permite **propriedades mecânicas bem elevadas**. Teores de 0,2% Sn possibilitam matriz totalmente perlítica em uma peça de 200 mm de diâmetro de ferro fundido nodular
- **Molibdênio:** provoca uma grande **aumento de resistência** quando adicionado aos ferros fundidos nodulares diminuindo a ductilidade. Um inconveniente é a forte tendência à formação de carbonetos em secções mais finas
- **Vanádio e cromo:** são fortes formadores de **carbonetos**. São utilizados quando se necessita alta resistência à abrasão, mas em que ductilidade e resistência ao impacto não precisem ser altas

Ferro Fundido Cinzento

| | | |
|-----------|---------------------|------------|
| Tipo: FC1 | FERRÍTICO/PERLÍTICO | CLASSE: 15 |
|-----------|---------------------|------------|

Características / Aplicações

Uso geral em aplicações com reduzida solicitação mecânica, componente estruturais e/ou estatísticos de máquinas ou construções mecânicas/civís: carcaças, tampas, bases, contrapesos, calços, grelhas para sistema de saneamento.

Normas Similares

| | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| ABNT NBR 6589 FC 100/150 FC 200/250 | SAE J431b G 1800 G 2500 | ASTM A 48 CL 20/25 30/35 | DIN 1691 GG 15 |
|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|

Composição Química de Referência

| Carbono (C) | Manganês (Mn) | Silício (Si) | Fósforo (P) | Enxofre (S) |
|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| 3,20 | 0,50 | 2,00 | 0,08 | 0,04 |
| 3,80 | 0,90 | 2,80 | Máximo | Máximo |

Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Bruto de Fundição

| Limite de Resistência (LR) | Dureza Brinell (HB) |
|---------------------------------|------------------------|
| 15 Kgf/mm ² (Mínimo) | 130 a 200 |

Tratamento Térmico

Alívio de Tensões

Soldagem

Inadequada

Observações Gerais

A composição química pode variar em função da geometria/espessura da peça.

Ferro Fundido Nodular

| | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| Tipo: FN 1 | FERRÍTICO | CLASSE: 40 | | |
| Características / Aplicações | | | | |
| Componentes mecânicos submetidos a cargas moderadas e que exijam boa ductibilidade e usinabilidade. Indicado para serviços em altas temperaturas: grelhas, cubos de rodas, tambores. | | | | |
| Normas Similares | | | | |
| ABNT NBR 6916 FE 38017 FE 42012 | SAE J434b 4018 | ASTM A 536 Gr 60-40-18 | DIN 1693 GGG 40 | |
| Composição Química de Referência | | | | |
| Carbono (C) | Manganês (Mn) | Silício (Si) | Fósforo (P) | Enxofre (S) |
| 3,45 3,80 | 0,05 0,40 | 2,20 3,35 | 0,08 Máximo | 0,04 Máximo |
| Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Normalizado | | | | |
| Limite de Resistência | Limite de escoamento | Alongamento | Dureza Brinell | |
| (LR) | (LE) | (A) | (HB) | |
| 40 Kgf/mm ² (Mínimo) | 25 Kgf/mm ² (Mínimo) | 15% (Mínimo) | 140 a 210 | |
| Tratamento Térmico | | | | |
| Recozimento | | | | |
| Soldagem | | | | |
| Inadequada | | | | |
| Observações Gerais | | | | |
| A composição química e a dureza podem variar em função da geometria/espessura da peça. | | | | |

