

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO NA CORRÊNCIA DE CRESCIMENTO ANORMAL DE GRÃO EM AÇOS MÉDIO TEOR DE CARBONO ¹

Ricardo Botelho²
Francisco Boratto³
Dagoberto Brandão Santos⁴

Resumo

Aços de médio teor de carbono são usados em diversos componentes mecânicos para a indústria automobilística. Estas são fabricadas a partir de barras mecânicas que são trefiladas e endireitadas, provenientes do processo de laminação a quente de fio-máquina. Com o objetivo de manter uma homogeneidade de suas propriedades físicas, as barras mecânicas devem possuir sua microestrutura, predominantemente perlítica, bem homogênea. A heterogeneidade da estrutura perlítica pode ocorrer pelo crescimento anormal dos grãos austeníticos durante os processos de reaquecimento. A presença de elementos microligantes e controle da temperatura de reaquecimento podem evitar o surgimento destas estruturas. Aqui foi estabelecido, para um aço médio teor de carbono, produzido na Usina de Monlevade, a curva de temperatura de crescimento anormal do grão austenítico em função do tempo e temperatura de reaquecimento.

Palavras-chave: Estrutura perlítica heterogênea; Crescimento anormal dos grãos; Elementos microligantes.

THE INFLUENCE OF PROCESSING CONDITIONS ON THE ABNORMAL GRAIN GROWTH OF MEDIUM CARBON STEELS

Abstract

Several mechanical components for the automotive industry are fabricated with medium carbon steels. These components are fabricated from bars that are drawn and straightened from original wire rod. With the goal of maintaining the homogeneity of its physical properties, the mechanical bars should possess its microstructure, predominantly pearlitic, very homogeneous. The presence of heterogeneous pearlitic structure can occur by the abnormal growth of the austenitic grains during the reheating process. The presence of micro alloying elements, control of the reheating temperature can avoid the appearance of these heterogeneous structures. Here the curve of temperature of abnormal growth of the austenitic grain to avoid the occurrence of the heterogeneous pearlitic structure was determined for medium carbon steel, as function of time and temperature.

Key words: Heterogeneous pearlitic structure; Abnormal grain growth; Micro alloying elements.

- ¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*
- ² *Engenheiro Metalurgista, M.Sc, Chefe do Departamento de Metalurgia e Garantia da Qualidade.*
- ³ *Físico, M.Sc, Ph.D, Consultor Técnico da Usina de João Monlevade.*
- ⁴ *Engenheiro Metalurgista, Doutor, Professor do Departamento de Metalurgia e de Materiais da EEUFMG.*

1 INTRODUÇÃO

A tendência do mercado automobilístico é a de produzir carros cada vez mais resistentes e leves com o intuito de aumentar a segurança dos passageiros/motoristas e diminuir o consumo de combustíveis. Seus componentes de segurança dos veículos, são fabricados a partir de barras mecânicas de aço médio teor de carbono. A microestrutura destas barras deve ser homogênea e predominantemente perlítica. Deve-se evitar a presença de estruturas perlíticas heterogêneas, denominadas aqui, de “colônias de perlita”.

Estas estruturas heterogêneas podem ser evitadas através do controle do tamanho de grão austenítico, durante o processo de reaquecimento. Por se tratar de um processo termicamente ativado, o crescimento de grão austenítico é dependente do tempo e temperatura de aquecimento. Observa-se que, o mecanismo de crescimento destes grãos depende, também, da presença ou não de elementos microligantes. Em aços acalmados ao alumínio, caso do presente estudo, o crescimento do grão austenítico é inibido pela presença de precipitados de nitreto de alumínio (AlN). Gladman,⁽¹⁻³⁾ observou que, para estes aços, durante o processo de aquecimento existe uma faixa de temperatura onde o crescimento do grão austenítico é descontínuo, também conhecida com faixa de “crescimento anormal” do grão austenítico. Este crescimento descontínuo dá origem a tamanhos de grão bem heterogêneos e, conseqüentemente, o produto de transformação será uma microestrutura perlítica heterogênea.

