Efeito da Têmpera Direta e Convencional na Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Garras para Recuperação de Sapatas em Aço 15B30

Carlos Augusto Silva de Oliveira, DSc
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
Laboratório de Conformação Mecânica
Campus Universitário – Trindade
88040-900 Florianópolis – SC
carlosa@emc.ufsc.br

Edmilson Schmitz, MSc
METISA – Metalúrgica Timboense S.A.
Rua Fritz Lorenz, 2442
89.120-000 Timbó – SC
schmitz@flipp.com.br

Resumo
Estudou-se comparativamente o processo de têmpera direta (laminação a quente, têmpera logo após a laminação e revenido) com a convencional, objetivando uma possível substituição da têmpera convencional pela direta no processo de fabricação de garras de sapata. Os diferentes processos de têmpera foram estudados em um perfil de garras para recuperação de sapatas fabricadas em aço 15B30, utilizando-se equipamentos industriais em todas as etapas de processamento na METISA – Metalúrgica Timboense S.A. Foram obtidas amostras de têmpera convencional e revenido e de laminação seguida de têmpera direta e revenido. Adotou-se variáveis relevantes de processo na modificação da microestrutura e propriedades mecânicas do produto, que são: diferentes temperaturas de austenitização na têmpera convencional e final de laminação na têmpera direta. Foi avaliada a temperabilidade do aço no centro do perfil, nos diferentes processos de têmpera, concluindo-se que os processos de têmpera convencional e direta são equivalentes nas condições experimentais estudadas. Esta equivalência é baseada nos resultados das análises de microestrutura e propriedades mecânicas, que se apresentaram bastante homogêneos, sem diferenças significativas.

Palavras-chave: *Têmpera direta, aço 15B30, microestrutura, propriedades mecânicas*

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, novos processos industriais foram desenvolvidos, para obter-se laminados com melhores propriedades e custos menores. Nestes processos podem ser incluídos os tratamentos termomecânicos. Os tratamentos termomecânicos são processos desenvolvidos para melhorar as propriedades mecânicas dos materiais através do controle do processo de deformação à quente. Envolve basicamente o controle das variáveis: temperatura de reaquecimento, temperatura de deformação, grau de deformação e velocidade de resfriamento. Usualmente, os tratamentos termomecânicos empregados na laminação são: laminação controlada, resfriamento acelerado e têmpera direta após a laminação à quente, ou combinações destes[1]. Os tratamentos termomecânicos permitem obter uma grande variedade de microestruturas e, portanto, de propriedades mecânicas.

A têmpera direta possibilita obter peças temperadas diretamente após a laminação, sem necessidade de reaustenitização. Além disso, a têmpera direta permite melhores combinações de propriedades quando comparada com o tratamento térmico de têmpera convencional. Na têmpera direta, as condições da laminação a quente (convencional ou controlada), determinarão o estado da austenita antes da transformação de fases, influenciando na cinética de transformação e nas propriedades mecânicas obtidas.

Vários autores estudaram as microestruturas e propriedades mecânicas dos aços obtidos por têmpera direta e convencional objetivando avaliar o efeito dos parâmetros de laminação, dos elementos de liga e do percentual de redução[2-8].

Estes estudos eventualmente apresentam resultados divergentes, pois a microestrutura dos aços processados por têmpera direta é fortemente dependente de variáveis de processamento, tais como as condições de deformação e de resfriamento[9, 10]. Portanto, no estudo da têmpera direta é necessário, além de considerar a temperatura final de laminação, estabelecer uma relação entre a estrutura austenítica prévia e propriedades mecânicas considerando também as condições de deformação e de resfriamento simultaneamente[5].

Em geral, os aços processados por têmpera direta apresentam maiores durezas e limites de escoamento e de resistência, do que os obtidos por têmpera convencional, sendo que os aços obtidos por têmpera direta após laminação controlada apresentam os maiores valores[2, 6, 11].

Inicialmente a têmpera direta foi desenvolvida para laminados planos, contudo ela pode ser aplicada também na laminação de perfis e barras em uma grande quantidade de ligas[1].

Uma possibilidade de aplicação da têmpera direta está na fabricação de garras de sapatas. Estas garras são utilizadas na recuperação de sapatas de tratores de esteira devido ao seu desgaste pelo uso intensivo. O desgaste das garras ocasiona perda de tração e rendimento. A perda de tração e rendimento pode ser evitada pela substituição completa do jogo de sapatas ou pela recuperação através da soldagem de novas garras.

A recuperação das sapatas desgastadas através da soldagem de novas garras garante ao trator o rendimento original. Este procedimento evita a substituição de todo o jogo de sapatas e, conseqüentemente, com custo menor.

A METISA – Metalúrgica Timboense S.A. é uma das fabricantes de garras para recuperação de sapatas. Atualmente, o processo de fabricação utilizado compreende laminação convencional, resfriamento ao ar, reaquecimento, têmpera e revenido.

