

Questão 01.

Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga ferro-carbono com composição eutetóide (Fig. 10.14), especifique a natureza da microestrutura final (em termos dos microconstituintes presentes e das porcentagens aproximadas) de uma pequena amostra que foi submetida aos seguintes tratamentos tempo-temperatura. Em cada caso, suponha que a amostra se encontra inicialmente a uma temperatura de 760°C (1400°F), e que ela foi mantida a essa temperatura por um tempo suficiente para que fosse atingida uma estrutura austenítica completa e homogênea.

(a) Resfriamento rápido até 350°C (660°F), manutenção dessa temperatura durante 10^4 s, e em seguida resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

(b) Resfriamento rápido até 250°C (480°F), manutenção dessa temperatura durante 100 s, e em seguida resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

(c) Resfriamento rápido até 650°C (1200°F), manutenção dessa temperatura durante 20 s, resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura durante 10^3 s, e em seguida resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

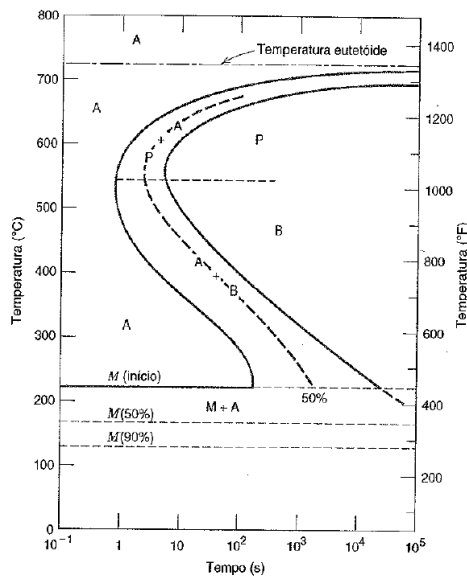


Fig. 10.14 O diagrama de transformação isotérmica completo para uma liga ferro-carbono com composição eutetóide: A, austenita; B, bainita; M, martensita; P, perlita.

Questão 02.

Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga de aço com 0,45% p C (Fig. 10.29), determine a microestrutura final (em termos somente dos microconstituintes presentes) de uma pequena amostra que foi submetida aos seguintes tratamentos tempo-temperatura. Para cada caso, suponha que a amostra se encontra inicialmente a uma temperatura de 845°C (1550°F) e que ela tenha sido mantida a essa temperatura por tempo suficiente para que fosse atingida uma estrutura austenítica completa e homogênea.

(a) Resfriamento rápido até 250°C (480°F), manutenção dessa temperatura por 10^3 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(b) Resfriamento rápido até 700°C (1290°F), manutenção dessa temperatura por 30 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(c) Resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 500 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

