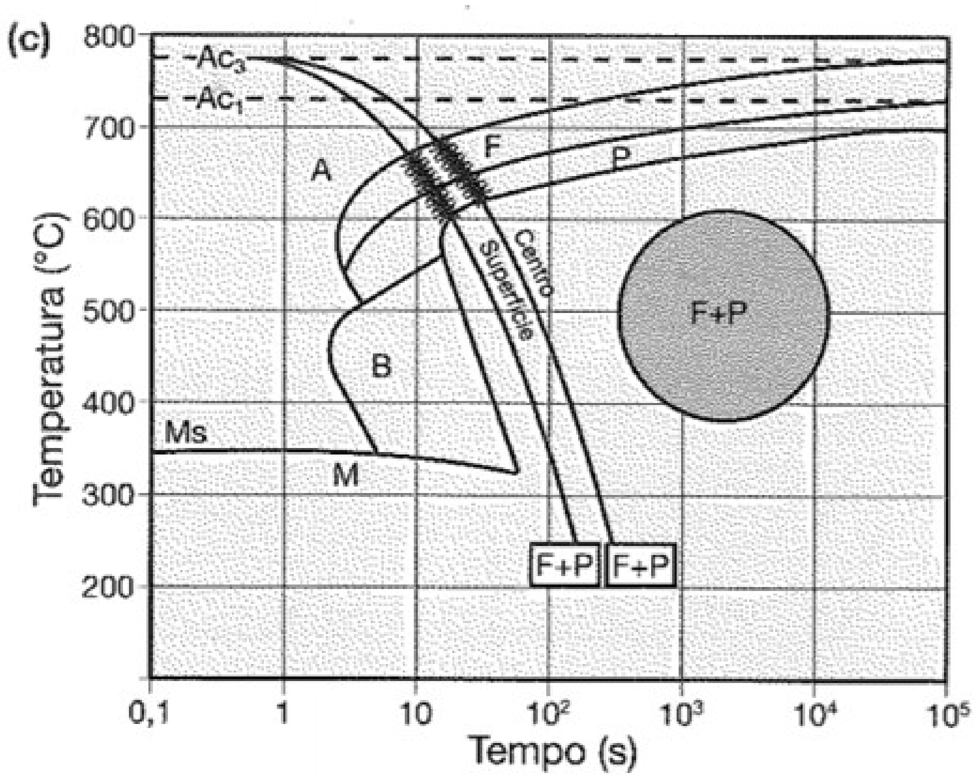
Têmpera

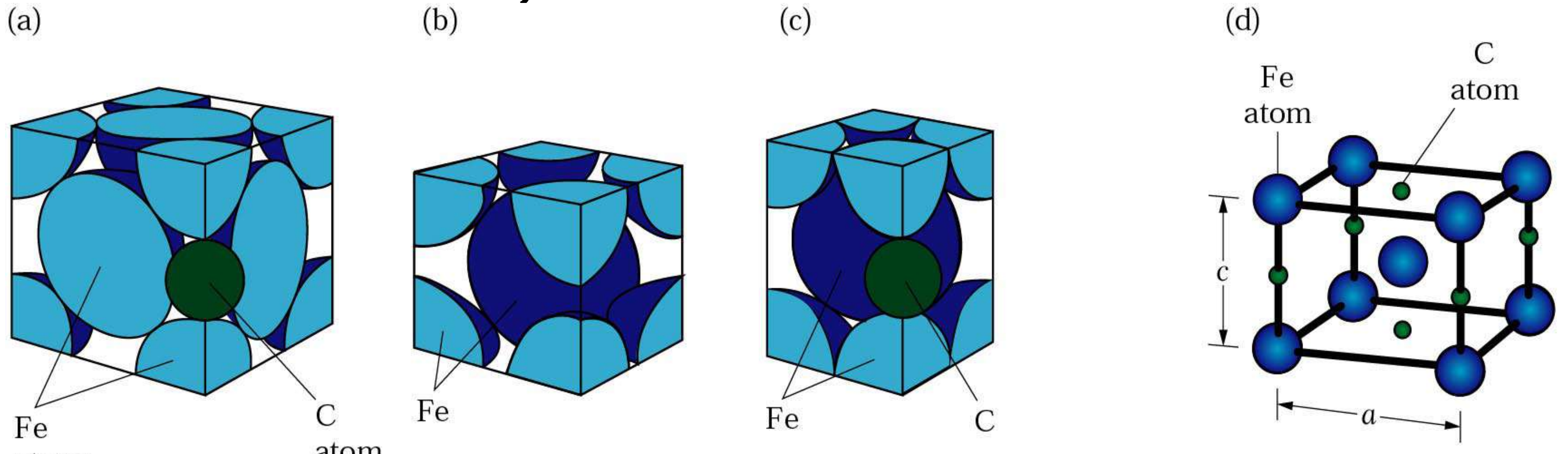
Lauralice Canale


(c)
800
700
600
500
400
300
200
Ac3
Ac1
A
F
P
B
Ms
M
Centro
Superfície
F+P
F+P
F+P
0,1
1
10
10²
10³
10⁴
10⁵
Temperatura (°C)
Tempo (s)

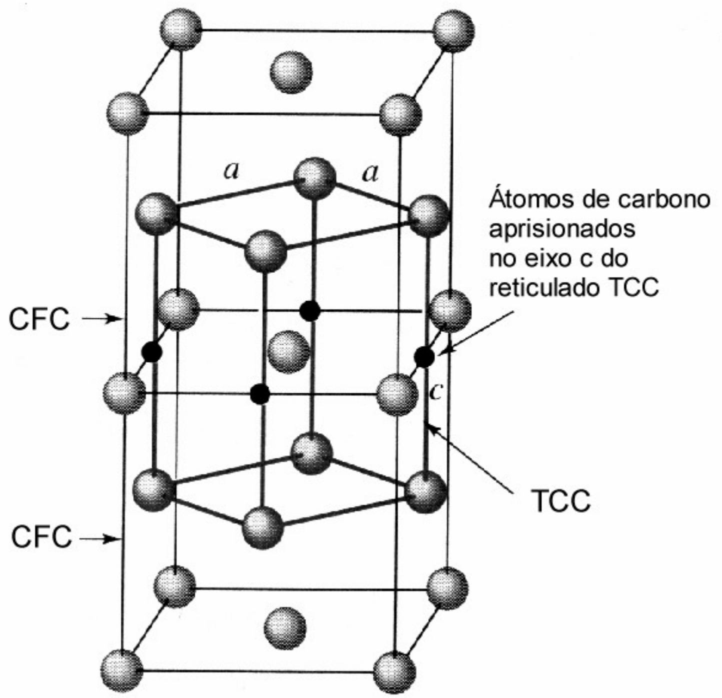
Transformação de fase em metais

- Fases metaestáveis podem ser formadas como um resultado de mudanças muitos rápidas de temperatura. A microestrutura é fortemente afetada pela taxa de resfriamento.

