



EFEITO DE TEMPOS CURTOS DE TRATAMENTO ISOTÉRMICO ABAIXO E ACIMA DE Ms SOBRE A ENERGIA DE IMPACTO NO AÇO AISI 9254 DE ALTO SILÍCIO

Lucas Martins Diniz ¹; Rhelman Rossano Urzedo Queiroz ²; José Alberto da Cruz Junior ³;

1 Lucas Martins Diniz Bolsista IFMG, Engenharia Metalúrgica, IFMG Campus Ouro Branco, Ouro Branco-MG; 0071210@academico.ifmg.edu.br

2 Rhelman Rossano Urzedo Queiroz, Pesquisador do IFMG, Campus Ouro Preto; rhelman.queiroz@ifmg.edu.br

3 José Alberto da Cruz da Junior, Pesquisador do IFMG, Campus Ouro Branco; jose.alberto@ifmg.edu.br

RESUMO

O efeito do tempo de tratamento (10, 15 e 20 min) na microestrutura e energia de impacto é investigado no aço comercial submetido ao processo de Q&P de etapa única (a 220 °C), 270 °C (em Ms) e austêmpera (a 340 °C). Observa-se que a presença majoritária de martensita formada durante o processo de Q&P de etapa única contribui para a menor energia absorvida. Devido aos curtos tempos de transformação, pouca ou nenhuma bainita é formada durante este processo. O processo de austêmpera mostrou a maioria da microestrutura de bainita e austenita retida. O aumento do teor de austenita retida levou a maior energia absorvida durante o teste de impacto. Comparando com as outras temperaturas de transformação (220 e 270 °C), a transformação de austêmpera favorece o maior teor de austenita retida e conseqüentemente o máximo de energia absorvida (27,5 J).

PALAVRAS CHAVES: Bainita livre de carboneto, Martensita, Austenita Retida, efeito TRIP

INTRODUÇÃO:

A crescente demanda por aços de alto desempenho levou as indústrias metalúrgicas a desenvolver aços com maior resistência e ductilidade. O Aço Avançado de Elevada Resistência (AHSS) foi desenvolvido para atingir essas propriedades. A primeira geração de AHSS inclui aços de fase dupla (DP), plasticidade induzida por transformação (TRIP), fase complexa (CP) e martensíticos (MART), que têm microestruturas predominantemente compostas de ferrita e martensita. Aços de liga de alto Mn compõem a segunda geração de AHSS, apresentando uma microestrutura austenítica que promove a plasticidade induzida por maclação (TWIP). A terceira geração de AHSS é caracterizada por uma combinação favorável de alta resistência, ductilidade e baixo custo, facilitada por processos de fabricação relativamente simples e baixo teor de elementos de liga. A literatura técnica atual enfatiza que a combinação desejada de alta resistência e ductilidade é obtida por meio de misturas de fases em estruturas de aço avançadas. Geralmente, a martensita e a bainita (fases mais duras) contribuem para o aumento da resistência, enquanto a ferrita e a austenita aumentam a ductilidade e a tenacidade. ^[1, 2]

Entre os aços de terceira geração, pesquisas recentes têm se concentrado em aços bainíticos sem carboneto (CFB) e aços de têmpera e partição (Q&P). O tratamento térmico para CFB envolve austenitização completa seguida por resfriamento rápido a uma temperatura entre as temperaturas de transformação de início de bainita (Bs) e de início de martensita (Ms). O silício na composição da liga inibe a precipitação de cementita durante a transformação de bainita.



O aço AISI 9254 é usado principalmente para sistemas de suspensão de caminhões e automóveis. Este aço é tratado termicamente em condições convencionais, ou seja, temperado e revenido. Alguns trabalhos ^[1, 2] propuseram novas rotas de projeto e tratamentos térmicos com o objetivo de aumentar o desempenho e reduzir o peso dos aços para molas.

Neste contexto, este trabalho investiga a influência de baixas temperaturas e curtos tempos de tratamento isotérmico na tenacidade ao impacto Charpy do aço comercial SAE 9254, visando produzir martensita prévia, bainita livre de carboneto e austenita retida. A austêmpera convencional e Q&P em uma etapa permitem a investigação da influência da martensita prévia e da austenita retida em blocos na energia absorvida.

METODOLOGIA:

As amostras utilizadas neste estudo foram obtidas de um processo de laminação a quente de barras seguido de resfriamento a ar e corresponde ao aço AISI 9254 (0,54%C; 0,68%Mn; 1,43%Si; 0,63%Cr; %peso).

Tratamentos isotérmicos foram propostos para diferentes temperaturas e tempos para obter uma mistura de fase complexa de martensita, bainita e austenita retida. Amostras Charpy V-notch foram austenitizadas a 900°C por 7 min antes do tratamento isotérmico a 220°C, 270°C e 340°C por 10, 15 e 20 min.

