

TÊMPERA INTERCRÍTICA DE UM AÇO CEMENTADO ¹

Hannah Paula Sá ²

André Luiz de Moraes Costa ³

Cláudio Alves de Siqueira Filho ³

Resumo

Neste trabalho nós realizamos tratamentos termoquímicos de cementação seguidos de têmpera intercrítica em um aço comercial 1020 para estudar a variação microestrutural e as propriedades ao longo da seção transversal da peça. Análise metalográfica mostrou que a têmpera gerou uma microestrutura martensítica na superfície que gradualmente passou para uma microestrutura bifásica de martensita + ferrita no centro da peça. Para longos períodos de cementação foi possível obter dureza que varia de 400HV no centro até 900HV na superfície.

Palavras-chave: Cementação; Têmpera intercrítica; Aço 1020.

INTERCRITICAL QUENCHING OF 1020 CARBURIZED STEEL

Abstract

In this work it were carried out carburizing treatments followed of intercritical quenching in a common 1020 steel in order to study the microstructural transformations, and the mechanical properties along to the transversal section of the rod. Metallographic analysis showed that quenching produced a martensitic microstructure and a dual-phase martensite plus ferrite microstructure at the central part with a gradual transition between these two regions. For long times of carburizing it was verified a hardness of 400HV at the center and 900HV at the surface.

Key words: Heat treatment path; Cementation; Steel 1020; Microhardness Vickers.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Graduanda de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará – Campus de Marabá.*

³ *Dr., Pesquisador, Faculdade de Engenharia de Materiais, UFPA – Campus de Marabá.*

1 INTRODUÇÃO

Na construção de máquinas é freqüente o uso de peças dotadas simultaneamente de boa resistência ao choque e dureza muito elevada para resistir bem ao desgaste, como por exemplo, eixos. Essas propriedades são incompatíveis pelo menos nos aços-carbono comuns, mas a cementação melhora essas propriedades numa camada superficial conservando as características originais do núcleo do componente.⁽¹⁾

A cementação por via sólida é um processo relativamente simples e de fácil execução. Este tratamento consiste na difusão de carbono para a superfície do componente, que é aquecido em temperaturas suficientes para atingir a microestrutura austenítica. Normalmente as peças são colocadas em uma caixa metálica e envoltas por uma mistura cementante com um ativador, que tem ação catalítica, aumentando a proporção de CO em relação ao CO₂.

Um fator de primordial importância é o coeficiente de difusão de carbono no aço, visto que o fenômeno de enriquecimento superficial de carbono no aço é fundamentalmente um fenômeno de difusão. O que se obtém na cementação é a solução do carbono na austenita, fenômeno determinado pelo fluxo do carbono no aço. O coeficiente de difusão, por sua vez, é uma função da temperatura e da concentração inicial de carbono.⁽²⁾

Como a cementação pelo carbono é uma operação demorada, exigindo em geral algumas horas, a permanência acima da zona crítica (900 a 1000°C) durante esse tempo produz um material de granulação grosseira. Normalmente o material é temperado após cementação para se obter uma microestrutura refinada e mais resistente.⁽²⁾ Segundo Totten⁽³⁾ vários tratamentos de têmpera são possíveis, sendo o mais comum um têmpera acima de A₃, obtendo-se neste caso uma estrutura martensítica com diferentes graus de dureza.

Por outro lado, uma têmpera realizada a partir de uma temperatura intercrítica deve produzir uma estrutura majoritariamente bifásica composta de martensita mais ferrita pró-eutetóide.^(1,4) Para que a temperatura na maior parte da peça esteja na zona crítica, o aquecimento precisa ser realizado logo acima da temperatura eutetóide.

Neste trabalho nós realizamos um tratamento termoquímico de cementação seguida de têmpera intercrítica em um aço comercial 1020 para estudar a variação microestrutural e as propriedades ao longo da seção transversal da peça.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente uma barra de aço baixo-carbono comercial 1020 de 9 mm de diâmetro foi cortada transversalmente em pedaços de aproximadamente 8 cm de comprimento. A microestrutura do material como-recebido é mostrada na Figura 1. O material está normalizado composto de ferrita + perlita.

