

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO SAE 1045

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SAE 1045 STEEL

Wallyson Thomas Alves da Silva^{1, i}

Marcus Vinicius Begossi^{2, ii}

Aldo Roberto Pereira^{3, iii}

RESUMO

Este estudo investiga a influência do tratamento térmico nas propriedades mecânicas do aço SAE 1045, especialmente por meio do ensaio de tração. O objetivo é compreender como processos como a têmpera impactam na resistência, ductilidade e comportamento estrutural do material. Foram realizados ensaios antes e depois do tratamento térmico, comparando os limites de resistência à tração, escoamento, alongamento e estrição. Os resultados demonstraram um aumento expressivo na resistência após o tratamento, com redução na ductilidade. O corpo de prova tratado apresentou um limite de resistência à tração de 985,73 MPa, enquanto o não tratado registrou 665,95 MPa. Este comportamento reforça a eficácia do tratamento térmico na modificação da estrutura cristalina e no aumento da dureza do material. O estudo evidencia a importância da seleção adequada de tratamentos para aplicações que exigem maior resistência mecânica.

Palavras-chave: Aço SAE 1045, Tratamento térmico, Têmpera, Propriedades mecânicas, Ensaio de tração.

ABSTRACT

This study investigates the influence of heat treatment on the mechanical properties of SAE 1045 steel, focusing on tensile testing. The goal is to understand how processes like quenching affect the material's strength, ductility, and structural behavior. Tests were conducted before and after heat treatment, comparing tensile strength, yield strength, elongation, and reduction of area. Results showed a significant increase in strength after treatment, along with a reduction in ductility. The treated specimen reached a tensile strength of 985.73 MPa, while the untreated one measured 665.95 MPa. These findings highlight the effectiveness of heat treatment in modifying the crystalline structure and enhancing material hardness. The study emphasizes the relevance of appropriate treatment selection for applications requiring higher mechanical strength.

Keywords: SAE 1045 Steel, Heat Treatment, Quenching, Mechanical Properties, Tensile Test.

¹ Professor Adjunto II - Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: wallyson.silva@sp.senai.br

² Coordenador de Atividades Técnicas. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: mbegossi@sp.senai.br

³ Professor Especialista. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: aldo.pereira@sp.senai.br

1 INTRODUÇÃO

As ligas ferro-carbono, especialmente os aços de médio e alto carbono, são amplamente empregadas na indústria mecânica devido à sua versatilidade e possibilidade de modificação estrutural por meio de tratamentos térmicos. Esses tratamentos visam alterar propriedades mecânicas como dureza, resistência à tração, tenacidade e ductilidade, otimizando o desempenho das peças de acordo com as exigências do projeto.

A têmpera, um dos tratamentos mais utilizados, consiste no aquecimento do aço a uma temperatura adequada seguido de um resfriamento rápido, com o objetivo de obter uma estrutura martensítica — dura e resistente. Essa modificação microestrutural proporciona melhorias significativas nas propriedades mecânicas, mas também pode reduzir a ductilidade do material.

1.1 Problema de pesquisa

A ausência de tratamento térmico adequado pode comprometer a performance mecânica do aço SAE 1045 em aplicações que demandam alta resistência, comprometendo a segurança e a durabilidade dos componentes.

1.2 Objetivo(s)

Analisar e comparar as propriedades mecânicas do aço SAE 1045 antes e após o tratamento térmico de têmpera, com foco em parâmetros obtidos pelo ensaio de tração, visando compreender a influência estrutural e funcional da modificação térmica.

1.3 Justificativa

A caracterização do impacto do tratamento térmico permite estabelecer critérios técnicos mais precisos para a seleção e aplicação de materiais na indústria. Ao compreender como o aço SAE 1045 se comporta após a têmpera, é possível otimizar processos de fabricação, aumentar a confiabilidade dos componentes e reduzir falhas por insuficiência mecânica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O tratamento térmico, especialmente a têmpera, promove significativas alterações na estrutura cristalina dos aços, resultando em propriedades mecânicas distintas (Chiaverini, 2003). A martensita formada pelo resfriamento rápido confere alta dureza e resistência, mas também tende a reduzir a ductilidade do material.

De acordo com Callister e Rethwisch (2018), o diagrama de fases Fe-C é essencial para entender as transformações microestruturais que ocorrem durante os tratamentos térmicos, sendo a formação de martensita um processo difusionalmente controlado que depende da taxa de resfriamento e da composição química do aço.

