

EFEITO DA VELOCIDADE DE RESFRIAMENTO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA ENERGIA ABSORVIDA PELO AÇO SAE 1045 NA SUA DEFORMAÇÃO E RUPTURA DURANTE ENSAIO DE IMPACTO CHARPY

Victória Almeida dos Santos¹; Luís Diego Aguiar Silva²; Júlio César Dutra³

1. Estudante do curso de Engenharia Mecânica; e-mail: santosvictoria@live.com
2. Estudante do curso de Engenharia Mecânica; e-mail: lidas.cad@gmail.com
3. Professor Doutor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: juliodutra@umc.br

Área de Conhecimento: **Metalurgia física; tratamentos térmicos; ligas ferrosas**

Palavras-chaves: Tenacidade; impacto; recozimento; normalização; metalografia.

INTRODUÇÃO

Aço é uma liga ferrosa com até 2,12 %C. No equilíbrio, sua microestrutura é composta basicamente por ferrita e cementita. Contudo, ao se fazer tratamentos térmicos nesta liga metálica, é possível alterar a morfologia destas fases assim como suas quantidades. De acordo com relatório recente da American Iron and Steel Institute (2017), o aço é vital para uma sociedade moderna. Isto porque o mesmo aço é capaz de ser utilizado em ampla variedade de aplicações, tais como veículos mais eficientes e mais leves, estruturas mais altas, esbeltas e leves, além de ser um dos materiais mais reciclados do mundo (AISI, 2017). Do ponto de vista ambiental, econômico e sociológico, o aço desempenha papel fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa, igualitária e com acesso a uma variedade de bens e serviços, tornando-os mais baratos e, portanto, à disposição das camadas mais pobres da sociedade. A variedade de microestruturas possíveis que o aço pode adotar é que o torna versátil para uma variedade de aplicações. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo estudar o efeito da velocidade de resfriamento na morfologia das lamelas de ferrita, bem como na obtenção de diferentes frações desta fase e consequente tenacidade ou energia absorvida pelo ensaio de impacto.

OBJETIVOS

O projeto tem por objetivo identificar os efeitos da velocidade de resfriamento durante o tratamento térmico na energia absorvida por um aço de médio teor de carbono (SAE 1045) em sua deformação e ruptura por meio do ensaio de impacto Charpy de corpos de prova do mesmo tipo submetidos às mesmas condições de ensaio. Dentre recozimento e normalização, deve-se identificar qual tratamento térmico proporciona a maior tenacidade durante a deformação e ruptura do aço estudado ao sofrer uma força dinâmica de impacto ou alta taxa de deformação, além de determinar qual das temperaturas de austenitização aplicadas nos ciclos de aquecimento dos tratamentos térmicos confere um melhor desempenho do material em relação a essa propriedade mecânica.

METODOLOGIA

Com os objetivos já mencionados, barras deste aço de médio teor de carbono foram submetidas a um ciclo de aquecimento; metade dos corpos com austenitização na temperatura de 880 °C e a outra metade a 920 °C; posteriormente, em cada grupo de temperaturas, as barras foram separadas e submetidas a duas taxas de resfriamento distintas

no tratamento térmico, sendo uma delas correspondente ao resfriamento no forno, caracterizando o recozimento e a outra correspondente ao resfriamento ao ar calmo, ou seja, normalização. Após esta etapa, os corpos de prova foram usinados para a obtenção de geometria e dimensões padronizadas, conforme a norma ABNT NBR ISO 148-1:2013, e em seguida submetidos ao ensaio de impacto Charpy em equipamento apropriado, por meio do qual foi medida a energia absorvida pelo material ao deformar e romper-se. Amostras do aço termicamente tratado foram preparadas para análise metalográfica de micrografia, na qual foi medida a fração em área de ferrita na microestrutura e o tamanho de grão ferrítico-perlítico, por meio de estereologia quantitativa.

