

Gabriel Moreira¹, Vitória Ferreira², Caio Mendes³, Carlos Bueno⁴

²Universidade Federal de Minas Gerais, raisavferreira@hotmail.com

³ Universidade Federal de Minas Gerais, machovskyaio@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Minas Gerais, carlosorbueno@gmail.com

Palavras-chave: Dureza; Aço Carbono; Tratamento Térmico; Elementos de Liga; Ensaio de dureza;

A dureza de materiais é um aspecto muito relevante para a engenharia pois é a propriedade mecânica que define a resistência mecânica oferecida por um material à penetração por outros. Esse aspecto permite a melhor aplicação técnica dos materiais. (Queiroz e Frade, 2000). A dureza do aço carbono é uma propriedade mecânica básica que diretamente influencia seu desempenho na utilização de estrutura e desgaste. Há vários fatores envolvidos para essa propriedade, destacando-se a composição química, especialmente o conteúdo de carbono, que aumenta a dureza ao promover maior formação de perlita e martensita, embora possa

2. Metodologia

Foram considerados os fundamentos da metalurgia física, em especial a relação entre estrutura cristalina e propriedades mecânicas. A presença de átomos de carbono em solução sólida intersticial dificulta o movimento de discordâncias, aumentando a resistência ao escoamento e a dureza do material, embora também possa torná-lo mais frágil.

Também foram discutidos os ensaios de dureza Brinell, Rockwell e Vickers, conforme



as normas ABNT NBR 6673, 6674 e ISO 6507-1, avaliando-se suas aplicações conforme a dureza e o tipo de material ensaiado. O método Vickers foi destacado por sua precisão, especialmente em análises de microdureza.

Por fim, abordou-se o papel dos elementos de liga, como cromo, níquel e vanádio, na formação de soluções sólidas, precipitados e no refino de grãos, com efeitos diretos na resistência ao desgaste. Como exemplo, citam-se os aços inoxidáveis, que aliam dureza elevada à resistência à corrosão, evidenciando o impacto de pequenas alterações químicas no desempenho final dos materiais.

3. Fatores de influência

3.1. Tratamento térmico

Os tratamentos termicos permitem a alteração da dureza em peças sem a modificação de sua forma física ou composição de liga. São procedimentos que envolvem o aquecimento e resfriamento de um material, sob temperaturas e velocidades controladas (Chiaverini, 1971). O processo de aquecimento da temperatura leva microestrutura para seu estado de maior equilíbrio termodinâmico, enquanto o resfriamento confere a liga a estrutura mais estável para a temperatura e velocidade de resfriamento escolhida.

A têmpera é o processo mais usado para aumento da dureza. Descreve um tratamento térmico que a peça é aquecida até a temperatura de austenitização, mantida nessa por determinado tempo de forma a atingir o equilíbrio termodinâmico e em seguida resfriada bruscamente, em busca da estrutura cristalina metaestável a temperatura ambiente, a martensita. Essa estrutura, é considerada dura, devido ao posicionamento dos carbonos na estrutura. Entretanto, a microestrutura gerada é também frágil, tendo em vista o aumento de tensões internas. Para corrigir esse



problema, eleva-se novamente a temperatura a uma temperatura estabelecida e resfria-se lentamente para alívio de tensões, esse processo de reaquecimento é definido como revenimento (Chiaverini, 1971).

3.2. Elementos de Liga

A dureza de um material pode ser modificada pela adição de elementos de liga, os quais promovem alterações significativas em suas propriedades mecânicas e químicas. No caso dos aços, a incorporação de elementos como cromo, níquel, manganês e vanádio altera a microestrutura do material, dificultando o movimento das discordâncias e, conseqüentemente, aumentando sua dureza. Esses elementos de liga atuam como agentes endurecedores, promovendo mecanismos como a formação de soluções sólidas, precipitação e transformação de fase. Por exemplo, a adição de 0,12% de vanádio em aços de médio carbono pode aumentar a dureza e a resistência ao impacto, tornando-os adequados para aplicações exigentes, como rodas de trens de alta velocidade (Wang, 2018). Dessa forma, mesmo pequenas quantidades de elementos de liga podem resultar em mudanças substanciais nas propriedades e na aplicabilidade dos aços.

3.3. Métodos de Ensaio de Dureza

Segundo as diretrizes na norma ABNT NBR ISO 6506-1:2019, O método de ensaio Brinell utiliza uma esfera de carboneto de tungstênio (diâmetros de 1 a 10 mm) pressionada contra o material sob uma força específica (9,807 N a 29,42 kN). Após a remoção da carga, mede-se o diâmetro da impressão para calcular a dureza (HBW) com base na área da calota esférica. Este ensaio é ideal para materiais heterogêneos ou mais macios, como ferros fundidos e metais não ferrosos.

O método de ensaio de dureza Rockwell é regulamentado pela norma ABNT NBR ISO

A norma ABNT NBR ISO 6507-1:2019 trata do ensaio de dureza Vickers em materiais metálicos. O método consiste em aplicar uma força específica sobre um penetrador de diamante em forma de pirâmide de base quadrada sobre a superfície do corpo de prova. Após a remoção da carga, mede-se a diagonal da impressão deixada, e o valor da dureza Vickers (HV) é calculado com base na força aplicada e na área da impressão.

5. Conclusão

Além disso, a avaliação da dureza por meio de ensaios específicos, como os métodos

<i>Grupo de Pesquisa Texto Livre</i>	Belo Horizonte	v.1	n.19	2025.1	e-ISSN: 2317-0220
Realização:	Apoio:				Produção:
					



Brinell, Rockwell e Vickers, possibilita a quantificação objetiva desse atributo, sendo uma ferramenta crucial para o controle de qualidade e desenvolvimento de materiais. Assim, compreender e aplicar corretamente esses fatores é fundamental para o desenvolvimento de ligas metálicas com propriedades otimizadas para aplicações específicas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 6506-1**: Materiais metálicos — Ensaio de dureza Brinell — Parte 1: Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 6507-1:2019** — Materiais metálicos — Ensaio de dureza Vickers — Parte 1: Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

Chiaverini, V. **Aços-carbono e aços-liga**. 1971 3ª. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais.

HARWARTH, M.; BRAUER, A.; HUANG, Q.; POURABDOLI, M.; MOLA, J. Influence of carbon on the microstructure evolution and hardness of Fe–13Cr–xC (x = 0–0.7 wt.%) stainless steel. **Materials**, Basel, v. 14, n. 17, p. 5063, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6508-1**: Metallic materials — Rockwell hardness test — Part 1: Test method. 4th ed. Geneva: ISO, 2016. 36 p.

MELLO, Leonardo da Rocha. Estudo da relação C/A em aços com diferentes teores de carbonos temperados em água. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SILVA, João Pedro da; LIMA, Maria Clara de; OLIVEIRA, André Luiz de. Avaliação do comportamento mecânico e microestrutural do aço carbono 1016. *Revista Valore*, v. 4, n. 2, p. 45–52, 201

WANG, P.; LI, Z.; LIN, G.; ZHOU, S.; YANG, C.; YONG, Q. Influence of Vanadium on the Microstructure and Mechanical Properties of Medium-Carbon Steels for Wheels. **Metals** 2018, 8, 978. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/met8120978>

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Atribuição -Compartilha Igual (CC BY-SA- 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução com a citação dos autores e da fonte original e sob a mesma licença.

