

INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE RESFRIAMENTO DE UM AÇO DE MÉDIO TEOR DE CARBONO NA TENACIDADE MEDIDA PELO ENSAIO DE TRAÇÃO

Isabele Louraina Lima da Silva¹; Júlio César Dutra²

1. Estudante do curso de engenharia mecânica; e-mail: isabele.2910@gmail.com

2. Professor da Universidade Mogi das Cruzes; e-mail: juliodutra@umc.br

Área de conhecimento: **Metalurgia física; transformações de fase**

Palavras-chaves: Tratamento térmico; ligas ferrosas; tenacidade

INTRODUÇÃO

Aço é uma liga ferrosa com teor de carbono de até 2,12%. Essa liga está presente em uma série de indústrias, como a indústria de material de transporte, papel e celulose, borracha, couros e pele, indústria química e construção civil (IBGE, 2018). Embora o Instituto Aço Brasil (2018) afirme que o crescimento da atividade econômica não seja suficiente para que a indústria do aço se recupere da pior crise de sua história, que a previsão de vendas internas seja de apenas 1,2% e que a produção deva aumentar 9,2% em relação ao ano passado, além da decisão anunciada pelo presidente Donald Trump de abrir investigação para barrar o ingresso de aço de outros países e depois postergando-a (BBC, 2018), o fato é que essa liga metálica é uma das mais utilizadas nas indústrias de modo geral por conta de sua versatilidade, boa relação de resistência e peso, preço bastante baixo e sua sustentabilidade. Aços podem ser submetidos a diversos tratamentos e, conseqüentemente, levando a diferentes microestruturas que levam a diferentes propriedades mecânicas, como o limite de escoamento, limite de resistência, ductilidade e tenacidade. Na faixa de velocidades de resfriamento cuja microestrutura final seja constituída de ferrita e perlita em aços hipoeutetoides, é interessante o estudo da relação entre a microestrutura e as propriedades mecânicas, tais como a tenacidade já que essa propriedade é a que mais chama a atenção nos aços em relação aos demais materiais de engenharia (CALLISTER, 2012).

OBJETIVOS

O objetivo do presente projeto de iniciação científica foi analisar a influência da velocidade de resfriamento na tenacidade do aço ABNT 1045 por meio da correlação entre a medida da distância entre as lamelas de ferrita e cementita e/ou fração de ferrita e a tenacidade medida pelo ensaio a tração.

METODOLOGIA

Barras do aço ABNT 1045 com diâmetro de 12 mm e comprimento de 200 mm foram inicialmente submetidas à austenitização na temperatura de 880 °C por 1 hora. Em seguida, parte dessas foi retirada e resfriada ao ar calmo e as demais resfriadas no próprio forno. A usinagem dos corpos de prova foi feita no torno modelo Mascote, marca Nardini® modelo MS.2005, número de série G0HK0427, presente no laboratório de mecânica do campus Villa Lobos da Universidade Mogi das Cruzes. As dimensões do corpo de prova foram determinadas pela norma ABNT MB-4 (SOUZA, 1982). A máquina universal utilizada foi a Instron® EMIC 23-100 lotada no laboratório de mecânica do campus Villa Lobos da Universidade Mogi das Cruzes. O ensaio de tração foi realizado utilizando um corpo de prova nessa máquina no qual após sua fixação aplica-se uma força de natureza trativa fazendo com que ele sofra alongamento até a ruptura. O extensômetro mede as deformações sofridas e

tudo é computadorizado por uma interface que a própria máquina possui dando o resultado em forma de gráfico em função de tensão versus deformação além de um arquivo que pode ser lido pelo software Excel[®]. O exame metalográfico consistiu na preparação de um corpo de prova dos materiais tratados por meio do corte, embutimento, lixamento, polimento e ataque com um reagente químico, esse último com a finalidade de realçar a microestrutura para a análise por microscopia óptica e uso do software ImageJ[®] para a medida de fração em área das fases presentes, assim como o tamanho de grão e sua forma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

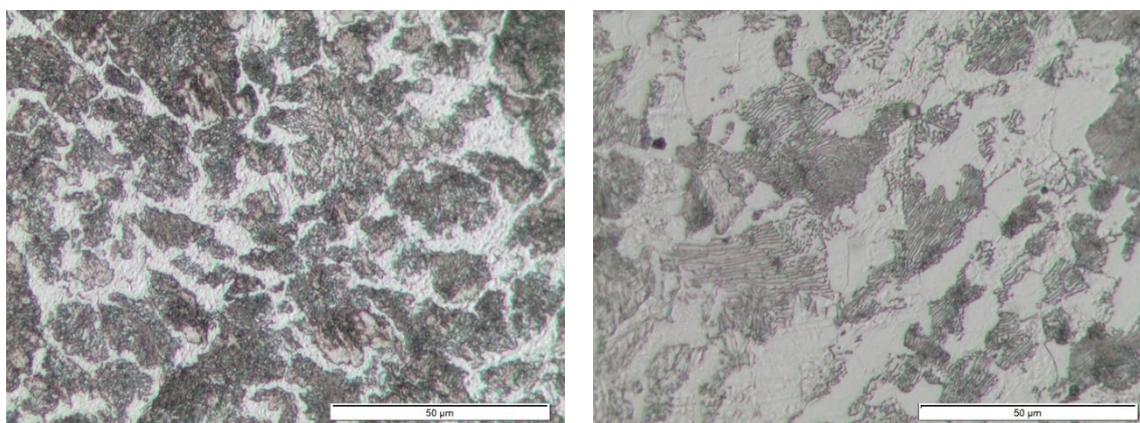
A Tabela 1 mostra os resultados por estereologia quantitativa da fração em área de ferrita. Nota-se que a fração em área das amostras recozidas é sensivelmente maior que aquela das amostras normalizadas e com maior espalhamento nos resultados. As micrografias podem ser vistas na Figura 1, a seguir.