As amostras foram limadas para retirar todas as ranhuras, seguida de um pré-lixamento a seco para retirada da superfície oxidada. A figura 2 descreve o modelo de cementação em caixa que foi utilizado. O procedimento de cementação foi baseado no experimento realizado por Baumgardten.⁽⁵⁾ A mistura cementante foi composta de pó de carvão vegetal mais 10% de carbonato de cálcio. A montagem da caixa de cementação seguiu uma sequência de camadas superpostas da mistura bem compactadas para evitar qualquer tipo de empenamento na peça. O vedamento

da caixa foi garantido pelo uso de argila em volta da tampa metálica, evitando a queima excessiva do granulado e perda do gás cementante.

A caixa foi aquecida em um pequeno forno tipo mufla até 1000°C. Foram realizados tratamentos por 4 h, 8 h e 16 h seguido de resfriamento no forno até a temperatura ambiente. As amostras foram retiradas das caixas e posteriormente aquecidas até 760°C por 15 minutos e temperadas em água.

As diferentes amostras, como-recebida, cementadas e temperadas, foram preparadas por procedimentos padrões de metalografia e atacadas com reagente Nital 2% e as microestruturas foram observadas via microscopia ótica em microscópio Olympus equipado com captação digital de imagens. Foram realizados ensaios de microdureza Vickers ao longo da seção transversal das amostras como mostrado na Figura 3, usando uma carga de 50 g.

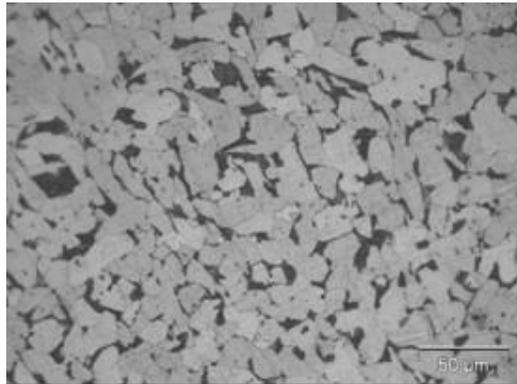


Figura 1 – Microestrutura do material como recebido, aumento de 50x.

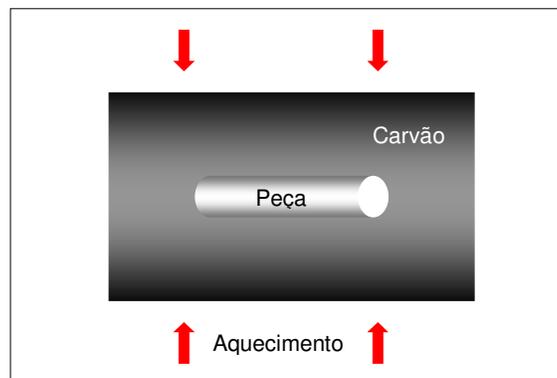


Figura 2 – Esquema do processo de cementação.

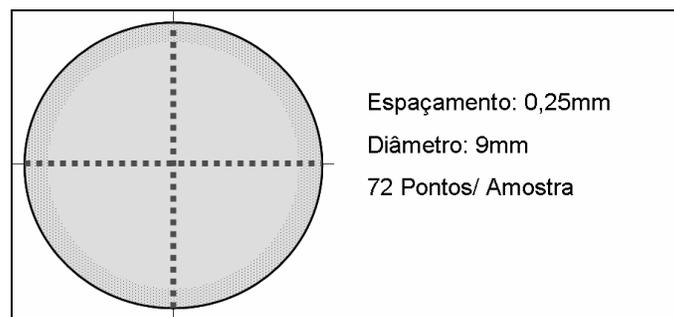


Figura 3 – Desenho esquemático do ensaio de microdureza.