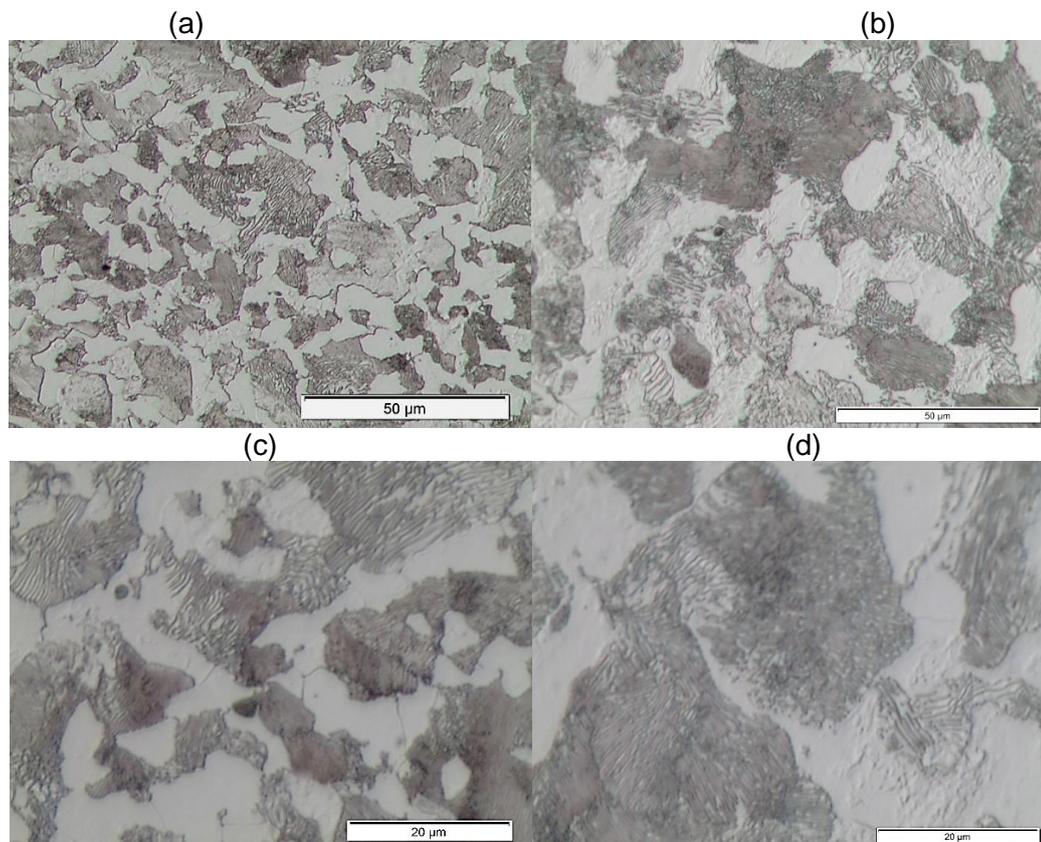
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises comparativas dos valores de energia absorvida foram correlacionados à quantidade de ferrita nas microestruturas e ao tamanho de grão, possibilitando assim determinar-se o efeito da velocidade de resfriamento na propriedade mecânica estudada, para o caso de um corpo submetido a uma força dinâmica de impacto. Realizou-se o exame metalográfico tanto das amostras normalizadas como recozidas, bem como a análise estereológica; a fração de ferrita obtida na amostra recozida, para austenitização a 880 °C, foi de 0,384 e o tamanho de grão ferrítico-perlítico de 10,06 μm enquanto na normalizada na mesma temperatura a fração foi de 0,346 e o tamanho de grão de 7,58 μm ; já na amostra recozida austenitizada a 920 °C, os resultados foram de 0,477 e 19,04 μm enquanto na normalizada na mesma temperatura foram de 0,476 e 13,33 μm . O aparato para a medição da energia absorvida no impacto foi calibrado por meio da comparação com medidas obtidas em outro martelo de impacto; os resultados foram muito similares. Fez-se ensaio de impacto Charpy de todos os corpos de prova submetidos a tratamento térmico; a média da energia absorvida pelos recozidos, austenitizados a 880 °C, foi de 71,01 J enquanto a dos normalizados na mesma temperatura foi de 97,40 J; já nos corpos de prova recozidos austenitizados a 920 °C, a média foi de 79,56 J enquanto nos normalizados na mesma temperatura foi de 99,82 J.