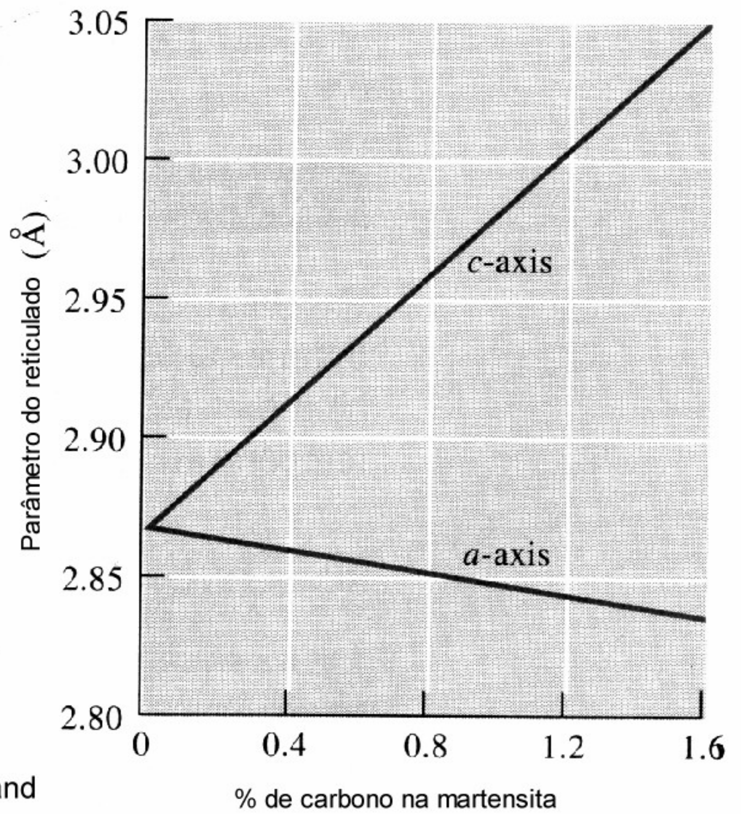
Austenita, Ferrita e Martensita



carbon (%)	c (nm)	a (nm)
0	0.286	0.286
0.20	0.288	0.2858
0.40	0.291	0.2856



The Science and Engineering of Materials - D. Askland



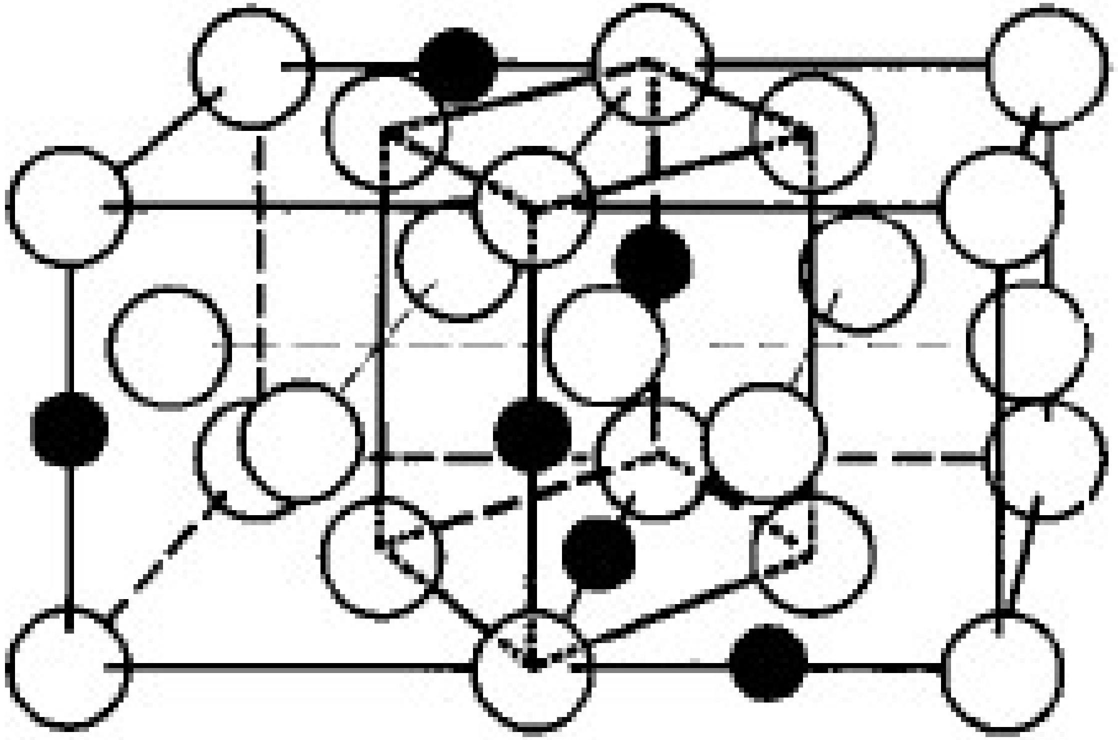
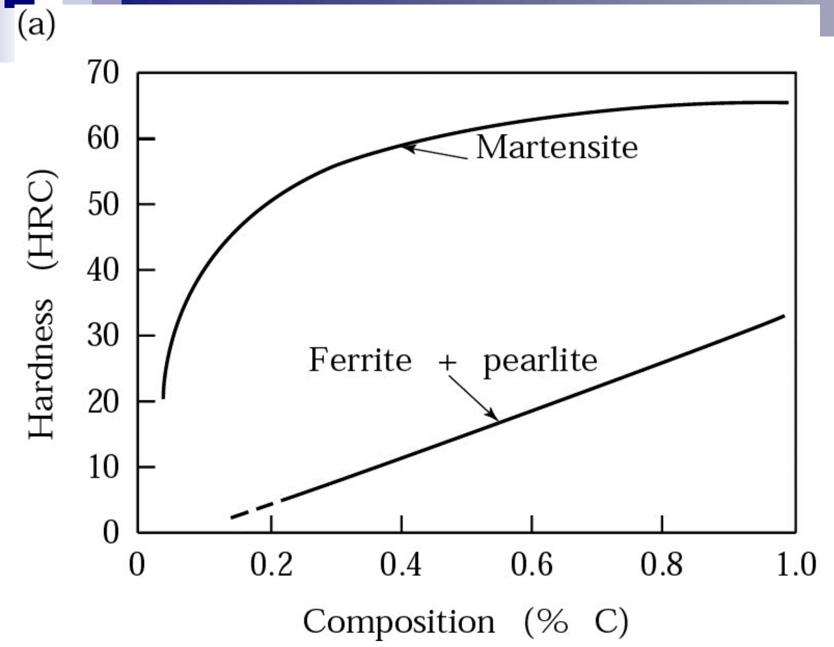
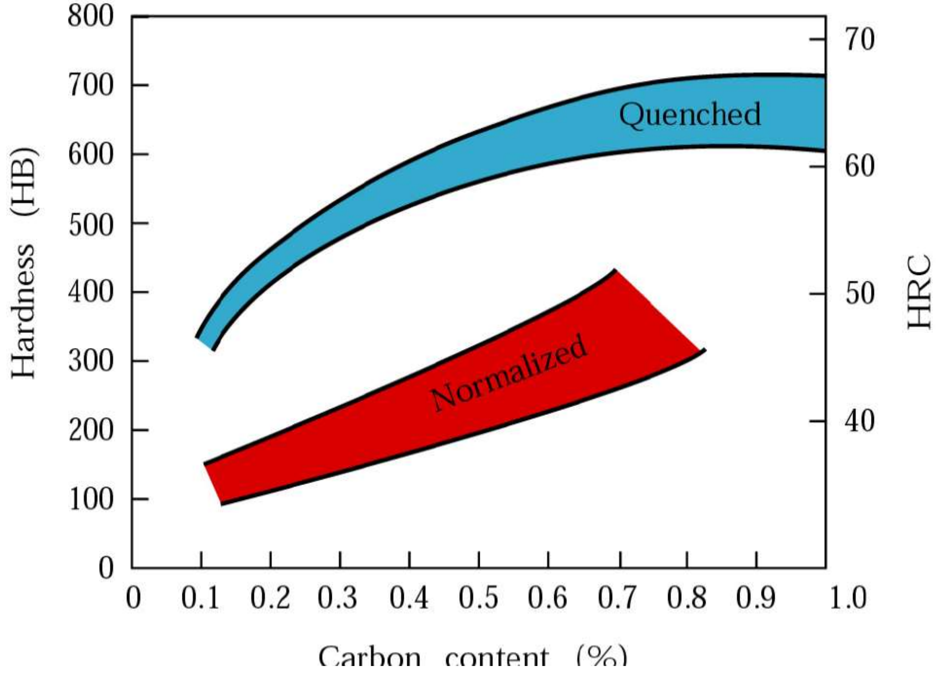


Figure 1.14 Simple model for the transformation of austenite (γ) to martensite (α)

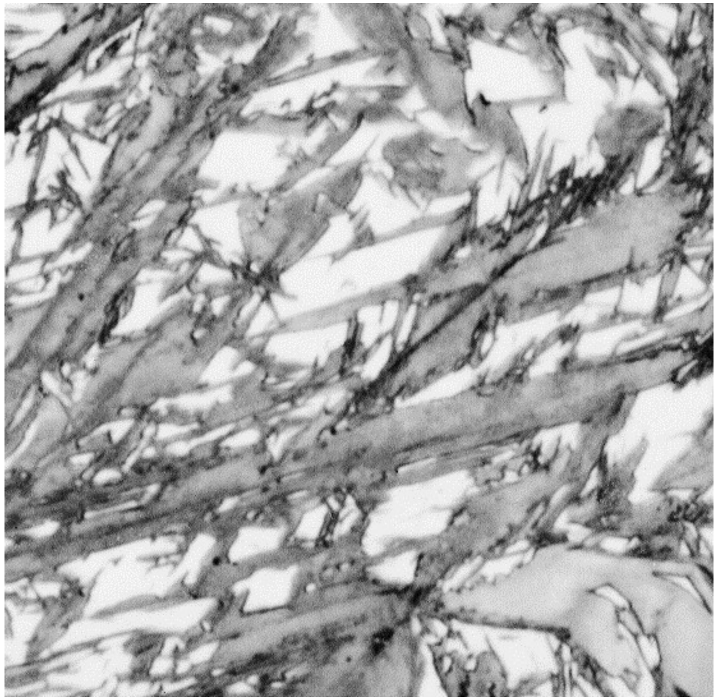
Martensita



(a)
Hardness (HRC)
70
60
50
40
30
20
10
0
Martensite
Ferrite + pearlite
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Composition (% C)