A 220°C o tratamento térmico corresponde ao processo One-Step Q&P. Neste tratamento térmico a amostra Charpy V-notch é temperada entre as temperaturas M_s e M_f e mantida na mesma temperatura (partição) por diferentes tempos. Durante o tratamento térmico de partição ocorre a difusão do carbono da martensita inicial formada após a têmpera para a austenita residual. O enriquecimento da austenita residual em carbono favorece sua estabilidade à temperatura ambiente e previne a formação de martensita durante o resfriamento final. Logo, a microestrutura é formada por martensita temperada, bainita e austenita retida. A 340°C o tratamento térmico corresponde à austêmpera convencional. Após a austenitização as amostras Charpy V-notch foram rapidamente resfriadas antes da temperatura M_s e mantidas por diferentes tempos (10, 15, 20 min). Finalmente, as amostras Charpy V-notch foram submetidas a tratamento isotérmico a 270°C (em M_s). As escolhas dos tempos de tratamento foram para otimizar o tempo do processo de produção e consequentemente reduzir o custo de produção. Os tratamentos isotérmicos foram realizados em um banho metálico (Sn60–Pb40). Após os tratamentos isotérmicos, os espécimes foram resfriados em água, conforme mostrado na Figura 1.

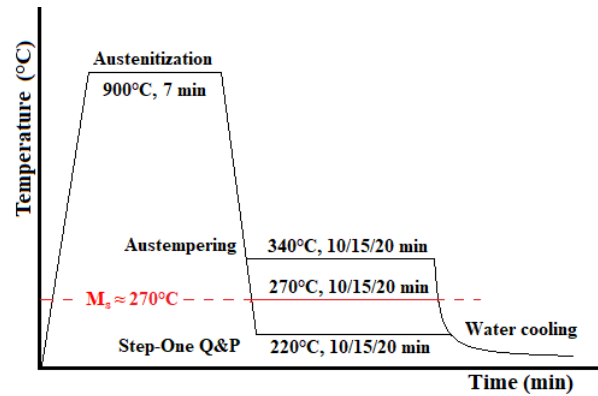
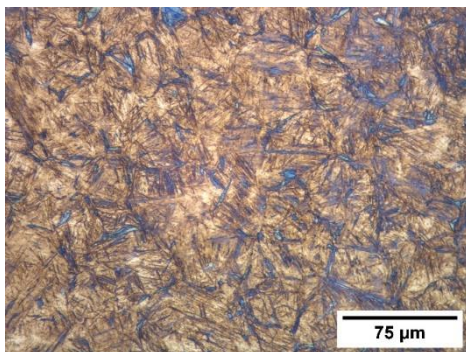


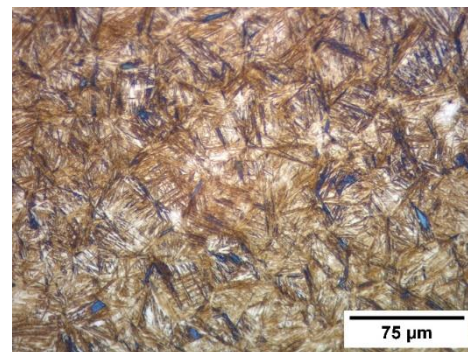
Figura 1 - Tratamentos térmicos submetidos às amostras Charpy V-notch.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

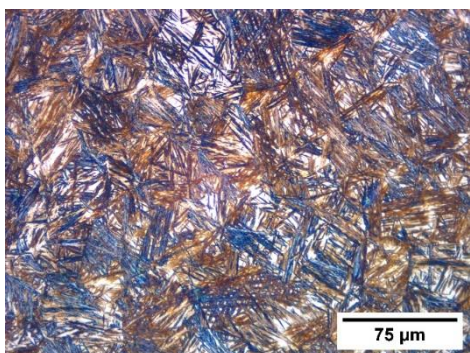
A Figura 2 mostra a microestrutura dos corpos de prova após tratamentos isotérmicos de 10 e 20 min em Q&P de etapa única (220°C), 270°C (em Ms) e austêmpera (340°C).