Os objetivos deste estudo, portanto, podem ser divididos em dois grupos:

No primeiro grupo se enquadram os aspectos referentes ao efeito da temperatura de têmpera e de acabamento de laminação na microestrutura e propriedades mecânicas do aço baixo carbono com adição de boro. Estes resultados foram obtidos em função da metodologia empregada e dos parâmetros estudados.

Os objetivos do segundo grupo relacionam-se diretamente aos resultados do estudo comparativo entre os processos de têmpera direta e convencional. Como é expectativa da pesquisa e caso prove ser viável a substituição da têmpera convencional pela direta resultará em redução no custo final de fabricação das garras para recuperação de sapatas de tratores, conforme estudo prévio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia experimental adotada neste trabalho baseou-se no uso das condições normais de processo, utilizando-se equipamentos industriais em todas as etapas de processamento. O processo de têmpera direta foi comparado com o atual de fabricação das garras para recuperação de sapatas de tratores, ou seja: laminação convencional e posterior reaquecimento para têmpera e revenido.

Para fins comparativos, estudou-se o efeito dos diferentes processos de têmpera em uma garra do perfil 2505, um dos perfis de maior espessura fabricados na METISA, em aço 15B30. O perfil 2505 indica a massa por metro, ou seja, 2505 corresponde a 25,05 Kg/m linear. Foram adotadas a temperatura de acabamento e de têmpera como variáveis de processo relevantes na modificação da microestrutura e propriedades mecânicas do produto por influenciar nas condições microestruturais da austenita prévia.

Foram estudadas cinco condições de têmpera, sendo duas convencionais com temperaturas de reaquecimento diferentes e três diretas com temperaturas de acabamento diferentes e uma temperatura de revenido. O revenido foi realizado a 200ºC durante 1 hora e as condições de têmpera estudadas foram:

1. Têmpera convencional a 820ºC – Ligeiramente acima da zona crítica.
2. Têmpera convencional a 880ºC – Utilizada atualmente como reaquecimento do aço 15B30.
3. Têmpera direta a 980ºC (após último passe de acabamento) – Utilizada atualmente como final de laminação do perfil estudado e acima da temperatura de têmpera convencional.
4. Têmpera direta a 880ºC (após último passe de acabamento) – Padrão da têmpera convencional.
5. Têmpera direta a 820ºC (após último passe de acabamento) – Ligeiramente acima da zona crítica.

Foram realizados ensaios de dureza ao longo da seção transversal e impacto Charpy a temperatura ambiente em amostras após revenido, conforme Figura 1. Os resultados apresentados são valores médios com grau de confiabilidade de 95%. Análises por microscopia eletrônica de varredura foram realizadas em todas as amostras, após revenido. Os procedimentos para determinação do tamanho de grão austenítico são mostrados por Schmitz (12).

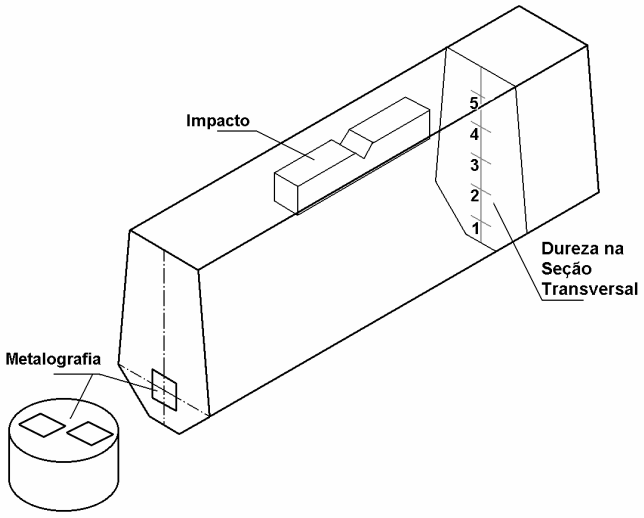


Figura 1. Localização dos corpos de prova para os ensaios

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das amostras por microscopia eletrônica de varredura, Figura 2, apresentou predominantemente, uma microestrutura característica de martensita revenida em baixa temperatura e a presença de bainita granular.

A Figura 3 mostra a variação da dureza na seção transversal da garra, após revenido, comparando os processos de têmpera convencional e direta nas cinco condições experimentais.

As curvas de dureza ao longo da seção transversal apresentaram-se semelhantes para todas as condições experimentais. Há uma diminuição significativa na dureza nos pontos 3 e 4, localizados na região central da garra o que foi relacionado com a formação de bainita granular.