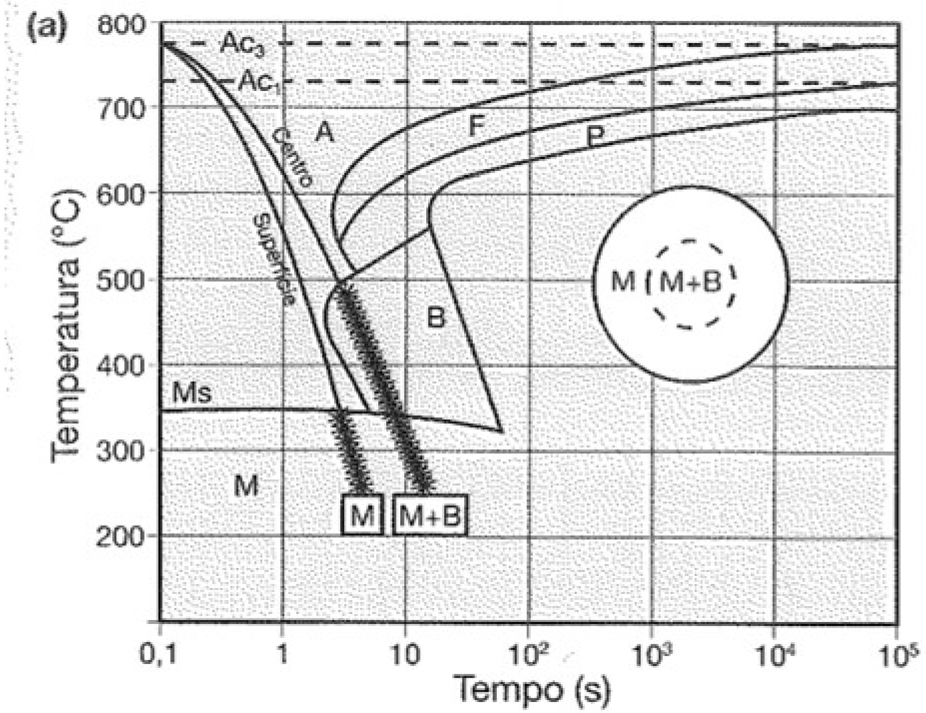


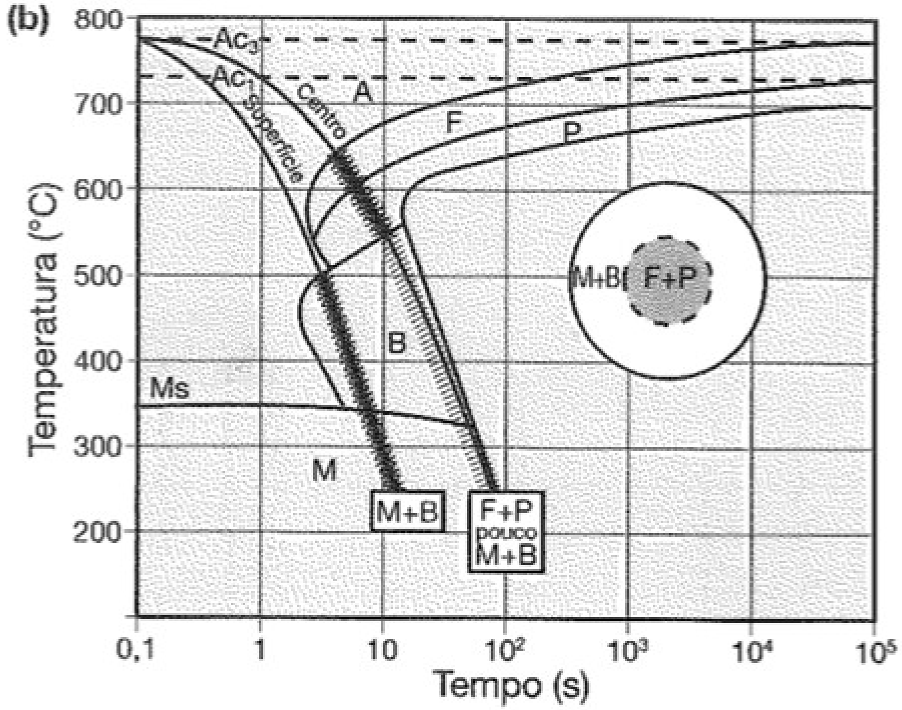
Hardness (HB)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
HRC
70
60
50
40
Quenched
Normalized
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
Carbon content (%)



- Martensita é metaestável, pode persistir indefinidamente na temperatura ambiente, mas se transformará em fases de equilíbrio se um recozimento a altas temperaturas for realizado.

- A martensita pode coexistir com outras microestruturas do sistema Fe-C.


(a)
Ac3
Ac1
A
F
P
Centro
Superfície
B
M (M+B
Ms
M
M
M+B
Temperatura (°C)
Tempo (s)
0,1
1
10
10^2
10^3
10^4
10^5
800
700
600
500
400
300
200


(b)
Ac3
Ac1
A
Centro
Superfície
F
P
B
M+B(F+P
Ms
M
M+B
F+P
pouco
M+B
Temperatura (°C)
Tempo (s)
0,1
1
10
10^2
10^3
10^4
10^5
800
700
600
500
400
300
200

- Há duas morfologias da martensita

Ripas (blocos) - Lath

Lenticular (placas) - Plate

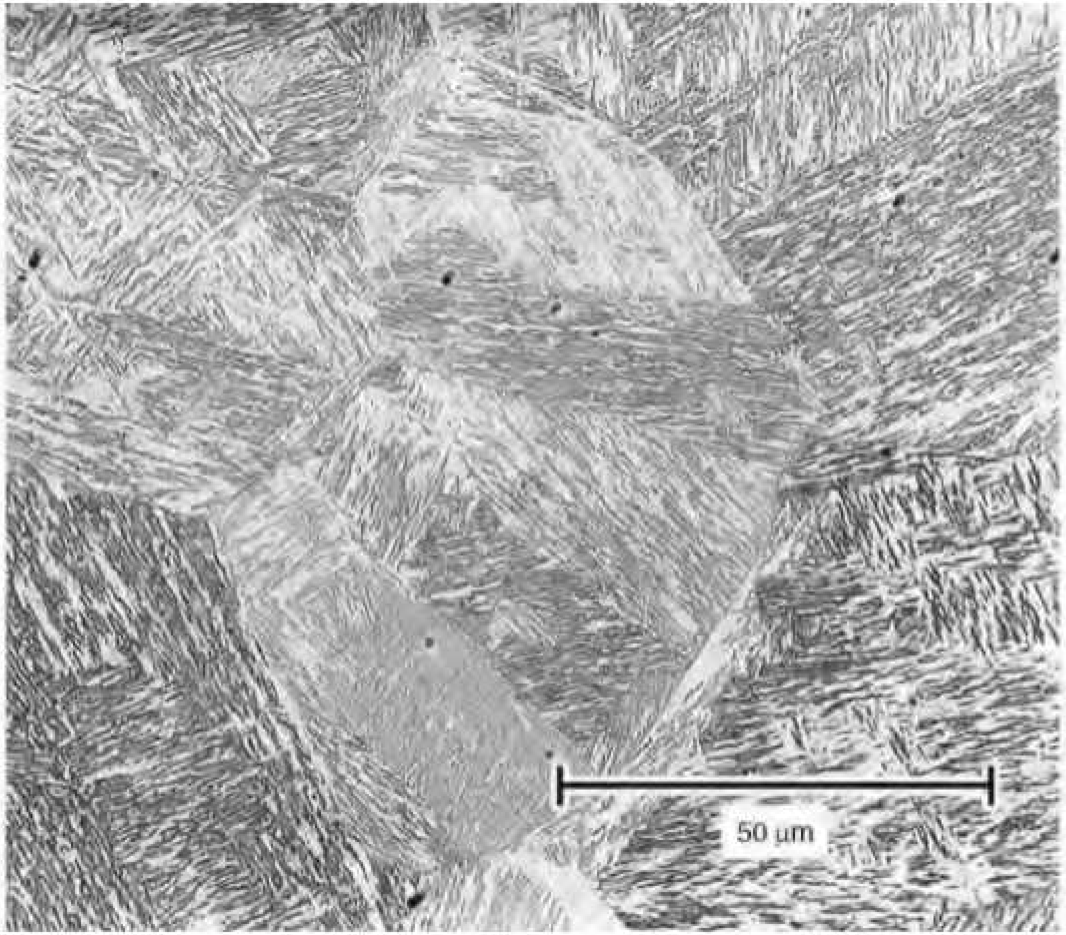


Fig. 9.15 Lath martensite in water-quenched low-alloy steel. 2% nital etch. Original magnification 500× Source: Ref 9.6