Este trabalho tem como objetivo levantar a curva de ocorrência de crescimento descontínuo, do grão austenítico, para um aço médio teor de carbono, produzido pela Arcelor Brasil, Usina de João Monlevade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o levantamento da curva de crescimento descontínuo do grão austenítico, foram utilizados corpos de prova cilindros (diâmetro de 22,50mm e altura de 30mm), do aço ABNT 1045, com composição média apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição média do aço utilizado nos experimentos.

C	Mn	Si	S	P	Al	N	Ti	Cr
0,46	0,711	0,275	0,09	0,016	0,020	0,0032	0,0008	0,0305

As temperaturas e tempos utilizados para o levantamento da curva foram, respectivamente: 800°C, 850°C, 900°C, 1000°C e 1100°C e 150min, 200min e 250min. As amostras foram analisadas microscopicamente, através de microscopia ótica, em seções transversais das mesmas. Para determinação do tamanho de grão austenítico foi utilizado o método do intercepto médio.⁽⁴⁾ Foram feitas 3 repetições para cada condição, possibilitando calcular o desvio padrão das medidas.

Para a revelação das estruturas obtidas nas três condições de resfriamento e têmpera, as amostras foram atacadas com os seguintes reativos:

- estrutura perlítica: solução de nital 2%
- estrutura austenítica: solução com 75 ml de H₂O, 55 ml de teepol (detergente industrial) e 3 g de ácido pícrico

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser visto na Figura 1, o tamanho médio do grão austenítico apresenta crescimento homogêneo em temperaturas menores que 850°C e maiores que 1000°C e crescimento descontínuo na faixa de temperatura de 900 a 1000°C.

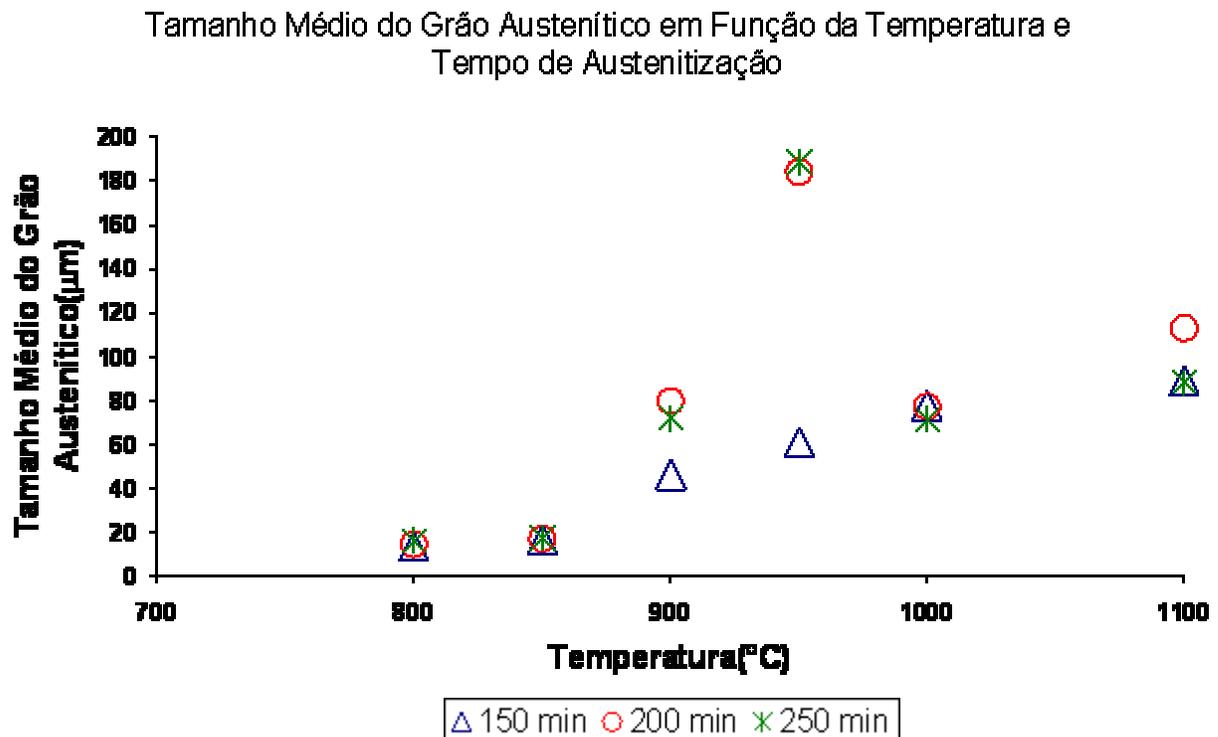


Figura 1: Tamanho médio do grão austenítico como função da temperatura e tempo de austenitização.