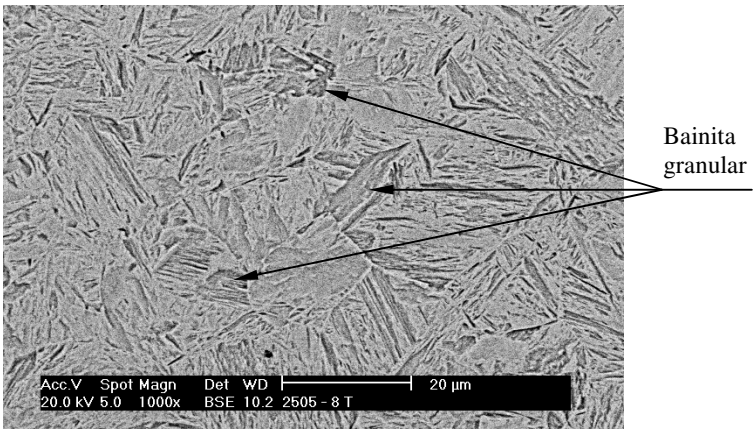


Figura 2. Microestrutura típica das amostras temperadas e revenidas: Têmpera direta a 880ºC

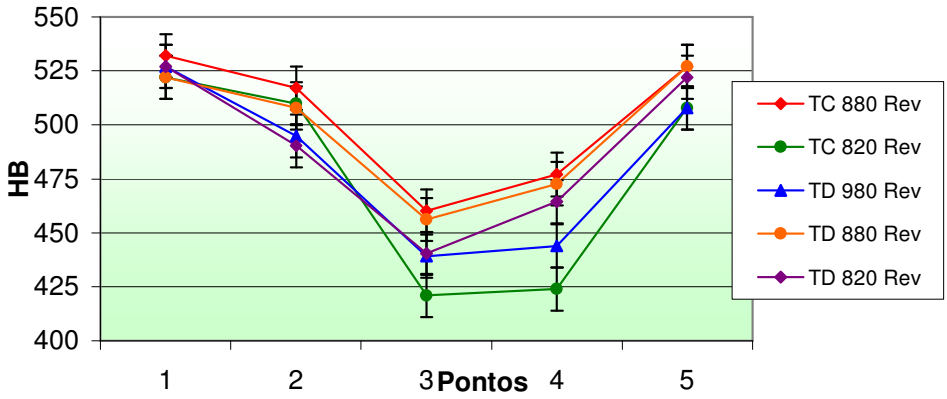
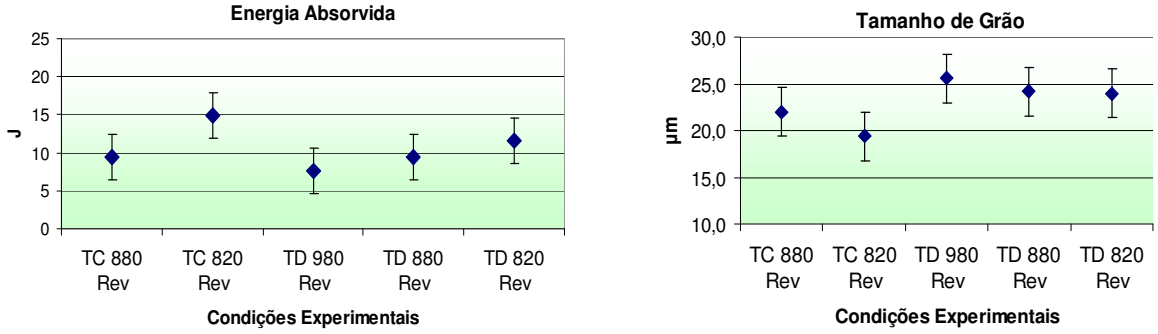


Figura 3. Variação da dureza na seção transversal após revenido
TC = Têmpera Convencional TD = Têmpera Direta

Observou-se que o processo de têmpera direta apresentou maiores valores de tamanho de grão austenítico e menores valores de energia absorvida, conforme Figura 4 (a) e (b).



(a) (b)

Figura 4. (a) Variação da energia absorvida e (b) Variação do tamanho de grão austenítico em função das condições experimentais

A redução da energia absorvida com o aumento do tamanho de grão austenítico se deve ao fato de que se costuma relacionar o tamanho das facetas de clivagem da martensita em ripas com o tamanho dos pacotes[13] e considera-se que a fratura da martensita ocorre ao longo dos contornos de pacotes e dos grãos austeníticos prévios[13].

Os menores tamanhos de grãos austeníticos foram associados à presença de carbonetos de elementos de liga precipitados, que no aquecimento tendem a segurar o crescimento de grão. Na têmpera direta, maiores tamanhos de grão foram associados ao aquecimento inicial a temperatura mais alta (1240ºC) e maior dissolução dos elementos de liga presentes.