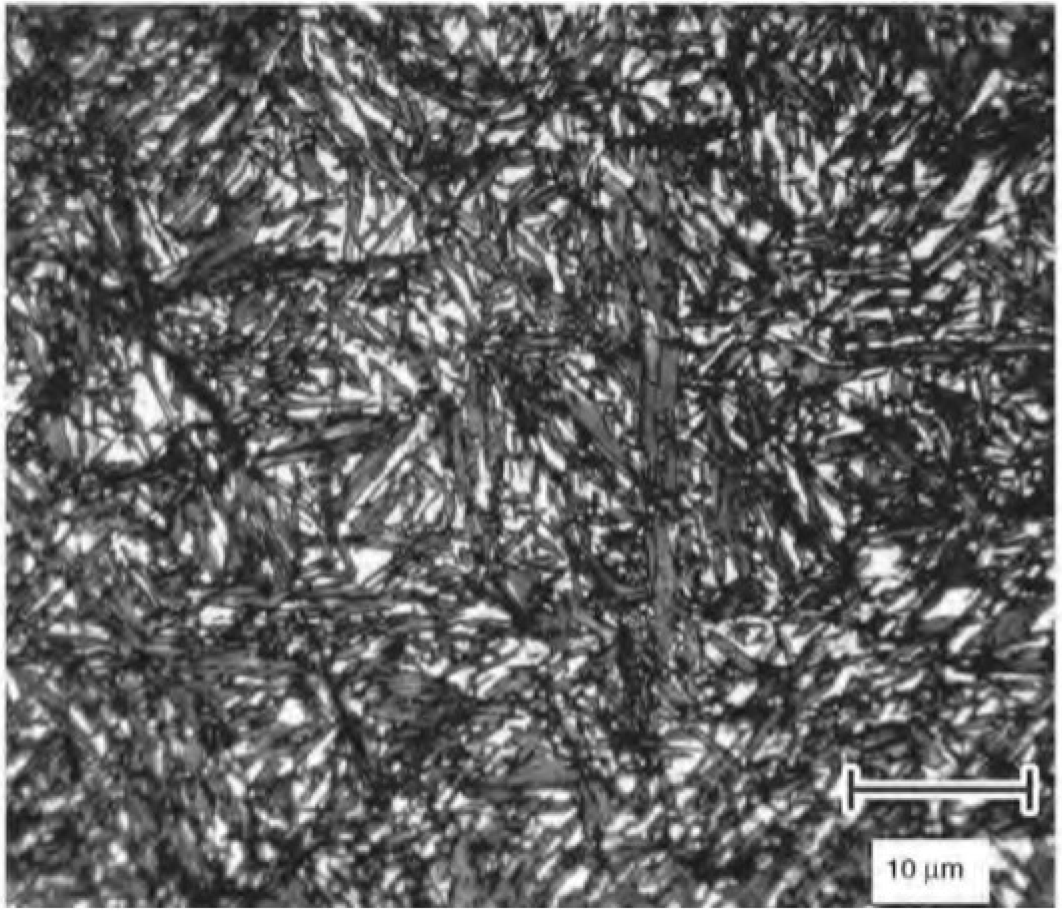
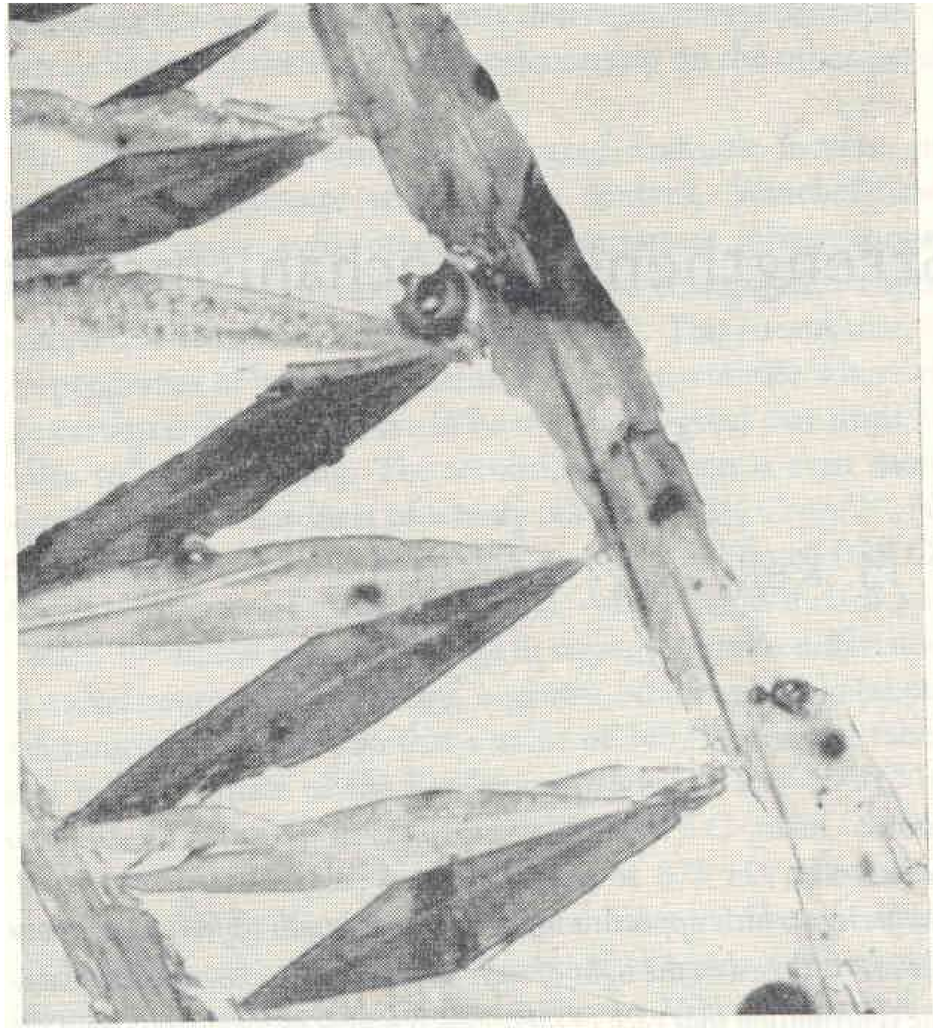


Fig. 9.14 Plate martensite in water-quenched eutectoid (~0.8% C) steel (UNS G10800) The light regions between the martensite plates are retained austenite. 10% sodium metabisulfite etch. Original magnification 1000×. Source: Ref 9.6

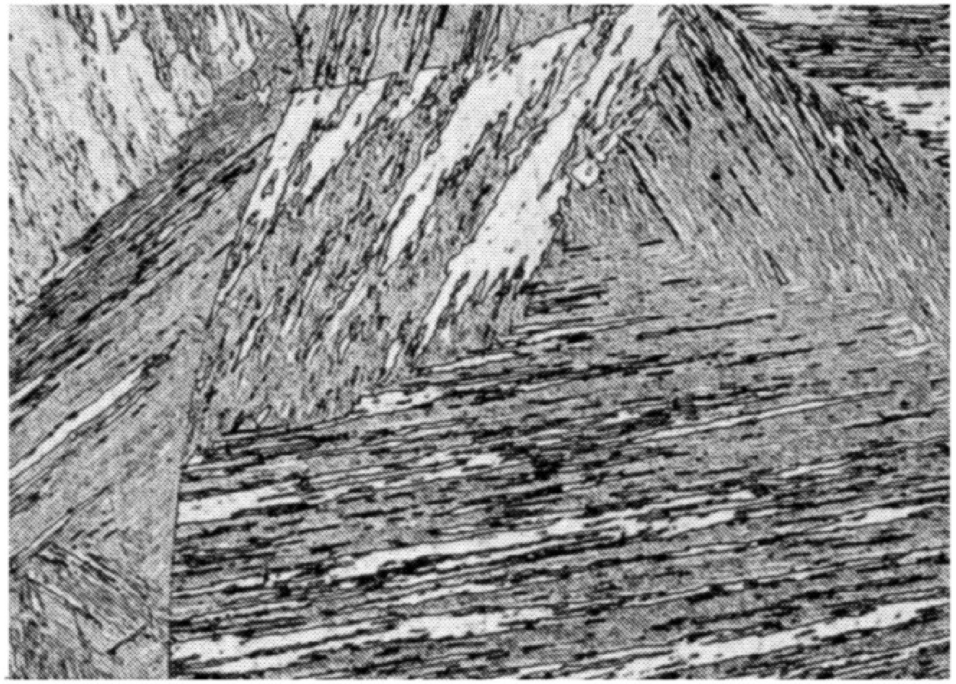


B *Typical zig-zag array of plates produced by the burst transformation to martensite (0·5%C–24%Ni steel)* ×500

Reação martensítica nos aços

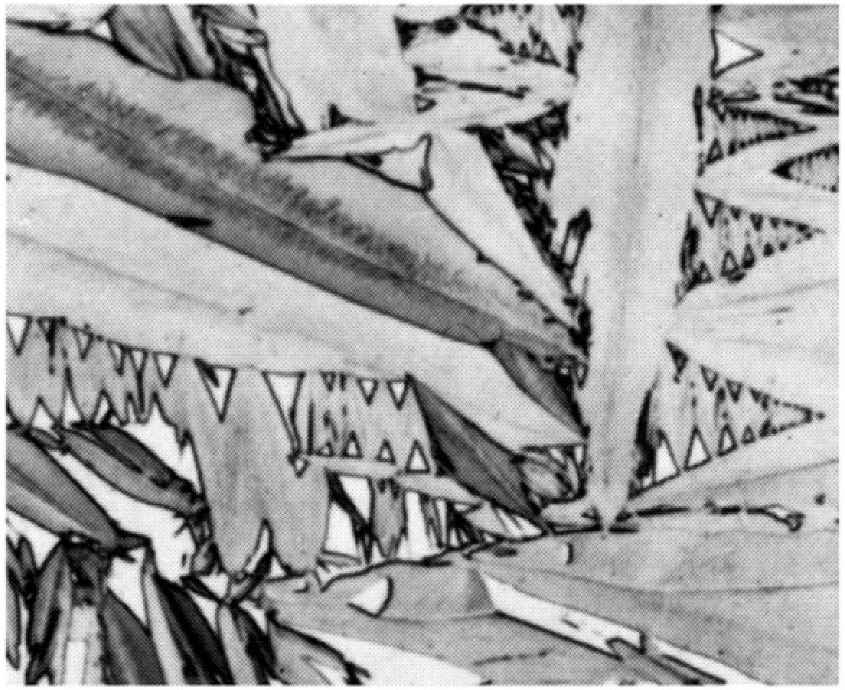
Tipos de martensita: escorregada (ripas) e maclada (placas)