Na faixa de temperatura de 900 a 950°C, a dispersão do tamanho de grão se mostrou mais evidente como pode ser visto na Figura 2.

A princípio pode-se achar que os resultados obtidos neste trabalho estejam diferentes do trabalho de Gladman,⁽¹⁻³⁾ porém, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, existe uma influência da concentração do elemento formador de precipitados na temperatura de ocorrência de crescimento descontínuo do grão austenítico. Neste trabalho, o aço em estudo tem 0,02% Al e, de acordo com a figura 6, a temperatura para crescimento anormal do grão austenítico está de acordo com o obtido no trabalho. Devido ao teor residual de Ti presente no aço, conforme mostrado na tabela 1, o formador de nitretos é o Al.

Desvio Padrão do Tamanho de Grão Austenítico em Função da Temperatura e Tempo de Austenitização

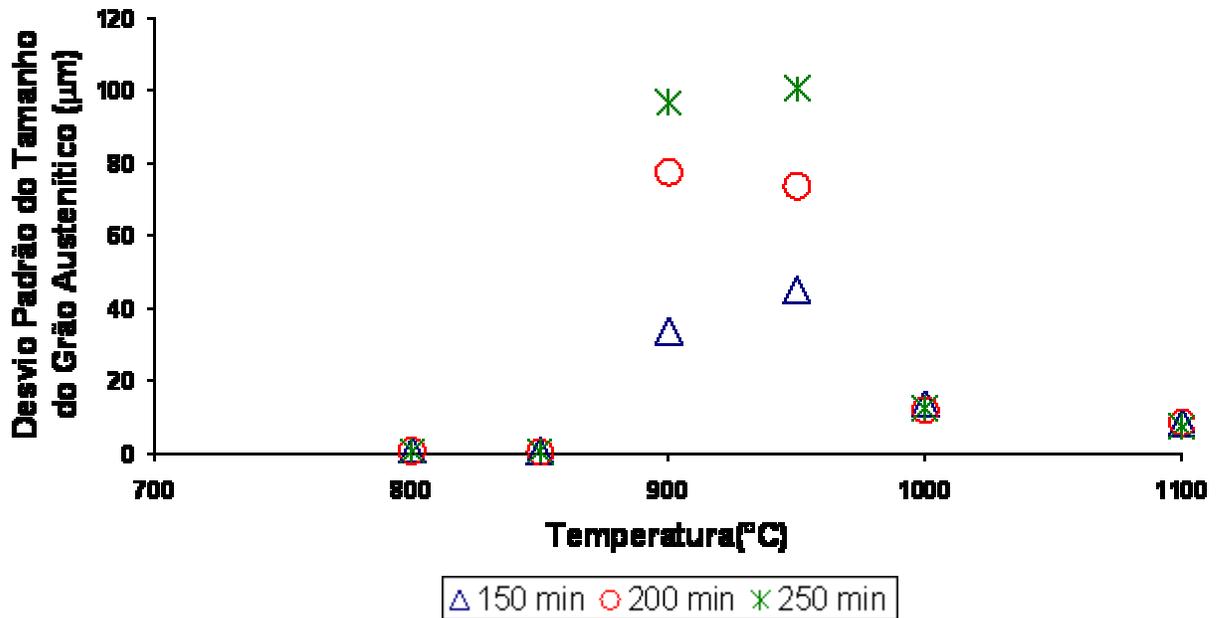


Figura 2: Desvio padrão do tamanho de grão austenítico em função da temperatura e tempo de austenitização. Foram realizadas 3 medidas para cada condição.