3 RESULTADOS

3.1 Análise Microestrutural

As Figuras 4, 5 e 6 mostram micrografias das amostras cementadas por 4 h, 8 h e 16 h e posteriormente temperadas.

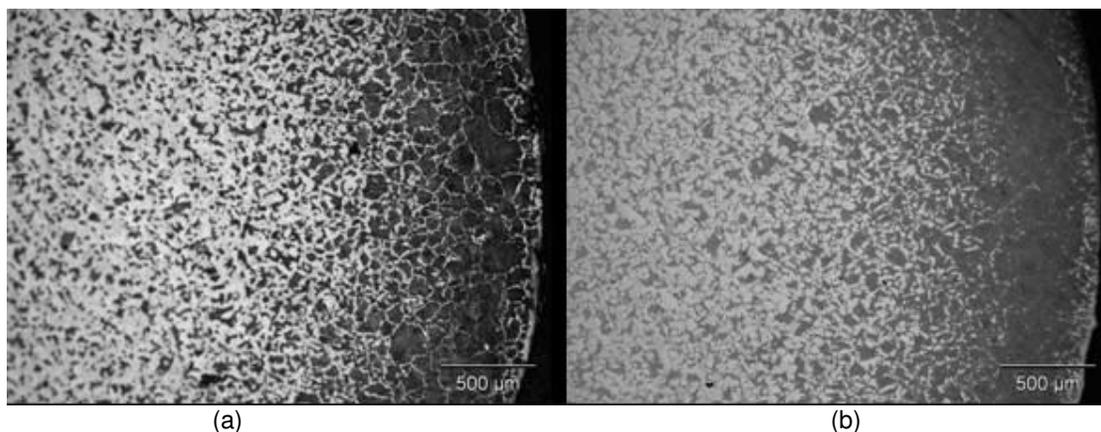


Figura 4 – Secção transversal junto a periferia de uma barra de aço (a) cementada 4h e (b) após têmpera intercrítica.

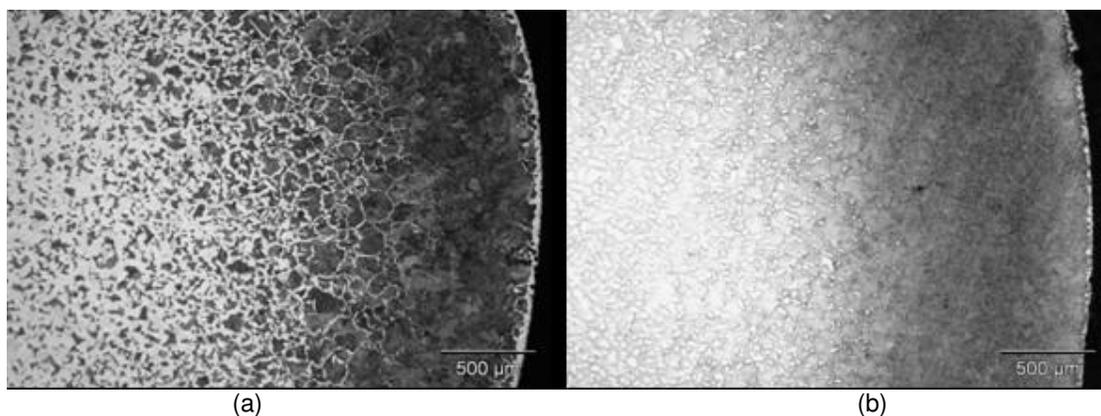


Figura 5 – Secção transversal junto a periferia de uma barra de aço (a) cementada 8h e (b) após têmpera intercrítica.