Martensita em ripas



(a)- Martensita tipo "ripas" em aço baixo carbono (80 X)

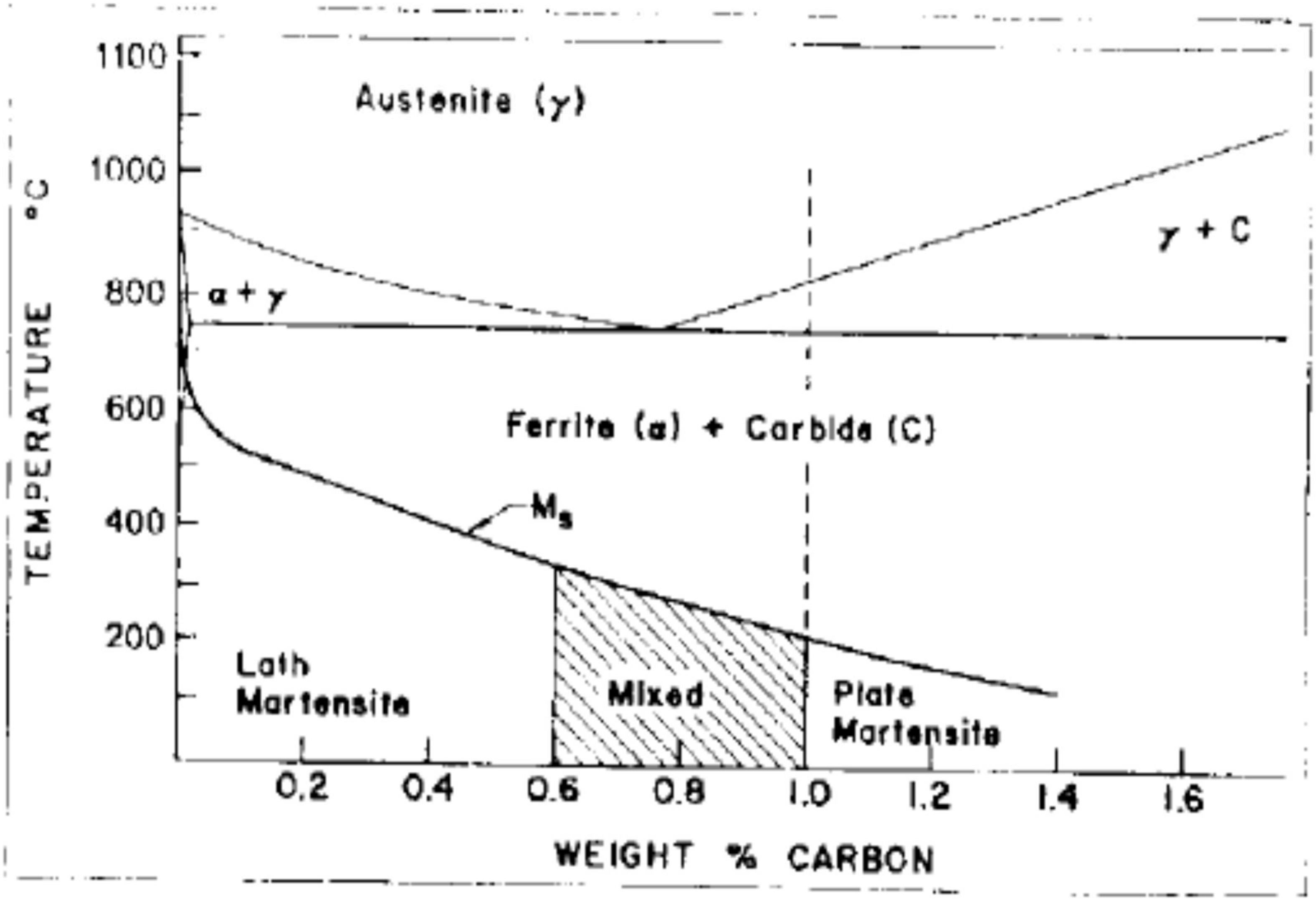
Martensita em placas



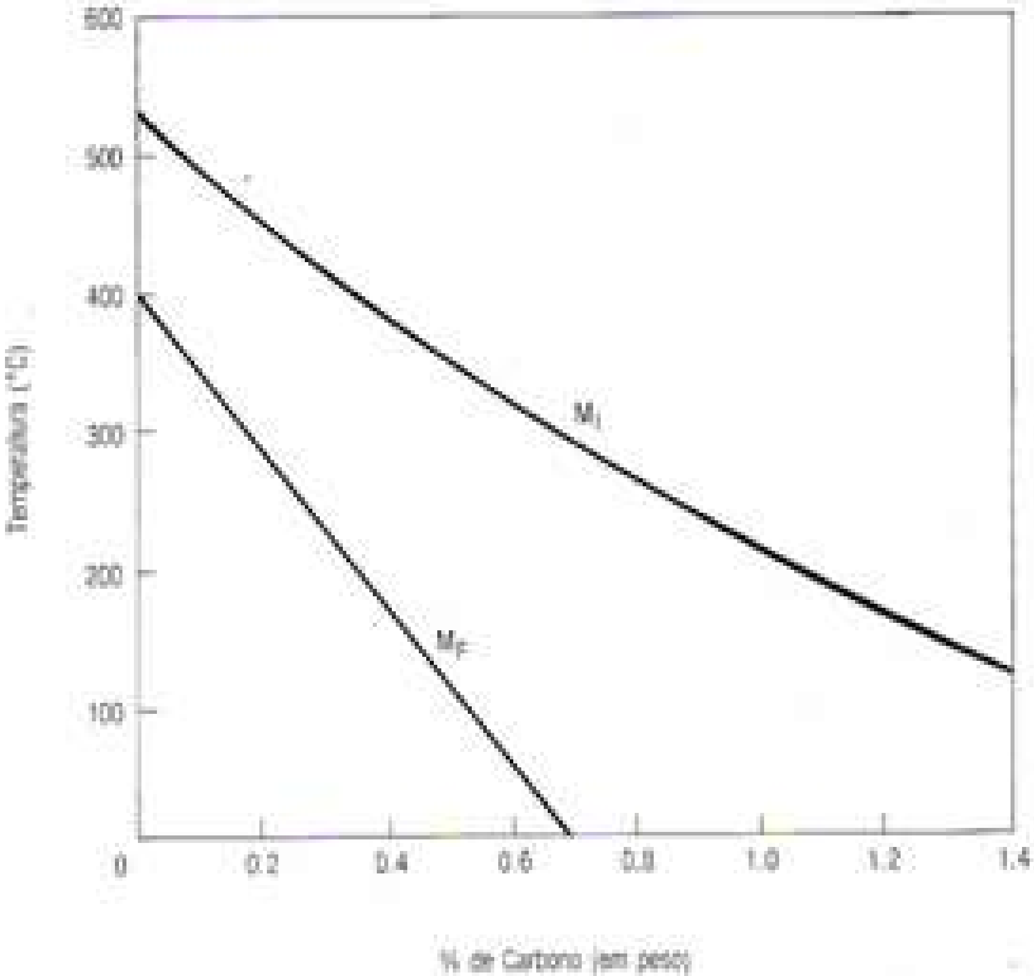
(b) Martensita tipo "placas" em aço de alto carbono (400 X)

(Metals Handbook, v. 8 8th edition, ASM - 1973)