No recozimento, por conta do resfriamento lento, há mais tempo para que a ferrita possa nuclear e crescer para que posteriormente a perlita possa se nuclear. Desse modo, a fração de ferrita é geralmente superior quando o resfriamento é lento, ou seja, no forno. A fração de ferrita é maior para o caso das amostras tratadas nas temperaturas mais altas. Isto ocorre porque o tamanho médio de grão austenítico é maior para a temperatura mais alta e, conseqüentemente, maior a fração em área de ferrita.

A velocidade de resfriamento influencia a quantidade de ferrita presente nos corpos de prova. Quanto menor esta velocidade, maior é o tempo em temperaturas mais altas e menor é o potencial termodinâmico para as transformações de fase no estado sólido. Assim, de um lado a termodinâmica estabelece que os núcleos das novas fases se apresentem em pequena quantidade, de outro a cinética estabelece que haverá condições para que as transformações de fase ocorram próximas daquelas de equilíbrio. Um exemplo das microestruturas obtidas no presente trabalho pode ser visto a seguir, na Figura 1.

Figura 1 - Micrografias obtidas das amostras normalizadas (a e c) e recozidas (b e d) na temperatura de 920 °C com aumento de (a e b) 500 e (c e d) 1000 vezes.



Fonte: Autora

A normalização produz uma perlita mais fina e abundante do que a obtida no recozimento, que resulta em um aço mais resistente e tenaz (AVNER, 1974). Na maioria dos aços ferrítico-perlíticos, o conteúdo de carbono e o tamanho de grão determinam a microestrutura e as propriedades resultantes (BRAMFITT, 1998).

CONCLUSÕES

Conclui-se que ambos os tratamentos térmicos utilizados são adequados para um aumento significativo na propriedade de tenacidade ao impacto para um aço de médio teor de carbono e que, dentre as duas velocidades de resfriamento empregadas, a que consiste no resfriamento mais rápido, ou seja, a da normalização é a que confere o maior aumento desta propriedade mecânica ao material, devido à diferença de temperaturas de austenitização aplicadas não ser muito alta em relação à temperatura total, e da diferença de frações de ferrita medidas ser baixa, fazendo com que o característico observado determinante, neste caso, seja o tamanho de grão. Além disso, apesar da pequena diferença entre resultados para os mesmos tratamentos térmicos, constatou-se que a austenitização ocorrida na maior temperatura é a que proporciona os melhores resultados nos aspectos de tenacidade e ductilidade. Tem-se, dentro dos métodos aplicados, que o tratamento térmico de normalização com temperatura de austenitização a 920 °C confere melhor performance do material ao ser submetido a uma força dinâmica de impacto, em relação a menores velocidades de resfriamento e austenitização a menores temperaturas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE. **Profile 2017**. Washington DC. Disponível em: <https://www.steel.org/about-aisi/reports>. Acesso em 17 de maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 148-1**: Materiais metálicos — Ensaio de impacto por pêndulo Charpy - Parte 1: Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 26 p.

AVNER, Sidney H. **Introduction to Physical Metallurgy**. 2 ed. Singapore: McGraw-Hill Book Company. 1974. 353p. (p.255-256)

BRAMFITT, Bruce L. Structure/Property Relationships in Irons and Steels. **Metals Handbook Desk Edition**, [s.l.], p.153-173, 1998. ASM International. <http://dx.doi.org/10.31399/asm.hb.mhde2.a0003090>. Disponível em: https://www.asminternational.org/documents/10192/22533690/06542G_Sample_BuyNow.pdf/ff19fede-0053-4402-a324-e035e3a1bf90. Acesso em: 16 jul. 2019.