Blaoui et al. (2018) destacam que as propriedades obtidas por tratamentos térmicos podem variar significativamente conforme os parâmetros de processo, como temperatura de austenitização, tempo de exposição e meio de resfriamento, o que

exige controle rigoroso e conhecimento técnico para alcançar os resultados desejados.

3 METODOLOGIA

Os ensaios de tração foram realizados com corpos de prova confeccionados em aço SAE 1045. Utilizou-se uma máquina de ensaios universal KRATOS (capacidade: 30.000 kgf / 294,2 kN; modelo: KE30000 MP) e o software IKCL3-USB/M100301 para aquisição e análise dos dados.

O procedimento seguiu as diretrizes da NBR ISO 6892:2013, que padroniza as dimensões e geometrias dos corpos de prova para ensaios de tração, assegurando a reprodutibilidade e a comparabilidade dos resultados obtidos.

Foram avaliados dois tipos de corpos de prova:

- Sem tratamento térmico – material em condição original, Figura 1a.
- Com tratamento térmico – submetido a processo de têmpera aumentando sua dureza para 55 HRC, o que, teoricamente, reduziria a ductilidade, a capacidade de alongamento e a estrição, Figura 1b.

As dimensões iniciais foram iguais para ambos: diâmetro de 6 mm e comprimento de 36 mm. Após cada ensaio, o comprimento final foi medido para determinar o alongamento e a estrição. A Figura 1c apresenta um corpo de prova no estágio final do ensaio, evidenciando o fenômeno de estrição.

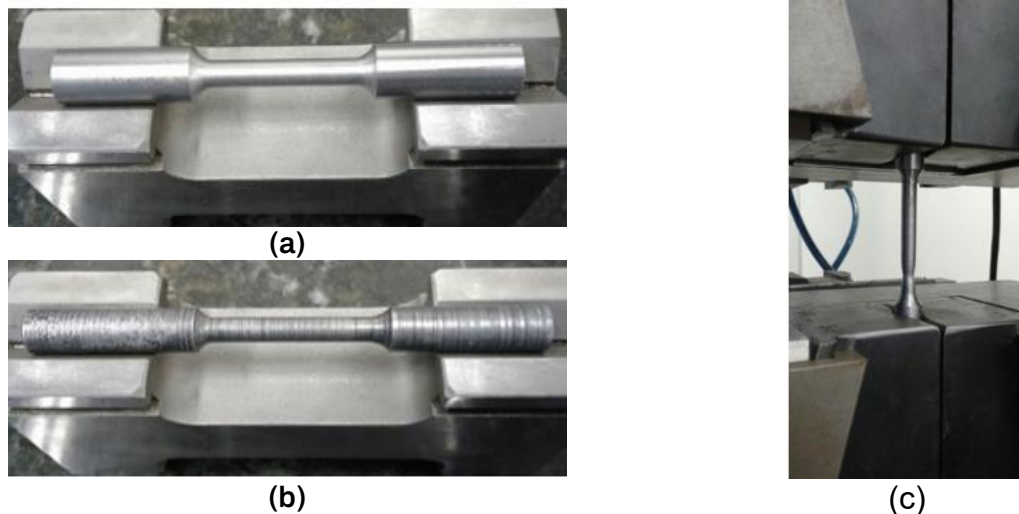


Figure 1. Corpo de prova (a) sem tratamento térmico, (b) com tratamento térmico e (c) em estrição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O corpo de prova sem tratamento térmico apresentou comportamento típico de material dúctil. Inicialmente, o aumento da força aplicada (kgf) resultou em deslocamento proporcional (mm), caracterizando a deformação elástica. Ultrapassado o limite de escoamento, iniciou-se a deformação plástica, que evoluiu até o surgimento da estrição e, por fim, a ruptura.

O corpo de prova com tratamento térmico apresentou deslocamento total menor, confirmando a redução de ductilidade esperada para materiais

endurecidos. Apesar de suportar cargas elevadas, a fratura ocorreu de forma mais abrupta, característica típica de materiais frágeis.

A curva tensão–deformação do corpo tratado mostrou uma região elástica bem definida e transição rápida para a fratura, sem alongamento significativo. A estrição foi visivelmente menos pronunciada em relação ao corpo de prova sem tratamento.

A sobreposição das curvas da Figura 3 evidencia que:

- O corpo sem tratamento térmico apresentou maior alongamento e deformação plástica acentuada antes da ruptura, demonstrando maior ductilidade.
- O corpo com tratamento térmico exibiu menor deformação total e ruptura súbita, indicando aumento da dureza e redução da capacidade de absorção de energia.