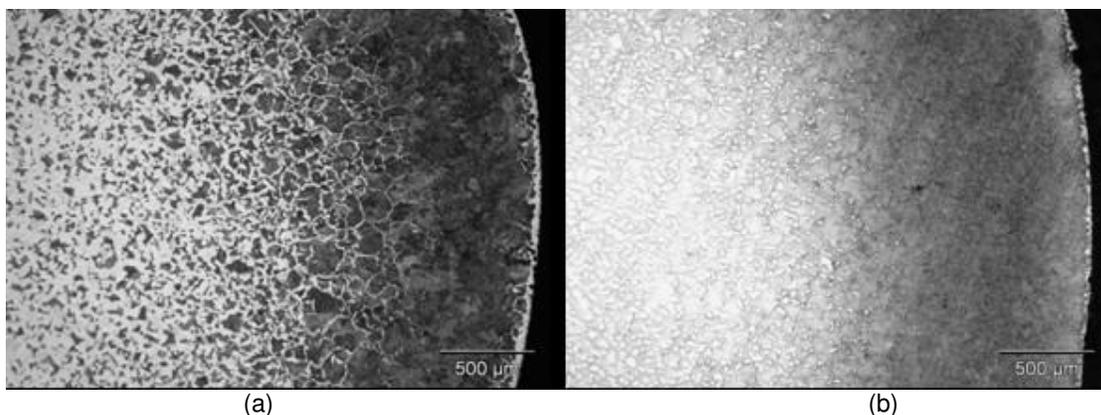


Figura 6 – Secção transversal junto a periferia de uma barra de aço (a) cementada 16h e (b) após têmpera intercrítica.

Nas micrografias observa-se que as profundidades de cementação foram de aproximadamente 0,5 mm, 1,0 mm e 1,8 mm para 4 h, 8 h e 16 h de tratamento, respectivamente. Após têmpera a camada cementada tornou-se martensítica.

A Figura 7 mostra em maiores aumentos imagens da amostra cementada por 4 horas e posteriormente temperada. Observa-se que a estrutura é totalmente martensítica na borda e gradualmente passa para uma estrutura bifásica martensita mais ferrita no centro. Observa-se também uma camada descarbonetada na superfície de aproximadamente 80µm.

Na Figura 8 são apresentadas microestruturas de diferentes regiões da amostra cementada por 16 horas e temperada, evidenciando o gradiente microestrutural a partir da superfície cementada.

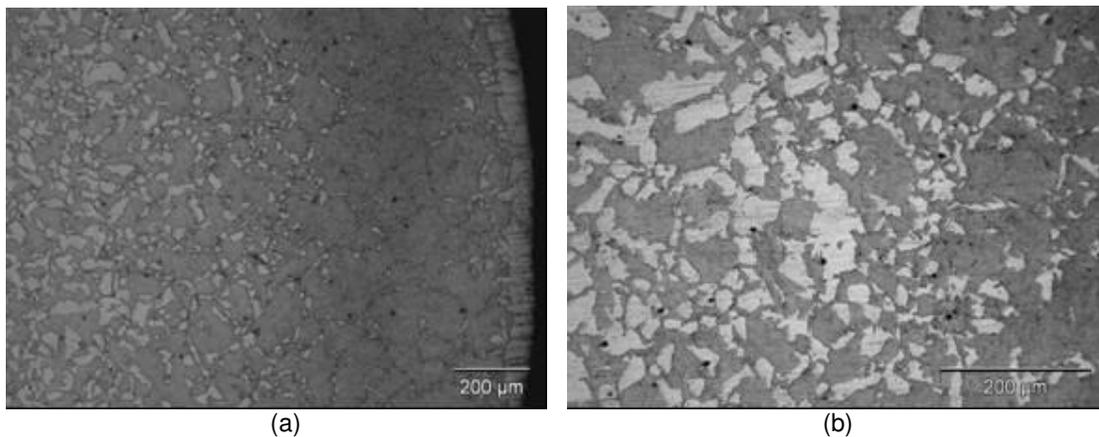


Figura 7 – Microestruturas da amostra de 4 horas temperada na borda (a) e na transição (b).