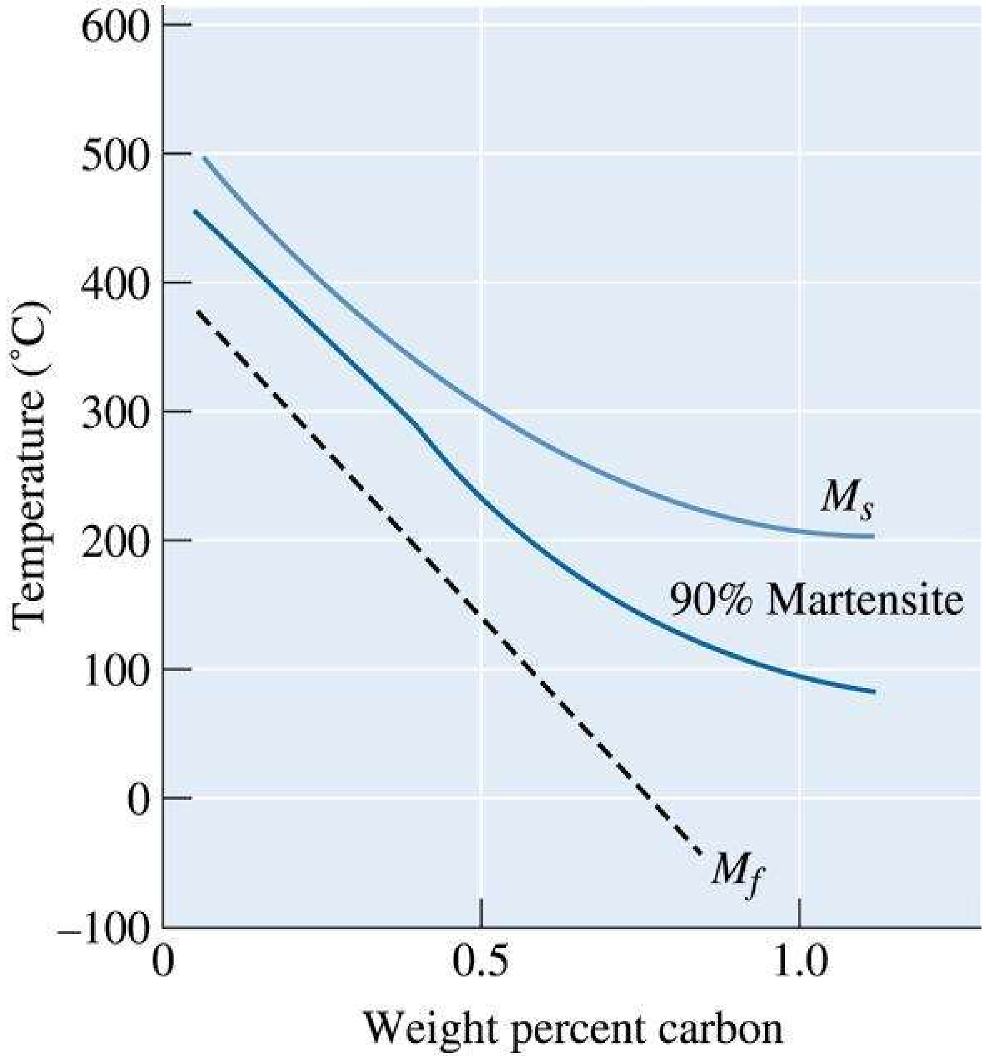
Martensitic Transformation Temperature



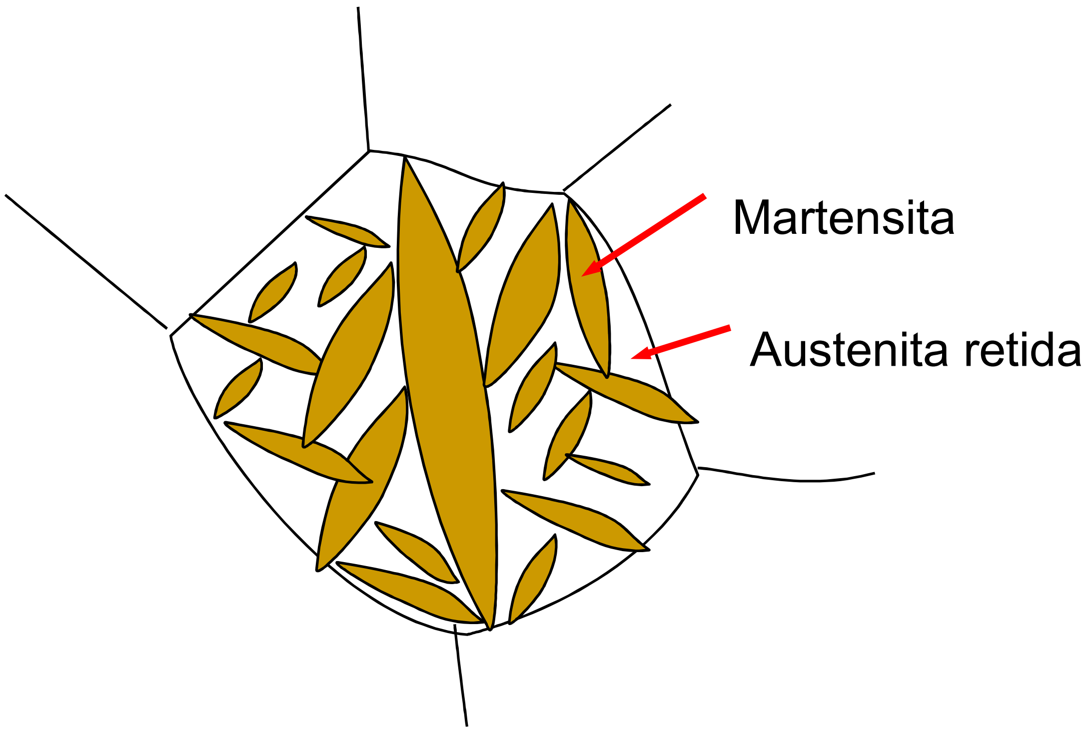
INFLUÊNCIA DO CARBONO NO INÍCIO E FIM DE TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA



MARTENSITA + AUSTENITA RETIDA


600
500
400
300
200
100
0
–100
0
0.5
1.0
Temperature (°C)
Weight percent carbon
M_s
90% Martensite
M_f

Martensita



Martensita formada por escorregamento na austenita

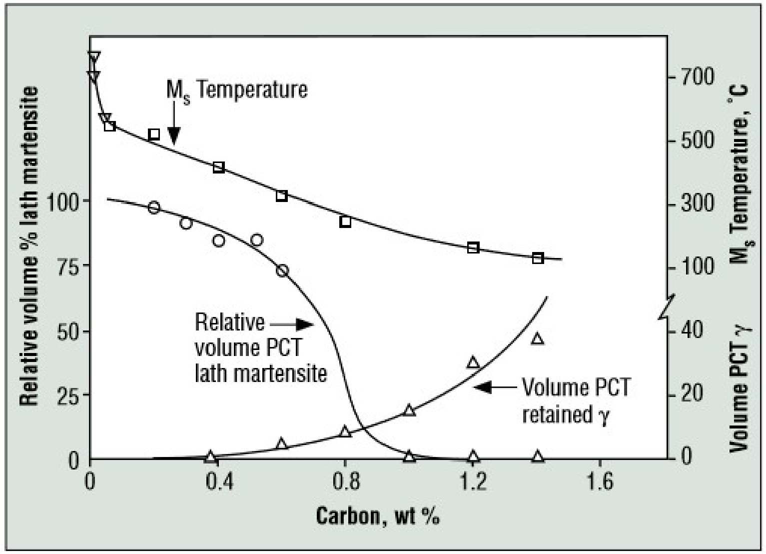


Fig. 7. Influence of carbon content of the austenite on the percentages of lath (or plate) martensite, Ms temperature and percentage of

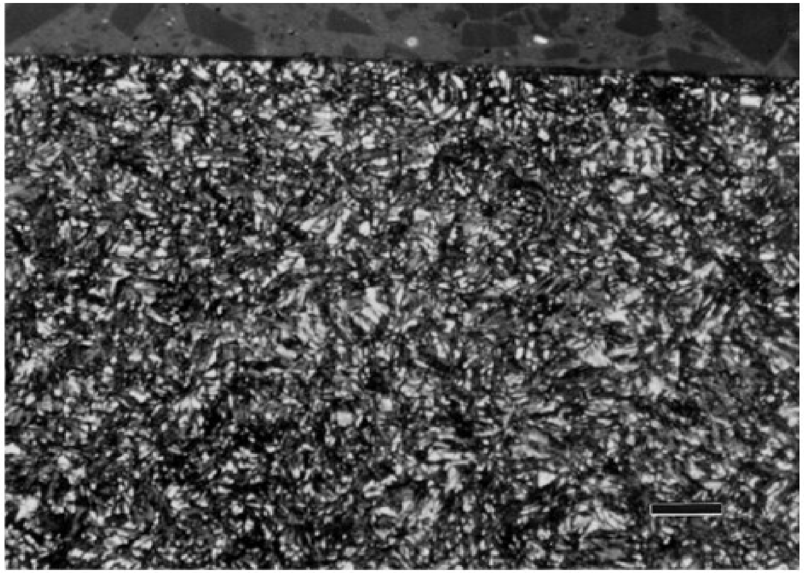


Fig. 8. Surface of a carburized 8720 alloy-steel railroad-cone bearing etched with nital plus 1% zephiran chloride. Image analysis yielded 13.3% retained austenite vs 25.4% by XRD (1000x).

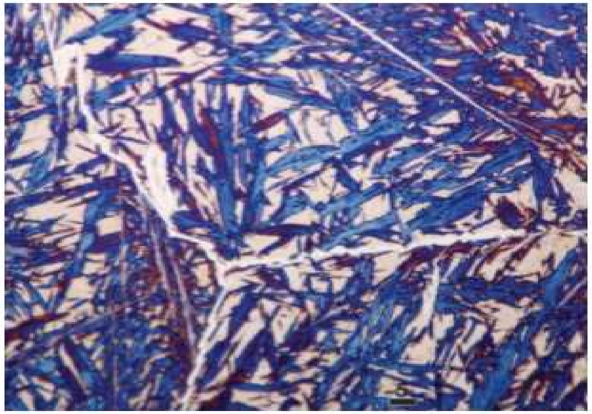


Fig. 6. High-carbon plate martensite (blue and brown), retained austenite (white), plus intergranular and intragranular cementite in a carburized specimen of 9310 alloy steel etched with Beraha's reagent (100 mL water, 10 g $Na_2S_2O_3$ and 3 g $K_2S_2O_5$) at 1000x (marker bar is 5 μm long).