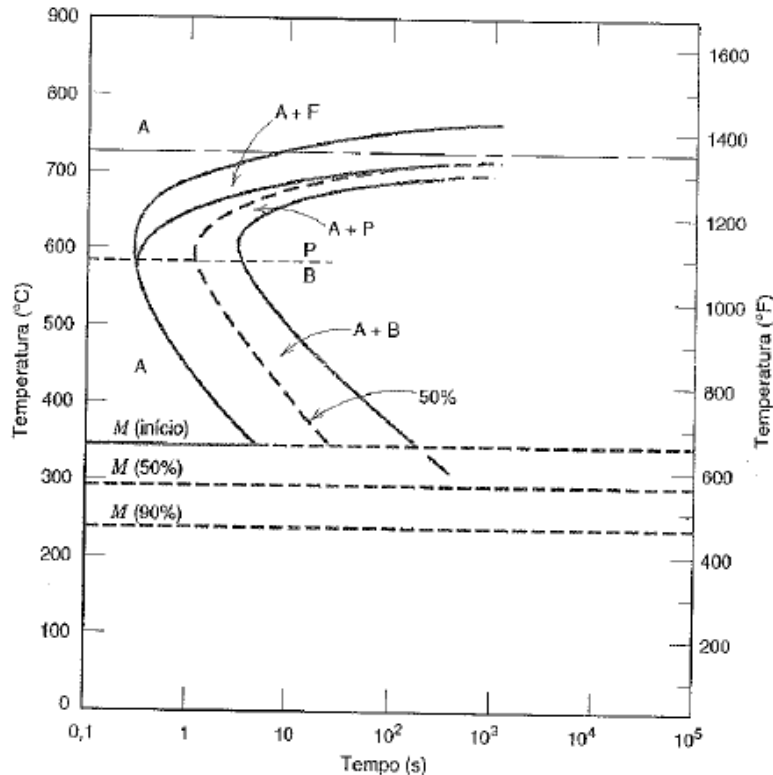


Fig. 10.29 Diagrama de transformação isotérmica para uma liga ferro-carbono com 0,45% p C: A, austenita; B, bainita; F, ferrita proeutetóide; M, martensita; P, perlita. (Adaptado do *Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels*, G. F. Vander Voort, Editor, 1991. Reimpresso sob permissão da ASM International, Materials Park, OH.)

- (d) Resfriamento rápido até 700°C (1290°F), manutenção dessa temperatura por 10⁵ s, e então têmpera até a temperatura ambiente.
- (e) Resfriamento rápido até 650°C (1200°F), manutenção dessa temperatura por 3 s, resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 10 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.
- (f) Resfriamento rápido até 450°C (840°F), manutenção dessa temperatura por 10 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.
- (g) Resfriamento rápido até 625°C (1155°F), manutenção dessa temperatura por 1 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.
- (h) Resfriamento rápido até 625°C (1155°F), manutenção dessa temperatura por 10 s, resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 5 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

Questão 03.

Usando o diagrama de transformação isotérmica para uma liga ferro-carbono com composição eutetóide (Fig. 10.14), especifique a natureza da microestrutura final (em termos dos microconstituintes presentes e das porcenta-

gens aproximadas de cada) para uma pequena amostra que foi submetida aos seguintes tratamentos tempo-temperatura. Para cada caso, suponha que a amostra se encontra inicialmente a uma temperatura de 760°C (1400°F) e que ela tenha sido mantida a essa temperatura por tempo suficiente para que atingisse uma completa e homogênea estrutura austenítica.

(a) Resfriamento rápido até 700°C (1290°F), manutenção dessa temperatura por 10^1 s, e então resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

(b) Reaquecimento da amostra na parte (a) até 700°C (1290°F) e manutenção dessa temperatura por 20 h.

(c) Resfriamento rápido até 600°C (1110°F), manutenção dessa temperatura por 4 s, resfriamento rápido até 450°C (840°F), manutenção dessa temperatura por 10 s, e então resfriamento rápido até a temperatura ambiente.

(d) Resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 2 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(e) Resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 20 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(f) Resfriamento rápido até 400°C (750°F), manutenção dessa temperatura por 200 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(g) Resfriamento rápido até 575°C (1065°F), manutenção dessa temperatura por 20 s, resfriamento rápido até 350°C (660°F), manutenção dessa temperatura por 100 s, e então têmpera até a temperatura ambiente.

(h) Resfriamento rápido até 250°C (480°F), manutenção dessa temperatura por 100 s, e então têmpera em água até a temperatura ambiente. Reaquecimento até 315°C (600°F) e manutenção dessa temperatura por 1 h, seguido pelo resfriamento lento até a temperatura ambiente.

Questão 04.

Faça uma cópia do diagrama de transformação isotérmica para uma liga ferro-carbono com $0,45\% \text{p C}$ (Fig. 10.29) e em seguida esboce e identifique sobre esse diagrama tempo-temperatura as trajetórias utilizadas para produzir as seguintes microestruturas:

(a) 42% ferrita proeutetóide e 58% perlita grosseira.

(b) 50% perlita fina e 50% bainita.

(c) 100% martensita.

(d) 50% martensita e 50% austenita.

Questão 05.

Cite duas diferenças principais entre as transformações martensítica e perlítica.

Questão 06.

Cite duas razões pelas quais a martensita é tão dura e frágil.

Questão 07.

Determine o perfil radial de dureza em uma amostra cilíndrica de um aço 1040 com 50 mm (2 pol.) de diâmetro que foi temperada em água sob agitação moderada.