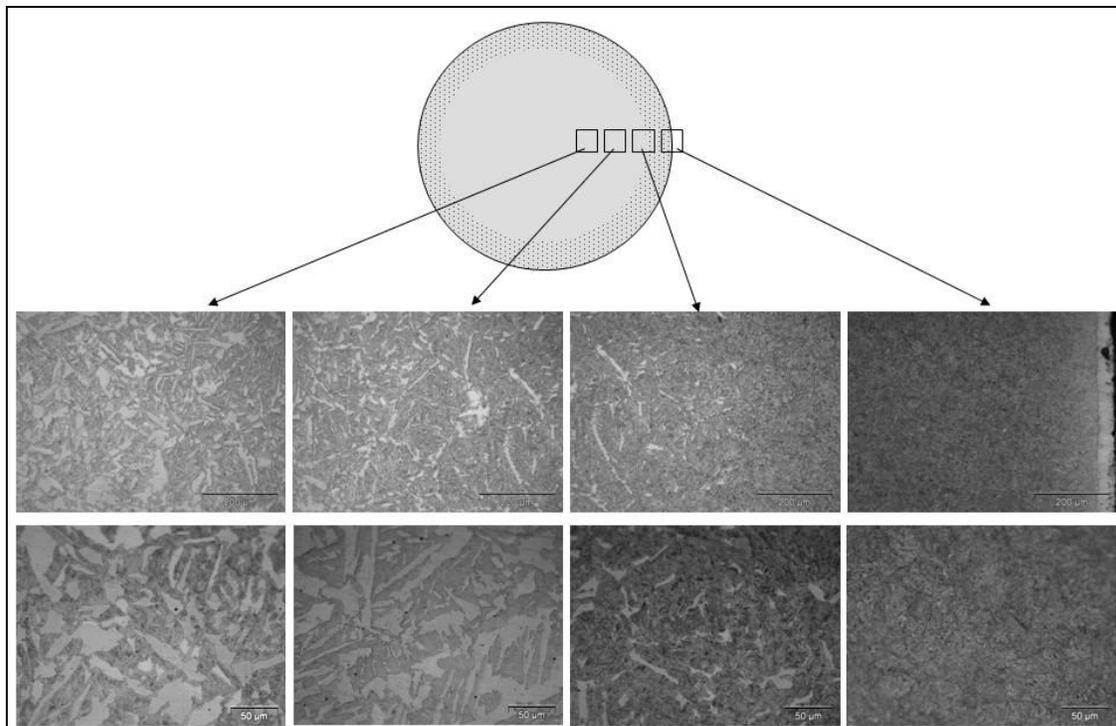


Figura 8 – Microestruturas da amostra de 16 horas cementada e temperada. Aumento: superiores: 200x e inferiores: 500x.

3.2 Perfil de Microdureza Vickers

Na Figura 9 são apresentados os perfis de microdureza Vickers nas amostras cementadas e temperadas. Para efeito de comparação foram realizados ensaios na amostra como recebida. Neste caso, a disposição dos pontos se deu de forma aleatória, apresentando uma microdureza média de 172 HV.

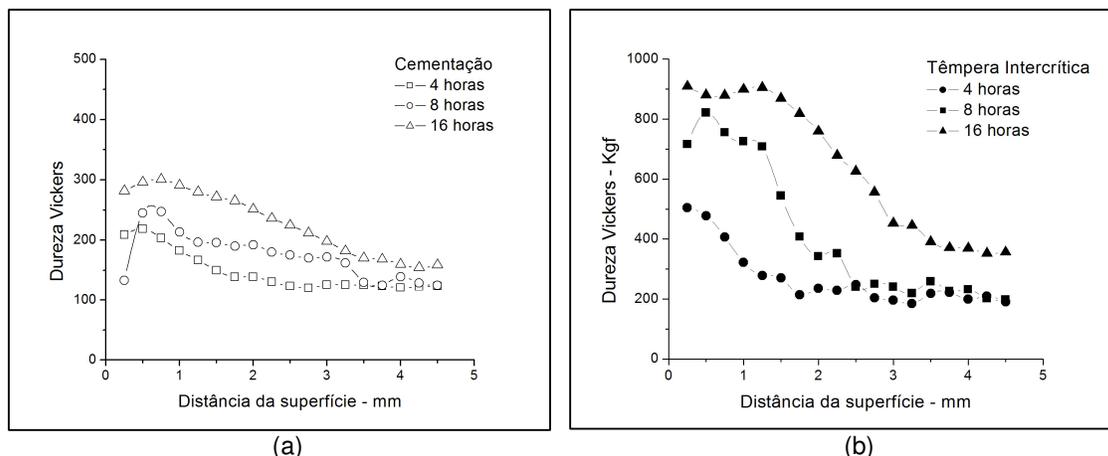


Figura 9 – Perfis de Microdureza Vickers das amostras cementadas (a) e temperadas (b).