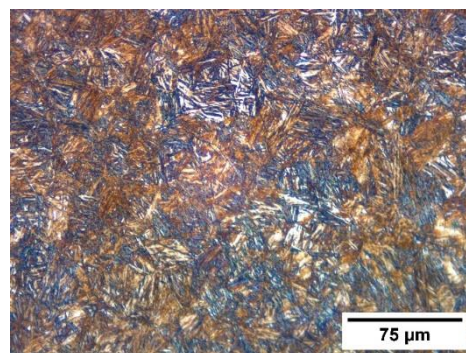
(a) 220°C/10 min



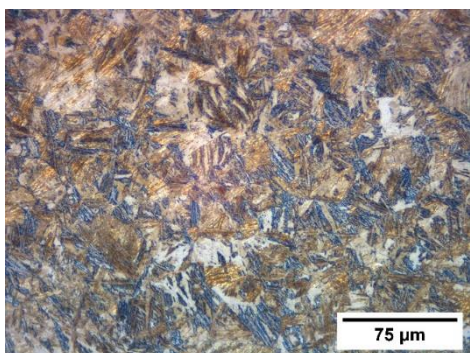
(b) 220°C/20 min



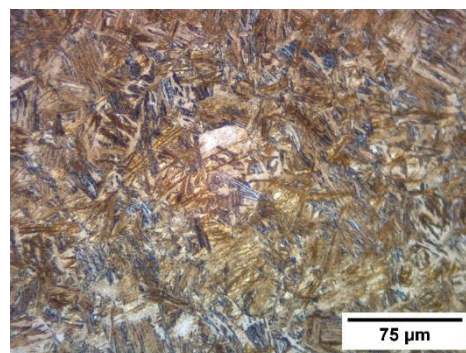
(c) 270°C/10 min



(d) 270°C/20 min



(e) 340°C/10 min



(f) 340°C/20 min

Figura 2 - Micrografias ópticas das amostras transformados isotermicamente a 220°C por (a) 10 min e (b) 20 min; a 270°C por (c) 10 min e (d) 20 min e a 340°C por (e) 10 min, (f) 20 min.

A energia absorvida (J) como função de tempos de transformação e diferentes processos de transformação é mostrada na Figura 12. O aumento da energia absorvida pode ser observado com o aumento da temperatura de transformação. Para as amostras austemperadas (acima de M_s) mostra a maior energia absorvida, seguidas por amostras tratadas com temperaturas de transformação de 270 °C (em M_s) e Q&P de etapa única (abaixo de M_s). A fase complexa formada em diferentes conteúdos por cada tratamento térmico promove diferentes resultados da energia absorvida durante o teste de impacto.

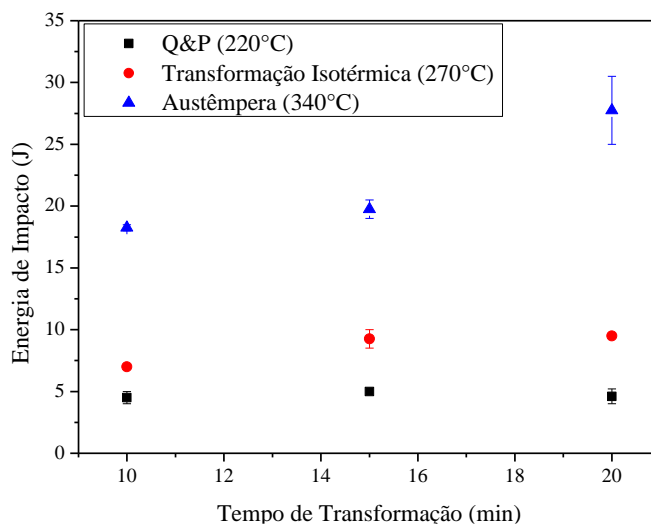


Figura 3 – Energia de impacto em função do tempo de transformação.

CONCLUSÕES:

As amostras tratadas isotermicamente a 220°C apresentaram microestrutura majoritariamente martensítica. Devido à maior quantidade de martensita, as amostras apresentaram maiores valores de microdureza (≈ 670 HV) e menor energia absorvida (4,6 J). Na temperatura de tratamento de 270 e 340°C a martensita não foi formada durante o resfriamento inicial. Foi observado que a microestrutura fina compôs a mistura de bainita, martensita e austenita retida. Foi observado valor intermediário de microdureza (≈ 580 HV) e energia absorvida (8,0 J). Para os corpos de prova tratados isotermicamente a 340°C apresentaram a microestrutura majoritária bainítica e austenita retida. O aumento do tempo de tratamento resultou em maior quantidade de austenita retida devido à transformação bainítica, consequentemente em maior valor de energia absorvida (27,7 J).

REFERÊNCIAS:

- [1] N. Xiao, J. Fei, M. Li, J. Zhou, T. Jia, Design of Cooling Route for Carbide-Free Bainitic Rail Steels and Resultant Microstructures and Properties, *Mat. Sci. and Eng. A*, 2024, 891.
- [2] L. Espinosa, A. Torres, R. Cruz, R. Deaquino, A. Salinas, A. Gonzáles, I. Reyes, J. Aguilar, S. Palomares, E. Gutiérrez, Effect of Chemical Composition and Isothermal Treatment Time on the Microstructure and Mechanical Properties of High-Strength Carbide-Free Bainitic Steel, *Mat. Let.* 2023, 349.