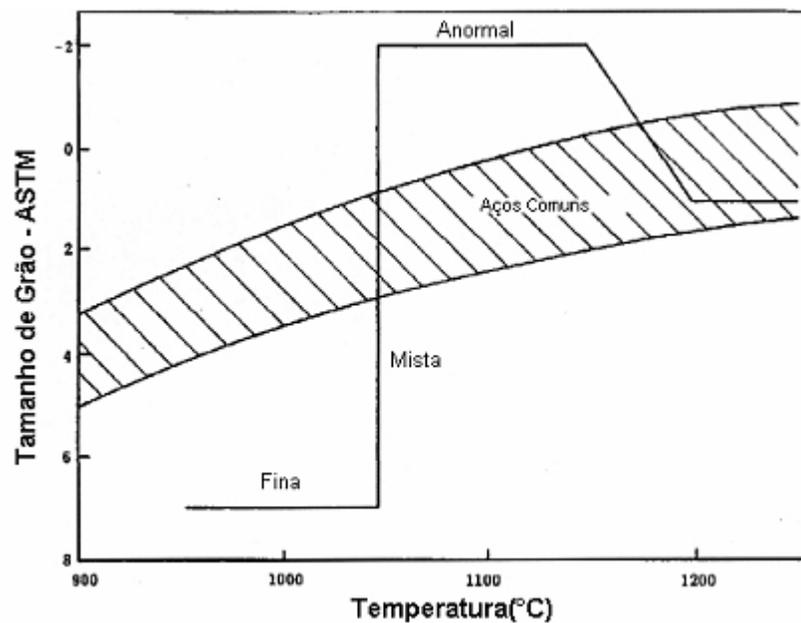


Figura 3: Características do crescimento de grão em função da temperatura para aço ao carbono tratado ao alumínio. A linha contínua representa aços com a presença de microligantes. ⁽¹⁻³⁾

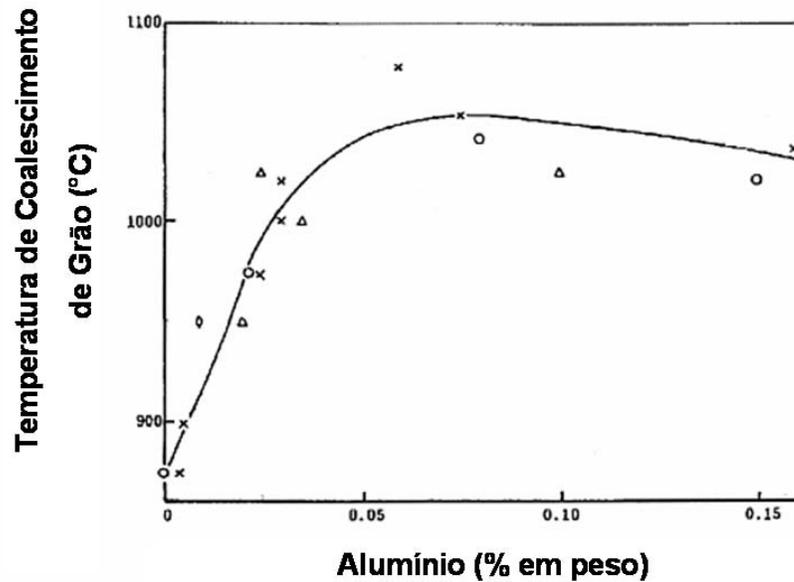


Figura 4: Efeito da temperatura no tamanho da partícula de AlN em amostras com tempo de tratamento de 1 hora.⁽¹⁻³⁾

Foi observado que a heterogeneidade do tamanho de grão austenítico se mostrou mais evidente a partir do meio raio em direção a superfície das amostras. Na região central das amostras, o tamanho de grão austenítico se apresenta bem homogêneo. As figuras 5 e 6 mostram exemplos das microestruturas obtidas para as temperaturas de 800 e 900°C, respectivamente.