4. CONCLUSÕES

Os processos de têmpera convencional e direta são equivalentes nas condições experimentais estudadas. Esta equivalência mostra pequeno efeito da variação da temperatura de têmpera e de acabamento de laminação na microestrutura e propriedades mecânicas, obtendo-se resultados bastante homogêneos, sem diferenças significativas.

Os resultados homogêneos, com pouca dispersão tornam-se importantes tecnologicamente, pois mostram ser possível a substituição da têmpera convencional pela têmpera direta no processo de fabricação de garras temperadas.

A redução da dureza na região central das amostras foi associada com a presença de bainita granular e os resultados de impacto mostraram uma redução da energia absorvida com o aumento do tamanho de grão austenítico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KOZASU, I. **International Conference on Physical Metallurgy of Thermomechanical Processing of Steels and Other Metals.** Thermec 88**,** Tokio, The Iron and Steel Institute of Japan, 420 (1988).
2. TAYLOR, K. A.; HANSEN, S. S. **Proc. of the Int. Symp. On Accelerated Cooling of Rolled Steel.** Oxford, Pergamon Press, 85, (1987).
3. SHIKANAI, N.; KURIHARA, M.; TAGAWA, H. **International Conference on Physical Metallurgy of Thermomechanical Processing of Steels and Other Metals.** Thermec 88, Tokio, The Iron and Steel Institute of Japan, 98 (1988).
4. OLIVEIRA, C. A. S. **Têmpera Direta de Aços Baixa Liga: Aspectos Cinéticos, Microestruturais e de Propriedades Mecânicas.** 1994. 245f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
5. CHANG, W. S. **Journal of Materials Science 37.** Pohang, Institute of Industrial Science & Technology, 1973-1979 (2002).
6. WEISS, R. K.; THOMPSON, S. W. **Physical Metallurgy of Direct-Quenched Steels.** Chicago, TMS, 107 (1993).
7. MAKI, T. **Physical Metallurgy of Direct-Quenched Steels.** Chicago, TMS, 3 (1993).
8. KAMADA, U.; KURAYASU, H.; WATANABE, S. **International Conference on Physical Metallurgy of Thermomechanical Processing of Steels and Other Metals.** Thermec 88, Tokio, The Iron and Steel Institute of Japan, 337 (1988).
9. SHIKANAI, N.; SUGA, M. **Physical Metallurgy of Direct-Quenched Steels.** Chicago, TMS, 93 (1993).
10. KATSUMATA, M.; ISHIYAMA, O.; MATSUMOTO, O.; INOUE, T.; NAKAMURA, M.; MATSUSHIMA, Y.; NAKATANI, Y. **Physical Metallurgy of Direct-Quenched Steels.** Chicago, TMS, 247 (1993).
11. DHUA, S.K.; MUKERJEE, D.; SARMA, D. S. **Metallurgical and Materials Transctions A: Physical Metallurgy and Materials Science.** Minerals, Metals and Materials Society, v 34, n 2, February, 2003, p 241–253.
12. SCHMITZ, E. **Efeito dos Processos de Têmpera Direta e Convencional na Microestrutura e Propriedades Mecânicas dos Aços 15B30 e 15BCr30 –** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
13. MARDER, A. R. **Phase Transformations in Ferrous Alloys.** Proc. of an Int. Conf., Warrendale, TMS-AIME, 11, (1984).

EFFECT OF DIRECT AND CONVENTIONAL QUENCH ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF TRACK SHOES 15B30 STEEL

Carlos Augusto Silva de Oliveira, DSc
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
Laboratório de Conformação Mecânica
Campus Universitário – Trindade
88040-900 Florianópolis – SC
carlosa@emc.ufsc.br

Edmilson Schmitz, MSc
METISA – Metalúrgica Timboense S.A.
Rua Fritz Lorenz, 2442
89.120-000 Timbó – SC
schmitz@flipp.com.br

Abstract
In this work, is made a comparative study of the direct quenching process (hot rolling, quenching immediately after rolling and tempering) with the conventional process to determine the possibility of substituing conventional quenching process by the direct quenching process for the manufacturing of grouser bars. The diferent quenching processes was studied for one grouser bar profile 15B30 steel. The experimental methodology based on the use of industrial equipments in all the processing stages in METISA – Metalúrgica Timboense S.A. Was obtained samples of conventional quench and temper and rolling followed by direct quench and temper. It was adopted important variables of process in the modification of the microstructure and mechanical properties of the product, that are: different austenitizing temperatures in the conventional and finish rolling temperature in direct quench. The hardenability of steel was evaluated in the center of the profile, in the different quenching processes. It was verified that the processes of conventional and direct quench are equivalent in the studied experimental conditions. This equivalence is based on the results of the microestruture analyses and mechanical properties, that came quite homogeneous, without significant differences.

Keywords: *Thermomechanical treatment, direct quench, microstructure, mechanical properties*