Tabela 1 – Resultados da fração em área de ferrita das amostras normalizada e recozida.

Tratamento térmico	Fração em área	Desvio padrão
Como recebido	0,0979	0,0101
Normalizada	0,1053	0,0102
Recozida	0,2591	0,0295

Fonte: Autora

Figura 1 – Micrografias obtidas das amostras (a) normalizada e (b) recozida.



(a)

(b)

Fonte: Autora

A Tabela 2 apresenta os valores médios obtidos nos cinco ensaios de tração para cada tratamento investigado. Nota-se que os valores de resistência são maiores para as amostras normalizadas, com pequena diferença no alongamento. A tenacidade, por sua vez, é maior nas amostras normalizadas.

Quando se trata de um aço hipoeutetoide, há de se ter em mente que no resfriamento a partir do campo austenítico, inicialmente ocorre a nucleação da ferrita proeutetoide. Ao continuar o resfriamento, à medida que a ferrita cresce, ela segrega o carbono para a austenita levando a ocorrer supersaturação suficiente para que a perlita possa nuclear. Abaixo da temperatura eutetoide, o teor de carbono na austenita se torna tão alto que se torna possível a nucleação da cementita e tanto a cementita como a ferrita crescem na austenita remanescente como perlita (SHEWMON, 1969).

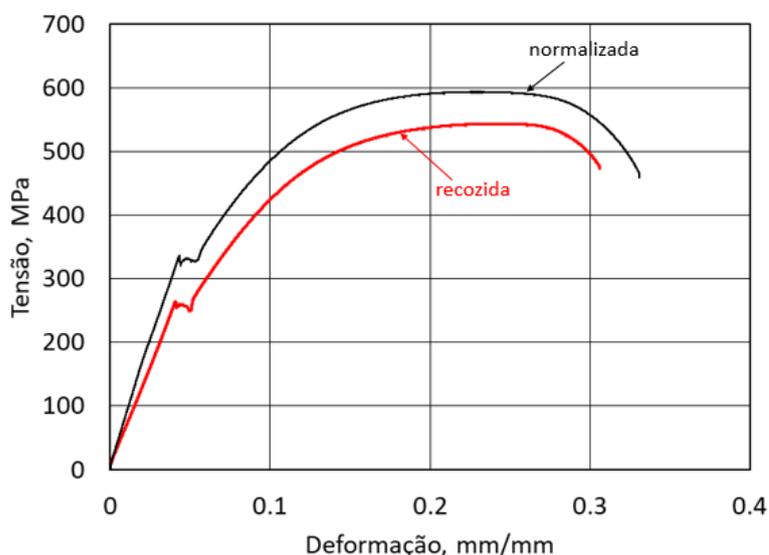
Como mencionado por Avner (1974), a normalização produz uma perlita mais fina e mais abundante do que a obtida pelo recozimento, que resulta em um aço mais resistente e mais tenaz, como pode ser constatado na Tabela 2, a seguir. Um exemplo das curvas obtidas nesses ensaios pode ser visto a seguir, na Figura 2.

Tabela 2 – Resultados médios dos ensaios de tração executados nas amostras normalizadas e recozidas.

Tratamento	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	Al (%)	U_T (MJ/m ³)	R.A. (%)
Recozido	254,94±5,32	538,54±3,45	23,0±1,0	140,22±6,75	41,2±1,6
Normalizado	282,2±36,9	558,72±25,0	24,9±0,6	158,10±5,40	51,8±1,8

Fonte: Autora

Figura 2 – Resultado da curva tensão versus deformação nas amostras recozidas e normalizadas.



Fonte: Autora

CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que é possível modificar a microestrutura do material para atender diferentes necessidades nas quais o material pode ser submetido. Nos processos retratados aqui a única diferença foi a velocidade de resfriamento, o que ocasionou em uma tenacidade maior para amostra normalizada. Observou-se também que a fração em área das amostras recozidas é maior que aquela das amostras normalizadas, assim como notou-se o maior espalhamento nos resultados da fração em área das amostras recozidas. A tenacidade média das amostras normalizadas é superior àquela das amostras recozidas; no primeiro caso, a tenacidade média foi de 158,1 MJ m⁻³ enquanto no segundo caso o valor médio foi de 140,2 MJ m⁻³.

REFERÊNCIAS

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

BBC. **Trump delays decision on steel and aluminium tariffs.** Disponível em: <http://www.bbc.com/news/business-43958216>. Acesso em 7 de maio de 2018.

CALLISTER JR W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução.** Tradução: Sérgio Murilo Stamile Soares. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Indústria Brasileira do Aço não Recupera as Perdas dos Últimos 3 anos.** 39a. ed. Dez. 2017. 5p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas do Século XX.** Disponível em: <https://seculoxx.ibge.gov.br/economicas/atividades-econômicas/tabelas-de-producao-fisica.html>. Acesso em 6 de maio de 2018.

RUEDEN, C., DIETZ, C., HORN, M., SCHINDELIN, J., NORTHAN, B., BERTHOLD, M.; ELICEIRI, K. (2016). ImageJ Ops [Software]. <http://imagej.net/Ops>.

SHEWMON, Paul G. **Transformations in Metals.** New York: McGraw-Hill Book Company. 415p. 1969.

SOUZA, Sérgio Augusto de. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos teóricos e práticos.** 5. ed. São Paulo: Blücher, 1982.