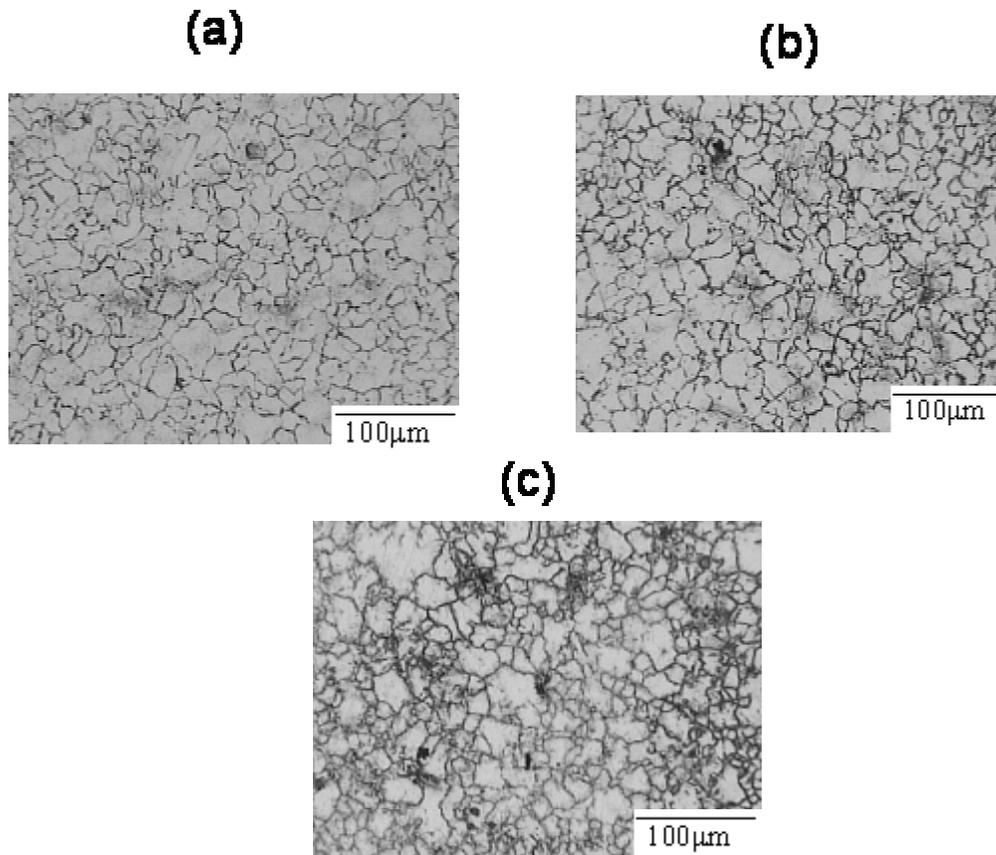


Figura 5: austenítico ao longo da seção transversal da amostra, aquecida a 800°C e tempo de permanência de 150 min (a) periferia (b) meio raio e (c) centro.

Através de microscopia óptica, observa-se uma forte influência do tamanho de grão austenítico anterior na formação da estrutura após o resfriamento, composta de perlita e ferrita. Esta relação se mostra bem evidente na faixa de temperatura onde ocorreu o crescimento anormal do grão austenítico, onde a heterogeneidade no tamanho do grão, obtido no aquecimento, se mostra presente na estrutura após o resfriamento ao ar, como pode ser visto na Figura 7.