4 DISCUSSÃO

As microestruturas das amostras cementadas (Figuras 4 (a), 5 (a) e 6 (a)), exibem materiais com granulação grosseira, isso é devido a cementação pelo carbono ser uma operação demorada, exigindo algumas horas de permanência acima da zona crítica. Nas Figuras 5 (b) e 6 (b) os grãos cresceram mais pelo fato de um maior intervalo de tempo dentro da zona crítica, a 1.000°C por 8 horas e 16 horas.

Com a têmpera intercrítica (Figuras 4 (b), 5 (b) e 6 (b)), as granulações tornaram-se mais finas. A região que continha teor de carbono suficiente tornou-se inteiramente martensítica e à medida que o teor de carbono diminui em direção ao centro, surge uma rede de ferrita pró-eutetóide nos contornos de grãos martensíticos. No centro das amostras observa-se uma maior porcentagem de ferrita. A microestrutura varia da superfície para o interior da amostra não só porque o teor de carbono diminui, mais também porque a velocidade de resfriamento é menor. Como se observa a têmpera intercrítica se mostrou eficiente na transformação da austenita na martensita mesmo no interior da peça devido ao enriquecimento de carbono da austenita.

Como observado nas Figuras 7 e 8, ocorreu uma transição relativamente suave da martensita na superfície para a estrutura bifásica no centro; isso reduz consideravelmente o risco de destacamento.

Nas amostras cementadas e temperadas foi verificada a elevação da dureza superficial. Com os valores médios de dureza pode-se estimar a profundidade da camada cementada por meio de uma comparação da dureza no centro da amostra com o último ponto do ensaio na periferia da amostra. Os valores observados estão em acordo com a observação microestruturas. Para a amostra cementada por 16 h a dureza aumentou quase 100% em relação à dureza comum do aço 1020.

No caso da amostra temperada após 16h de cementação a dureza chegou a 900HV na superfície e 400HV no centro. A presença da estrutura bifásica pode reter alguma ductilidade e apresentar uma tenacidade maior que uma estrutura martensítica obtida numa têmpera a partir de temperaturas acima da zona crítica.

5 CONCLUSÃO

Os tratamentos de cementação seguido de têmpera intercrítica em aço 1020 foram realizados com relativo sucesso. Análise metalográfica mostrou que a têmpera gera uma microestrutura martensítica na superfície que gradualmente passa para uma microestrutura bifásica de martensita + ferrita no centro da peça. Para longos períodos de cementação foi possível obter dureza que varia de 400HV no centro até 900HV na superfície. No futuro pretende-se avaliar outras propriedades mecânicas destes materiais.

REFERÊNCIAS

- 1 COLPAERT, H. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. 3.ed. São Paulo: Edgard Blücher.1974. 412p.
- 2 CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 4 ed., São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. 1979. 504p.
- 3 TOTTEN, G.E. Steel heat treatment handbook: metallurgy and technologies. 2nd edition. Boca Raton: CRC. 2007. 819p.
- 4 BHADESHIA, H.K.D.H, HONEYCOMBE, R.W.K. Steels: microstructures and properties. 3th edition, Oxford: Butterworth-Heinemann. 2006. 344p.
- 5 BAUMGARDTEN, J. F. Cementação Sólida Empregando Granulado Elaborado A Partir De Carvão Vegetal Reciclado E Ativador De Caco3 Ecologicamente Correto. Dissertação de Mestrado, UDESC, CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT, 2003.