Ferro Fundido Branco Especial

3

| | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| Tipo: NH/II | RESISTENTE A ABRASÃO / BAIXO IMPACTO | CLASSE: NI-HARD | | | | | |
| Características / Aplicações | | | | | | | |
| <p>Peças sujeitas ao desgaste por abrasão com baixo impacto. Material de elevada dureza, conseqüentemente, de difícil usinabilidade: grelhas, chapas de desgaste, revestimento de moinhos, anéis de moagem, fusos transportadores de minérios, calhas de escoamento, etc.</p> | | | | | | | |
| Normas Similares | | | | | | | |
| ASTM A 532 CLASSE I TIPO A TIPO B | | | | | | | |
| Composição Química de Referência | | | | | | | |
| Carbono (C) | Manganês (Mn) | Silício (Si) | Fósforo (P) | Enxofre (S) | Cromo (Cr) | Níquel (Ni) | Molibdênio (Mo) |
| 2,50 3,60 | 1,30 Máximo | 0,80 Máximo | 0,10 Máximo | 0,15 Máximo | 1,40 4,00 | 3,30 5,00 | 1,00 Máximo |
| Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Bruto de Fundição | | | | | | | |
| Dureza Brinell 450 a 600 HB | | | | | | | |
| Tratamento Térmico | | | | | | | |
| Sem Tratamento | | Alívio de Tensões | | | | | |
| Soldagem | | | | | | | |
| Inadequada | | | | | | | |
| Observações Gerais | | | | | | | |
| Dureza a ser medida pelo método Rockwell ou Vickers com valor convertido para dureza Brinell. Faixa de dureza pode ser alterada em função da espessura da peça fundida. | | | | | | | |

Ferro Fundido Branco Especial

| | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| Tipo: FE | RESISTENTE A ABRASÃO | CLASSE: II-A | | | | | | |
| Características / Aplicações | | | | | | | | |
| Ferro fundido ligado ao cromo apresentando elevada dureza, de difícil usinabilidade, não resistente a impactos, com alta resistência a abrasão: rolos para moinho, chapa de desgaste. | | | | | | | | |
| Normas Similares | | | | | | | | |
| ASTM A 532 CLASSE II TIPO A | | | | | | | | |
| Composição Química de Referência | | | | | | | | |
| Carbono (C) | Manganês (Mn) | Silício (Si) | Fósforo (P) | Enxofre (S) | Cromo (Cr) | Níquel (Ni) | Molibdênio (Mo) | Cobre (Cu) |
| 2,00 3,30 | 2,00 Máximo | 1,50 Máximo | 0,10 Máximo | 0,06 Máximo | 11,00 14,00 | 3,00 Máximo | 3,05 Máximo | 1,20 Máximo |
| Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Revenido | | | | | | | | |
| Dureza Brinell 450 a 600 HB | | | | | | | | |
| Tratamento Térmico | | | | | | | | |
| Alívio de Tensões | Normalização e Revenimento | | | | | | | |
| Soldagem | | | | | | | | |
| Inadequada | | | | | | | | |
| Observações Gerais | | | | | | | | |
| Dureza a ser medida pelo método Rockwell ou Vickers com valor convertido para dureza Brinell ou diretamente pelo método Brinell. | | | | | | | | |

Ferro Fundido Branco Especial

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Tipo: FE | RESISTENTE A ABRASÃO | CLASSE: III-A | | | | | | |
| Características / Aplicações | | | | | | | | |
| Ferro fundido ligado ao cromo apresentando elevada dureza, de difícil usinabilidade, não resistente a impactos, com alta resistência a abrasão: placas de revestimento, chapas de desgaste, blindagens, rolos e anéis para moagem. | | | | | | | | |
| Normas Similares | | | | | | | | |
| ASTM A 532 CLASSE III TIPO A | | | | | | | | |
| Composição Química de Referência | | | | | | | | |
| Carbono (C) | Manganês (Mn) | Silício (Si) | Fósforo (P) | Enxofre (S) | Cromo (Cr) | Níquel (Ni) | Molibdênio (Mo) | Cobre (Cu) |
| 2,00 3,30 | 2,00 Máximo | 1,50 Máximo | 0,10 Máximo | 0,06 Máximo | 23,00 30,00 | 2,50 Máximo | 3,00 Máximo | 1,20 Máximo |
| Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Revenido | | | | | | | | |
| Dureza Brinell 450 a 600 HB | | | | | | | | |
| Tratamento Térmico | | | | | | | | |
| Alívio de Tensões | Normalização e Revenimento | | | | | | | |
| Soldagem | | | | | | | | |
| Inadequada | | | | | | | | |
| Observações Gerais | | | | | | | | |
| Dureza a ser medida pelo método Rockwell ou Vickers com valor convertido para dureza Brinell ou diretamente pelo método Brinell. | | | | | | | | |