Differences in cooling rate also affect martensite transformation kinetics. Slower cooling rates lower the rate of martensite transformation and result in higher amounts of retained austenite on cooling to a given temperature. Table 8-6 shows the effect of

Pode ser atribuído ao mecanismo da transformação de fase. Se o movimento das discordâncias é o principal mecanismo da transformação da fase martensítica, as discordâncias captam alguns átomos de carbono da matriz e, conseqüentemente, a concentração de carbono na interface austenita / martensita aumenta.

Os átomos de carbono entre as camadas de martensita, portanto, fixam as discordâncias e atuam como obstáculos aos seus movimentos.

Como resultado, alguma austenita permanecerá entre as camadas de martensita, uma vez que a transformação é interrompida quando essas discordâncias são fixadas por átomos de carbono.

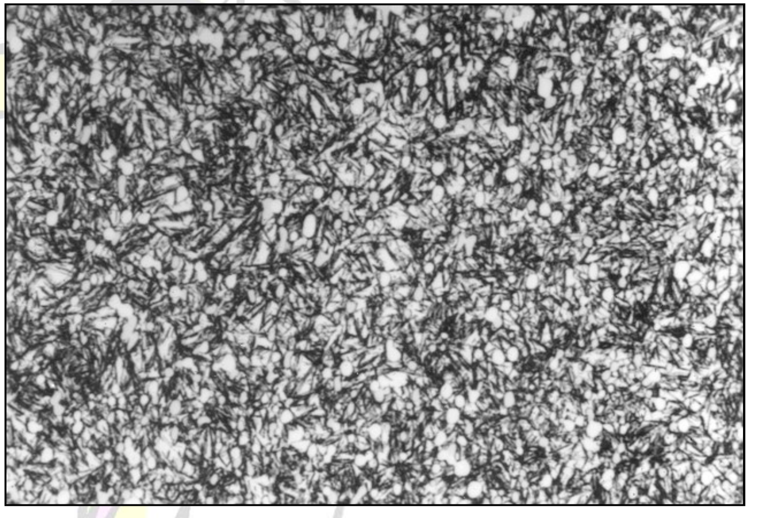
SUB ZERO

- Consiste em resfriar as peças após a têmpera em temperaturas abaixo de 0°C, como: nitrogênio líquido ≅ -176°C, gelo seco ≅ -68°C ou hélio líquido ≅ -268°C.

- Propiciando temperaturas inferiores a Mf ocorrendo a transformação da austenita retida em martensita.

Sub Zero

Tem por objetivo reduzir ao mínimo o teor de austenita retida após a têmpera.

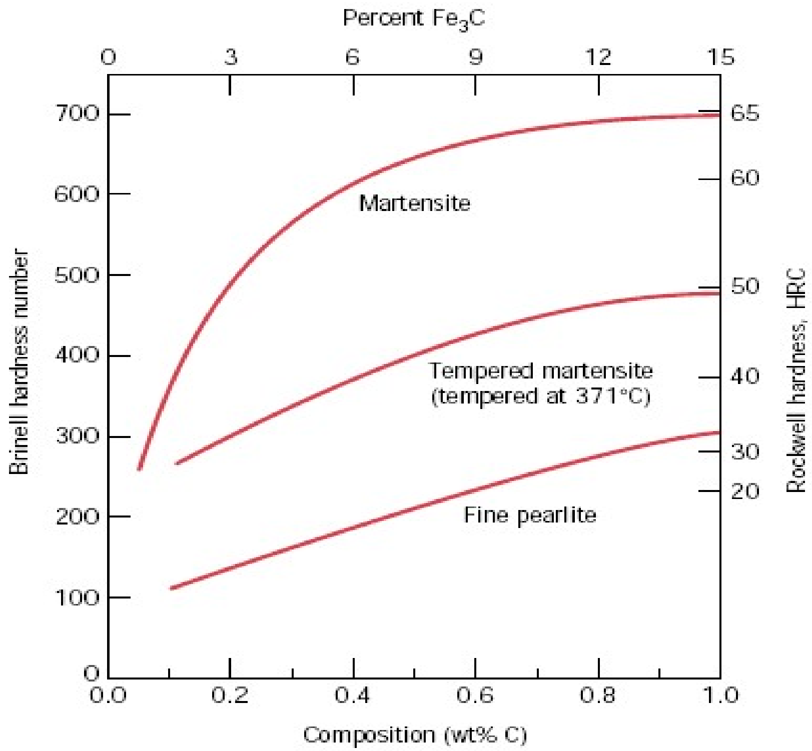


Aço rápido M3:2 temperado com 16% de austenita retida

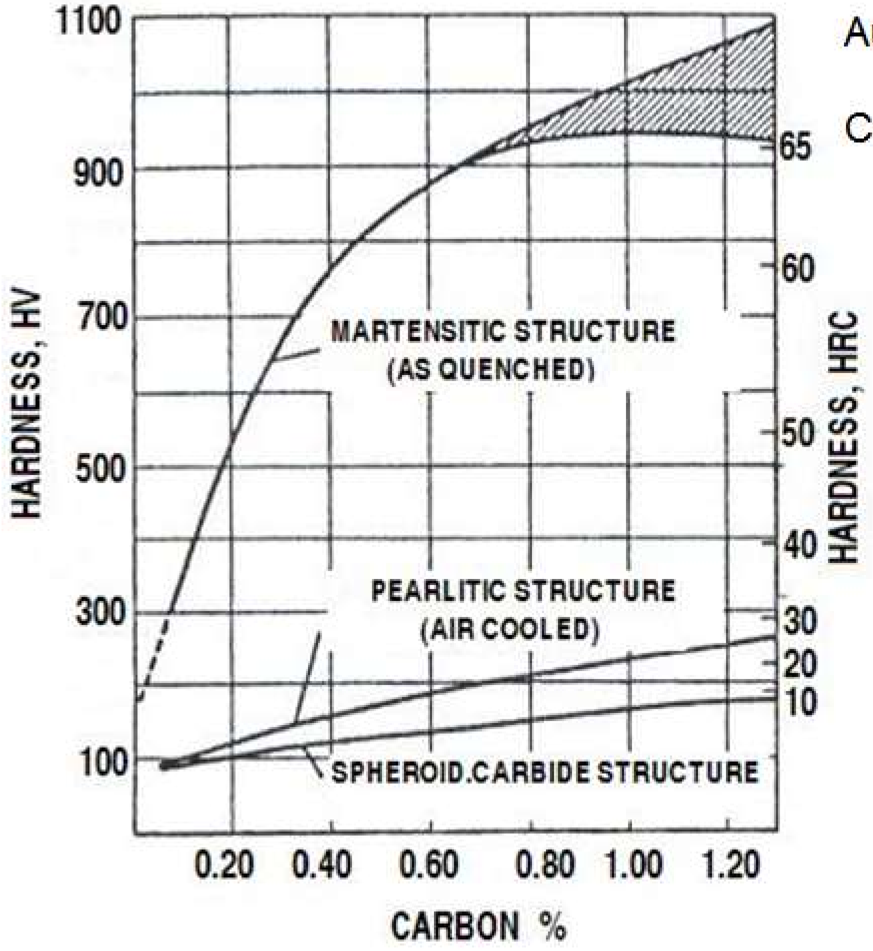
Tanque para tratamento sub-zero

PROPRIEDADES MECÂNICAS

- A martensita é mais dura, mais resistente e mais frágil. A sua dureza depende do teor de carbono para aços com até aproximadamente 0,6% de C
- Essas propriedades são atribuídas aos átomos de carbono intersticiais que restringem o movimento de discordâncias
- A martensita revenida possui partículas de cementita extremamente pequenas, o que lhe dá uma melhor ductilidade e tenacidade