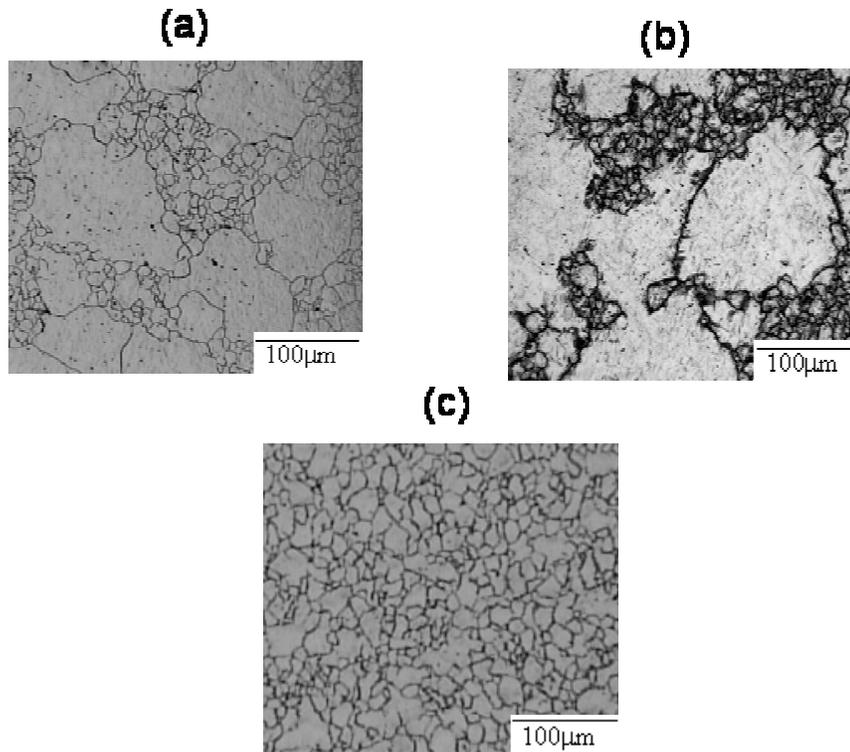


Figura 6: Grão austenítico ao longo da seção transversal da amostra, aquecida a 900°C e tempo de permanência de 150min (a) periferia (b) meio raio e (c) centro.

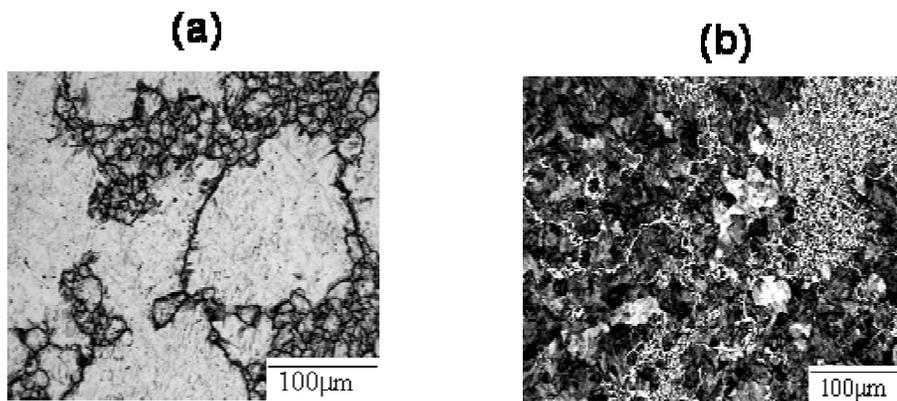


Figura 7: Influência da heterogeneidade do tamanho de grão austenítico na microestrutura após o resfriamento ao ar, em amostras aquecidas a 900°C e tempo de permanência de 200 min (a) grão austenítico (b) microestrutura composta de ferrita e perlita.

4 CONCLUSÕES

- Existe maior heterogeneidade do tamanho de grão austenítico a partir do meio raio em direção à superfície das amostras;
- Existe forte correlação entre o tamanho de grão austenítico anterior e a ocorrência de crescimento anormal das colônias de perlita;
- Existe uma faixa crítica de temperatura na curva temperatura de reaquecimento versus tamanho médio do grão austenítico onde o crescimento o grão ocorre de maneira descontínua, confirmando os estudo feitos por Gladman^(1,2,3) sobre o efeito do nitreto de alumínio no controle do grão austenítica

Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer a Arcelor Brasil, Usina de João Monlevade, pela oportunidade dada na realização do Mestrado e conclusão do presente trabalho. Agradeço também a Professora Berenice Mendonça Gonzáles pelo apoio dado durante a realização dos meus estudos e experimentos.

REFERÊNCIAS

- 1 GLADMAN, T; WILSON, F. *International Materials Reviews*, vol. 33, p. 221-286, 1988.
- 2 GLADMAN, T. *JOM*, Setembro de 1992.
- 3 GLADMAN, T; PICKERING, F. B. *Journal of The Iron and Steel Institute*, p. 653-664, 1967.
- 4 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, E112-96; Standard Test Method for Determining Average Grain Size. PA, United States of America 1996.