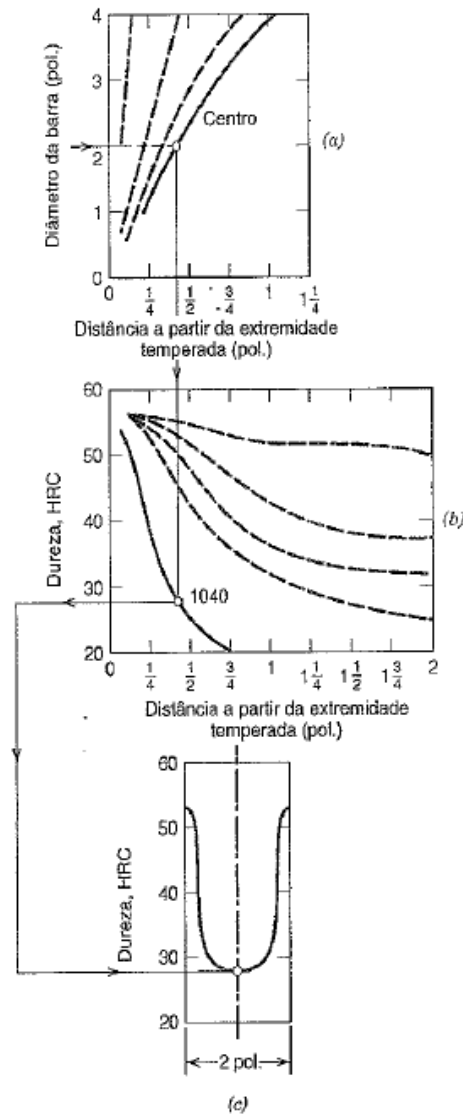


Fig. 11.10 Uso de dados de endurecibilidade para a geração de perfis de dureza. (a) A taxa de resfriamento no centro de um corpo de prova com 50 mm (2 pol.) de diâmetro que foi temperado em água é determinada. (b) A taxa de resfriamento é convertida em uma dureza HRC para um aço 1040. (c) A dureza Rockwell é plotada no perfil radial de durezas.

Questão 08.

Cite duas propriedades térmicas de um meio líquido que irão influenciar a sua eficácia em um processo de tempera.

Questão 09.

Construa perfis radiais de dureza para os seguintes materiais:

(a) Uma amostra cilíndrica com 50 mm (2 pol.) de diâmetro de uma liga de aço 8640 que foi temperada em óleo sob agitação moderada.

(b) Uma amostra cilíndrica com 75 mm (3 pol.) de diâmetro de uma liga de aço 5140 que foi temperada em óleo sob agitação moderada.

(c) Uma amostra cilíndrica com 65 mm (2 1/2 pol.) de diâmetro de uma liga de aço 8620 que foi temperada em água sob agitação moderada.

(d) Uma amostra cilíndrica com 70 mm (2 3/4 pol.) de diâmetro de uma liga de aço 1040 que foi temperada em água sob agitação moderada.

Questão 10.

Uma peça cilíndrica de aço com 25 mm (1,0 pol.) de diâmetro deve ser temperada em óleo sob agitação moderada. As durezas superficial e no centro da peça devem ser de pelo menos 55 e 50 HRC, respectivamente. Quais das seguintes ligas irão satisfazer essas exigências: 1040, 5140, 4340, 4140 e 8640? Justifique a sua seleção.

Questão 11.

Um eixo cilíndrico com 45 mm (1,75 pol.) de diâmetro feito a partir de um aço 1040 deve ser submetido a tratamento térmico de modo a produzir um limite de resistência à tração uniforme de pelo menos 620 MPa (90.000 psi) ao longo da totalidade da sua seção reta. Descreva um tratamento térmico que possa ser empregado para tal.

Questão 12.

Uma peça cilíndrica de aço 8640 deve ser austenitizada e temperada em óleo sob agitação moderada. Se a dureza na superfície da peça deve ser de pelo menos 49 HRC, qual é o diâmetro máximo permissível para a peça? Justifique a sua resposta.

Questão 13.

Explique sucintamente por que os aços inoxidáveis ferríticos e austeníticos não podem ser tratados termicamente.

Questão 14.

Qual é a função dos elementos de liga nos aços-ferramenta?

Questão 15.

Com base na microestrutura, explique sucintamente por que o ferro cinzento é frágil e fraco quando submetido a tração.

Questão 16.