Do ponto de vista mecânico, o tratamento térmico atingiu seu objetivo de elevar a dureza do material, mas reduziu significativamente sua tenacidade. Este efeito pode ser vantajoso em aplicações onde a resistência ao desgaste é prioritária, porém desfavorável em componentes que exigem absorção de impacto ou deformação plástica antes da falha.

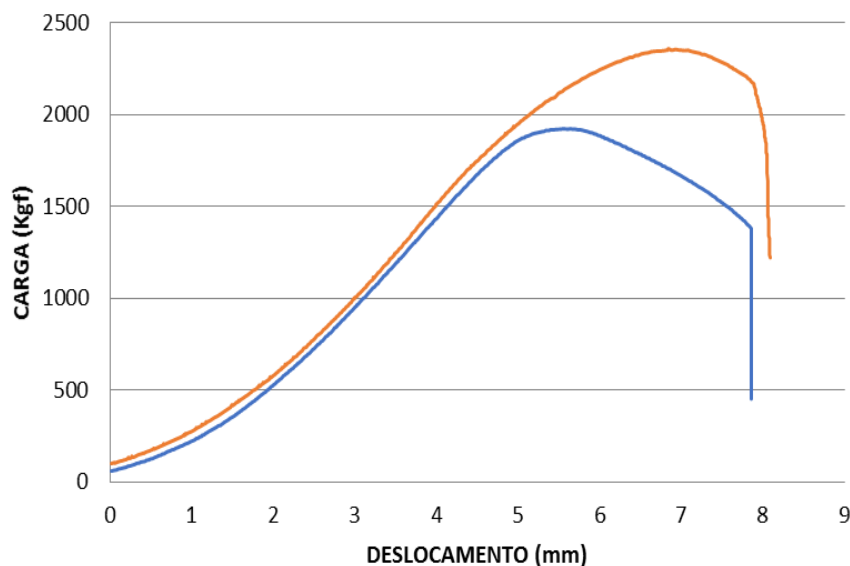


Figura 2. Curva tensão deformação do corpo de prova sem tratamento térmico (linha contínua azul) e com tratamento térmico (linha contínua laranja).

5 CONCLUSÃO

Os ensaios de tração demonstraram que o tratamento térmico aplicado ao aço SAE 1045 elevou significativamente o limite de resistência à tração (985,73 MPa) e o limite de escoamento (959,61 MPa) em relação ao material sem tratamento (665,95 MPa e 664,21 MPa, respectivamente). Entretanto, essa melhoria na resistência foi acompanhada por uma redução do alongamento (7,71% contra 11,94%) e da estrição (28,70% contra 49,59%). Dessa forma, conclui-se que o tratamento aumentou a dureza do material, mas reduziu sua ductilidade e tenacidade, características que devem ser consideradas na seleção do aço conforme a aplicação desejada.

REFERÊNCIAS

Chiaverini, V. (2003). Aços e tratamentos térmicos: Fundamentos e aplicações. 8. ed. São Paulo: ABM.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Materials Science and Engineering: An Introduction. 10th ed. Hoboken: Wiley.

Blaoui, M. M., Mokhtar Zemri, and A. Brahami. "Effect of heat treatment parameters on mechanical properties of medium carbon steel." *Mechanics and Mechanical Engineering* 22, no. 4 (2018): 909-918.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i WALLYSON THOMAS ALVES DA SILVA (Autor 1)



Possui Pós-doutorado em Engenharia Mecânica no Karlsruhe Institute of technology (KIT) na Alemanha em 2025. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Usinagem dos metais. É Professor Adjunto II da Escola e Faculdade SENAI "Roberto Mange" em Campinas - SP.

ii MARCUS VINICIUS BEGOSSI (Autor 2)



Possui graduação em Ciência da Computação pela Faculdade Anhanguera (2000), Especialização em MBA em Gestão de projetos pela ela Faculdade Anhanguera (2009) e Mestrado (2015) em Engenharia da Produção pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Atualmente é Coordenador Técnico da Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". Tem experiência na área de Automação, com ênfase em Gestão de projetos.

iii ALDO ROBERTO PEREIRA (Autor 3)



Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Anhanguera de São Paulo (2010), com especialização em Metodologia de Ensino na Educação Superior pela Uninter (2015), cursando atualmente Mestrado em Solidificação de Metais, Ligas e Compósitos pela Unicamp (2024). Experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em projetos de produtos para indústria automotiva e moldes para injeção de termoplásticos. Atualmente é professor especialista da Faculdade SENAI de Tecnologia, lecionando as disciplinas Projeto de Ferramentas no curso Tecnológico em Fabricação Mecânica.