Propriedades



Austenita retida

Carbono dissolvido

Exemplos de têmpera de peças

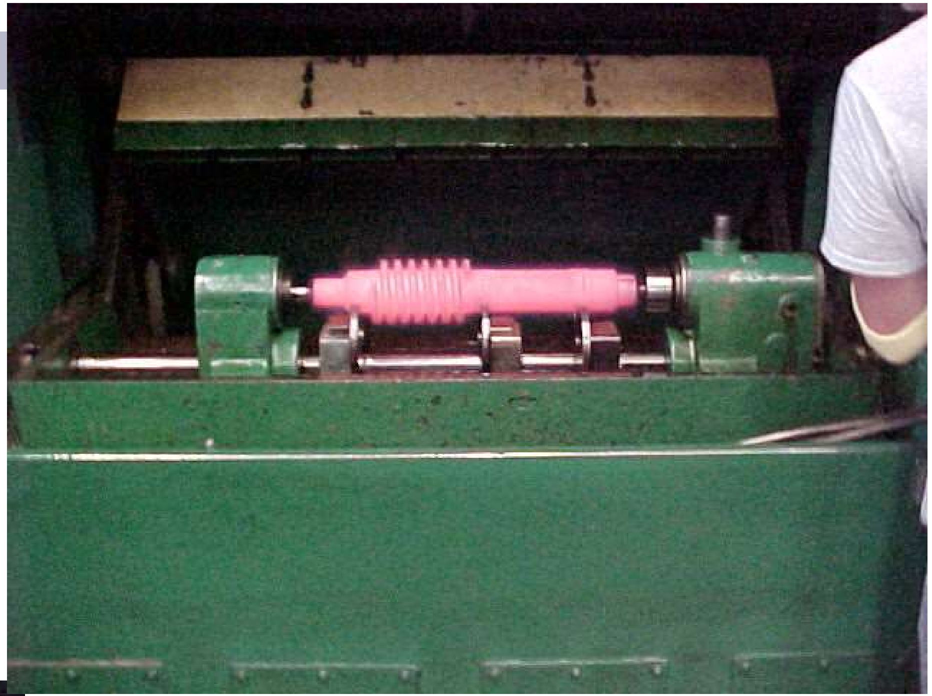
Eixo sem-fim

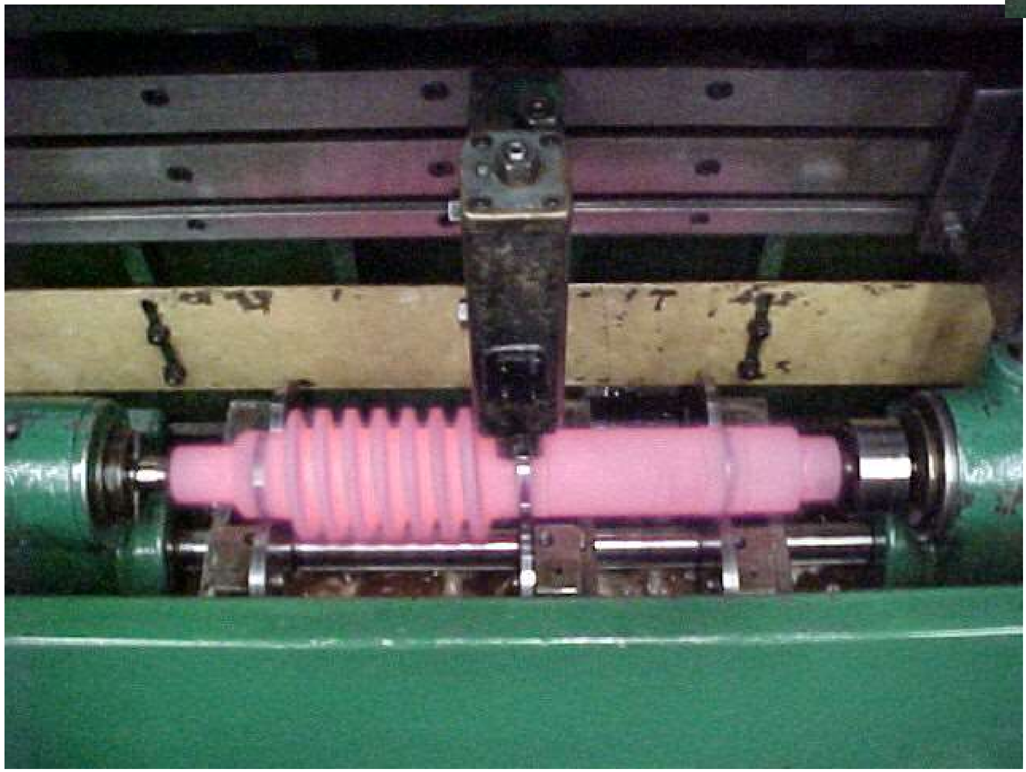
Roda de trem

Cilindro de gás

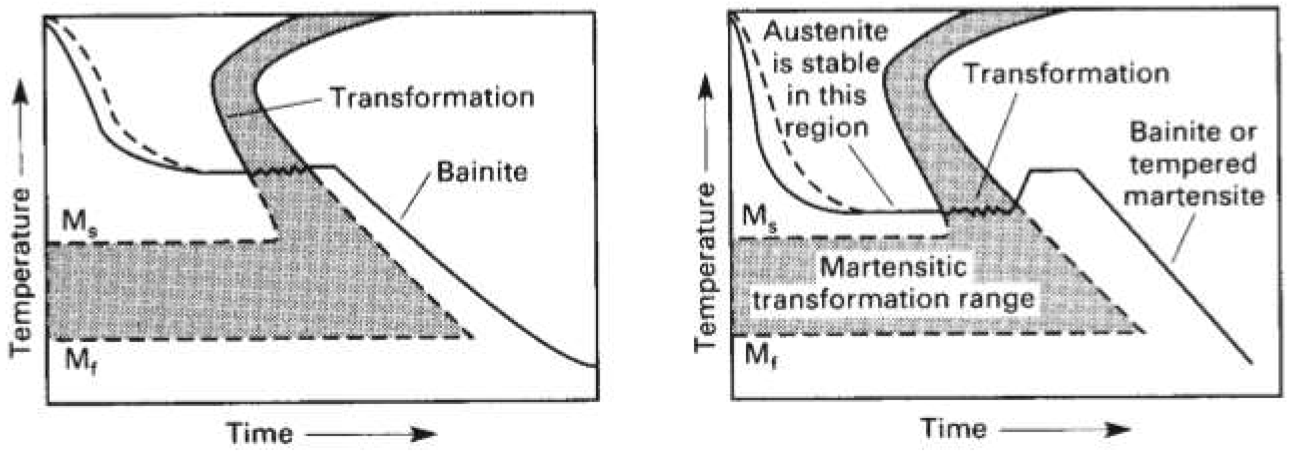
Posição das peças no resfriamento para têmpera

Press quenching



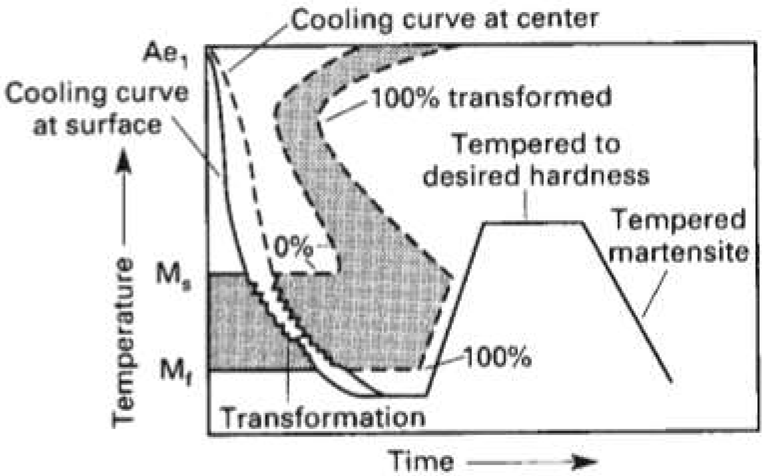


TÊMPERA AO AR

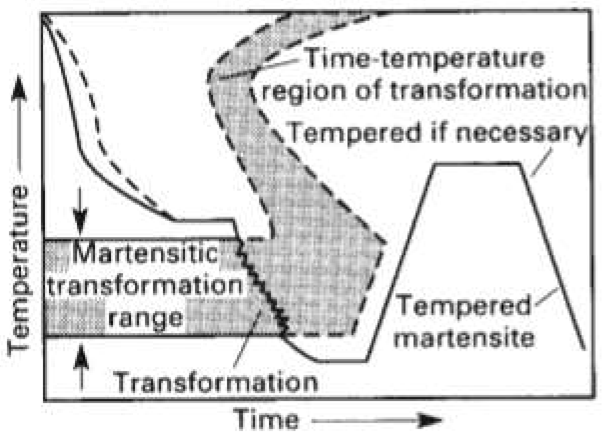


(c) (d)

Austêmpera: Sal ou óleo quente



(a)



(b)

Têmpera convencional, que usa óleo, polímero, água ou soluções salinas.

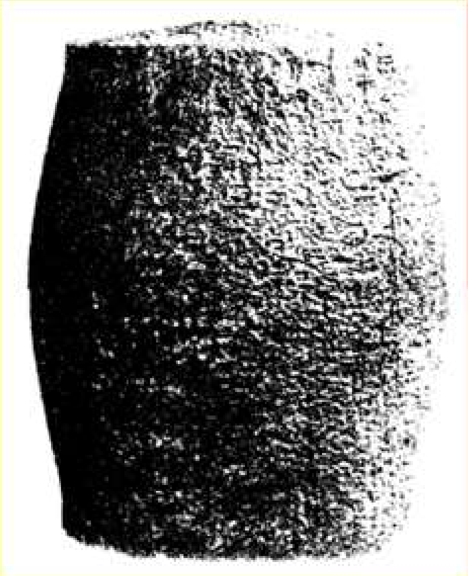
Martêmpera que usa sal ou óleo quente.

Warping of soft steel cylinder through repeated water quenching

J. H. Whiteley, "Note on the Warping of Steel through Repeated Quenching", J. Iron & Steel Inst., Vol. 98, 1918, p211-215.

Initial shape

After 200 quenchings



After 800 quenchings

- Dimension: 3.5in (88.9mm) diameter.
- Heated blood-red heat (700C to 850C)