Compare os ferros fundidos cinzento e maleável em relação a (a) composição e tratamento térmico, (b) microestrutura, e (c) características mecânicas.

Questão 17.

Compare os ferros fundidos branco e nodular em relação a (a) composição e tratamento térmico, (b) microestrutura e (c) características mecânicas.

Questão 18.

Porque os rebites feitos a partir de uma liga de alumínio 2017 devem ser refrigerados antes de serem usados?

Questão 19.

Explique por que, sob algumas circunstâncias, não é aconselhável soldar uma estrutura que seja fabricada a partir de uma liga de alumínio 3003.

Questão 20.

Qual é a diferença principal entre ligas que podem ser tratadas termicamente e ligas que não podem ser tratadas termicamente?

Questão 21.

Nas suas próprias palavras, descreva os seguintes procedimentos de tratamento térmico para aços e, para cada um deles, a microestrutura final que se pretende obter: recozimento completo, normalização, têmpera e revenimento.

Questão 22.

(a) Para um aço 1080 que foi temperado em água, estime o tempo de revenido a 425°C (800°F) para atingir uma dureza de 50 HRC.

(b) Qual será o tempo de revenido a 315°C (600°F) necessário para atingir essa mesma dureza?

Questão 23.

Um aço-liga (4340) deve ser usado em uma aplicação que exige um limite de resistência à tração mínimo de

1380 MPa (200.000 psi), juntamente com uma ductilidade mínima de 43%RA. Um processo de têmpera em óleo seguido por revenido deve ser usado. Descreva sucintamente o tratamento térmico de revenido.

Questão 24.

Dizer se é possível produzir um aço 4340 temperado em óleo e revenido que possua um limite de escoamento mínimo de 1400 MPa (203.000 psi), bem como uma ductilidade de pelo menos 42%RA. Se isso for possível, descreva o tratamento térmico de revenido. Se isso não for possível, explique por quê.

Questão 25.

Defina, de forma breve, os conceitos de **deformação à quente** e **deformação à frio**. Descreva também, quais são as vantagens e as desvantagens de cada procedimento

Questão 26.

Um bastão cilíndrico de latão que não foi trabalhado a frio e que possui um diâmetro inicial de 6,4 mm (0,25 pol.) deve ser deformado a frio mediante estiramento, de tal modo que a área de seção reta seja reduzida. É necessário que o limite de escoamento após o trabalho a frio seja de pelo menos 345 MPa (50.000 psi) e que a ductilidade seja superior a 20%AL. Além disso, é necessário que o diâmetro final seja de 5,1 mm (0,20 pol.). Descreva a maneira pela qual esse procedimento pode ser executado.

(OBS: Utilizem como base de construção de respostas os gráficos mostrados na Fig 19a), b) e c) a seguir):

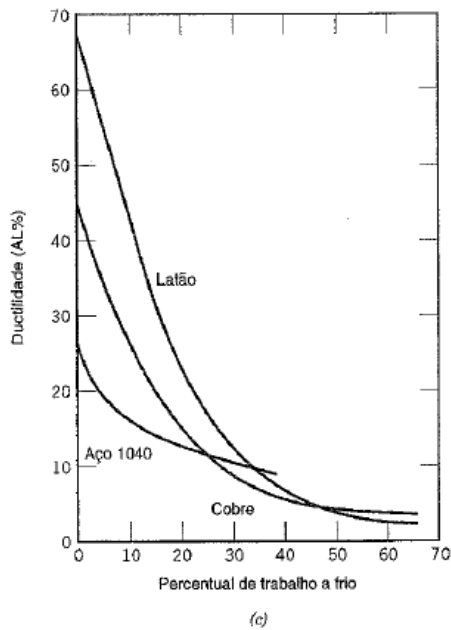
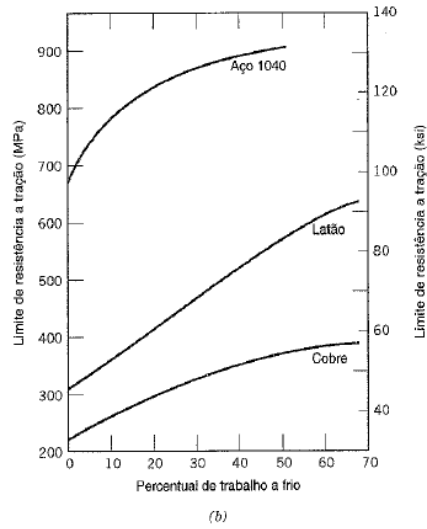
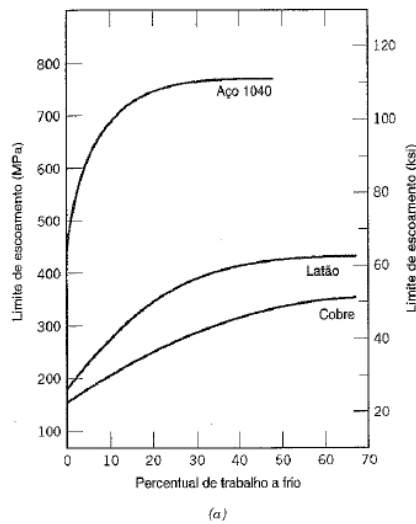


Fig. 7.19 Para o aço 1040, latão e cobre, (a) o aumento no limite de escoamento, (b) o aumento no limite de resistência a tração, e (c) a redução na ductilidade (AL%) em função do trabalho a frio. (Adaptado de *Metals Handbook: Properties and Selection: Irons and Steels*, Vol. 1, 9th edition, B. Bardes, Editor, American Society for Metals, 1978, p. 226; e *Metals Handbook: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Pure Metals*, Vol. 2, 9th edition, H. Baker, Managing Editor, American Society for Metals, 1979, pp. 276 e 327.)

Questão 27.

Dois corpos de prova cilíndricos, não deformados, de uma liga devem ser encruados pela redução de suas áreas de seção reta (enquanto mantêm suas seções retas circulares). Para um corpo de prova, os raios inicial e após a deformação são de 16 mm e 11 mm, respectivamente. O segundo corpo de prova, que tem um raio inicial de 12 mm, deve possuir a mesma dureza após a deformação que o primeiro corpo de prova. Calcule o raio do segundo corpo de prova após a deformação.

Questão 28.

Dois corpos de prova, não deformados, do mesmo metal devem ser submetidos a deformação plástica pela redução de suas áreas de seção reta. Um dos corpos de prova possui seção reta circular, enquanto o outro possui seção reta retangular. Durante a deformação, a seção reta circular deve permanecer circular, enquanto a seção reta retangular deve permanecer como tal. Suas dimensões original e após a deformação são as seguintes:

	<i>Circular</i> (diâmetro, mm)	<i>Retangular</i> (mm)
Dimensões originais	15,2	125 × 175
Dimensões após a deformação	11,4	75 × 200

Qual dos corpos de provas será o mais duro após a deformação plástica, e por quê?

Questão 29.

Um corpo de prova cilíndrico de cobre, que foi trabalhado a frio, possui uma ductilidade (AL%) de 25%. Se o seu raio após o trabalho a frio é de 10 mm (0,40 pol.), qual era o seu raio antes da deformação?

Questão 30.

Explique as diferenças na estrutura dos grãos para um metal que tenha sido trabalhado a frio e para um que tenha sido trabalhado a frio e depois recristalizado.

Questão 31.

Explique as diferenças na estrutura dos grãos para um metal que tenha sido trabalhado a frio e para um que tenha sido trabalhado a frio e depois recristalizado.

Questão 32.

Um corpo de prova cilíndrico de aço, que foi trabalhado a frio, possui uma dureza Brinell de 250.

- (a) Estime a sua ductilidade em alongamento percentual.
(b) Se o corpo de prova permaneceu cilíndrico durante a deformação e o seu raio antes de ser trabalhado a frio era de 5 mm (0,20 pol.), determine o seu raio após a deformação.

Questão 33.

Um bastão cilíndrico de cobre, originalmente com 16,0 mm (0,625 pol.) de diâmetro, deve ser trabalhado a frio mediante trefilação. A seção reta circular será mantida durante a deformação. São desejados um limite de escoamento após o trabalho a frio superior a 250 MPa (36.250 psi) e uma ductilidade de pelo menos 12%AL. Além disso, o diâmetro final deve ser de 11,3 mm (0,445 pol.). Explique como isso pode ser conseguido.