

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DO AÇO SAE 1045 APÓS TRATAMENTO TÉRMICO.

MICROESTRUTURAL ANALYSIS OF STEEL SAE 1045 AFTER HEAT TREATMENT.

¹LOPES, Carlos Henrique Vaz; ²TORCATO, Gabriel; RIBEIRO, ³Fernando Sabino Fontequê;
⁴FRAGOSO, Kamira Miksza.

^{1à4}Departamento de Engenharia Mecânica – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos - Unifio/FEMM

RESUMO

Os aços podem ser considerados como uma das matérias-primas mais importantes da sociedade devido suas aplicações. Em determinadas situações, é necessário empregar técnicas de tratamento térmico para melhorar as propriedades mecânicas dos aços. O objetivo deste trabalho foi analisar as influências ocorridas no aço SAE 1045 através de tratamentos térmicos como têmpera, normalização e recozimento. 12 amostras foram submetidas aos processos de tratamento térmico e posteriormente preparação para observação das microestruturas obtidas no aço SAE 1045. A identificação da estrutura foi efetuada com base nas características teóricas pretendidas. Os resultados mostraram que houve mudanças consideráveis nas microestruturas do aço junto com variações dimensionais conforme o tipo de tratamento térmico. As microestruturas resultantes apresentaram um comportamento próximo aos conceitos propostos para melhorias nas propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Tratamento Térmico; Aço SAE 1045; Análise Microestrutural.

ABSTRACT

Steels can be considered as one of the most important raw materials in society due to their applications. In certain situations, it is necessary to use heat treatment techniques to improve the mechanical properties of steel. The objective of this work was to analyze the influences that occur in SAE 1045 steel through heat treatments such as quenching, normalizing and annealing. 12 workpieces were submitted to the heat treatment processes and further preparation for observation of the microstructures obtained in SAE 1045 steel. The structure identification was carried out based on the intended theoretical characteristics. The results showed that there were considerable changes in the microstructures of the steel along with dimensional variations according to the type of heat treatment. The resulting microstructures showed a behavior close to the proposed concepts for improvements in mechanical properties.

Keywords: Heat Treatment; SAE 1045 Steel; Microstructural Analysis.

INTRODUÇÃO

Conforme evoluções nos diversos usos dos aços foram observadas que estes materiais apresentavam propriedades mecânicas específicas, porém quando submetidos a processos de aquecimento e resfriamento controlado estas características traziam alterações e mudavam o comportamento do material. (VALE, 2011).

O aço SAE 1045 pode ser classificado com um aço com médio teor de carbono, caracteristicamente possui boa resistência mecânica e resistência a fratura (CHIAVERINI, 1986).

As estruturas que compõem o material são formadas por arranjos atômicos que geram composições estruturais denominadas como células unitárias, comumente em formato cúbico. Esta estruturação cúbica pode ser caracterizada como cúbico de corpo centrado e cúbico de face centrada (CALLISTER, 2002). Os aços são constituídos de ligas ferro-carbono (Fe-C) sendo que a estruturação cúbica sofre transformações devido aos rearranjos atômicos que ocorrem conforme aquecimento e resfriamento (VAN VLACK, 2000).

O tratamento térmico permite modificar as propriedades mecânicas dos aços conforme o tipo de uso e necessidade, sendo comum aumento de dureza ou melhora na ductilidade do material, além de outras melhorias (CHIAVERINI, 2008). Esta mudança nas propriedades mecânicas depende do tipo de processo empregado assim como da temperatura de aquecimento e resfriamento, somado ao tempo de aquecimento, velocidade de resfriamento e condições estruturais do aço (CHIAVERINI, 2005).

As modificações nas propriedades mecânicas dos aços podem ser quantificadas por ensaios específicos como, por exemplo, o ensaio de dureza, mas considera-se também a observação por processo de metalografia permitindo analisar a composição da microestrutura, verificando não só o comportamento do material, mas também o seu arranjo estrutural (COLPAERT, 2008).

Portanto, é possível verificar como as microestruturas do aço SAE 1045 são modificadas nos diferentes processos de tratamento térmico, bem como entender o comportamento do material comparado as condições originais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo, foram utilizadas amostras de aço SAE 1045 trefilada com 30 mm de diâmetro. Posteriormente, no Laboratório de Processo de Fabricação do Instituto Federal do Paraná, campus Jacarezinho, foi efetuado o processo de corte e usinagem nas faces das amostras, obtendo 3 unidades para análise sem tratamento e outras 12 direcionadas para os tratamentos térmicos, ambas 30 mm de diâmetro e 30 mm de comprimento.

Neste Laboratório de Processo de Fabricação, as amostras destinadas a tratamentos térmicos foram aquecidas até 850 °C em forno tipo mufla por período de 1 hora e 15 minutos. O resfriamento foi efetuado considerando três amostras para cada método, ou seja, em ar ambiente, banho em óleo, banho em água e resfriamento no forno.

Foi observada a formação de óxidos nas superfícies das amostras, desta forma verificou-se necessário realizar a remoção destes óxidos com auxílio de uma escova de aço. Outro procedimento necessário foi à verificação das medidas das amostras tratadas para observação dos efeitos prévios, sendo o ensaio realizado no Laboratório de Metrologia do Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos com auxílio de paquímetro e micrômetro, assim por meio desta apuração foi determinado o desvio-padrão dos diâmetros das amostras.

As amostras receberam o procedimento de preparação metalográfica sendo elaborado o lixamento das superfícies seguido posteriormente para polimento destas superfícies com uso de material abrasivo como pasta de diamante. Após a preparação das amostras, estas receberam limpeza e secagem, subsequente ataque químico da superfície polida em solução Nital 2% admitindo corrosão na superfície para destaque da microestrutura. Assim, as análises micrográficas das superfícies foram efetuadas em microscópio ótico com ampliações de 100x, 200x, 400x e 1000x.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das micrografias realizadas, foi possível obter imagens da microestrutura das amostras de aço SAE 1045, conforme o tipo de tratamento térmico realizado. As unidades sem tratamento apresentaram uma estrutura disposta de regiões claras que indicam grãos de ferrita e regiões escuras que designa grãos de perlita conforme demonstrado na Figura 1a, característica esta observada em aços hipoeutetóides e principalmente em aços de médio teor de carbono (COLPAERT, 2008).

Foram observadas nas amostras submetidas ao tratamento térmico de têmpera algumas variações devido ao processo de resfriamento. As amostras resfriadas em óleo (Figura 1b) apresentaram característica martensítica com grãos menores e menos alongados enquanto que nas amostras banhadas em água foram observados grãos alongados e seções com formato de agulhas (Figura 1c),

mas também com definição martensítica, estas condições conforme Nunes (2020), são definidas pela severidade do resfriamento. Como proposto por Chiaverini (2005), neste caso o uso de água no processo de resfriamento é compreendido como mais brusco, enquanto que do óleo pode ser considerado uniforme.

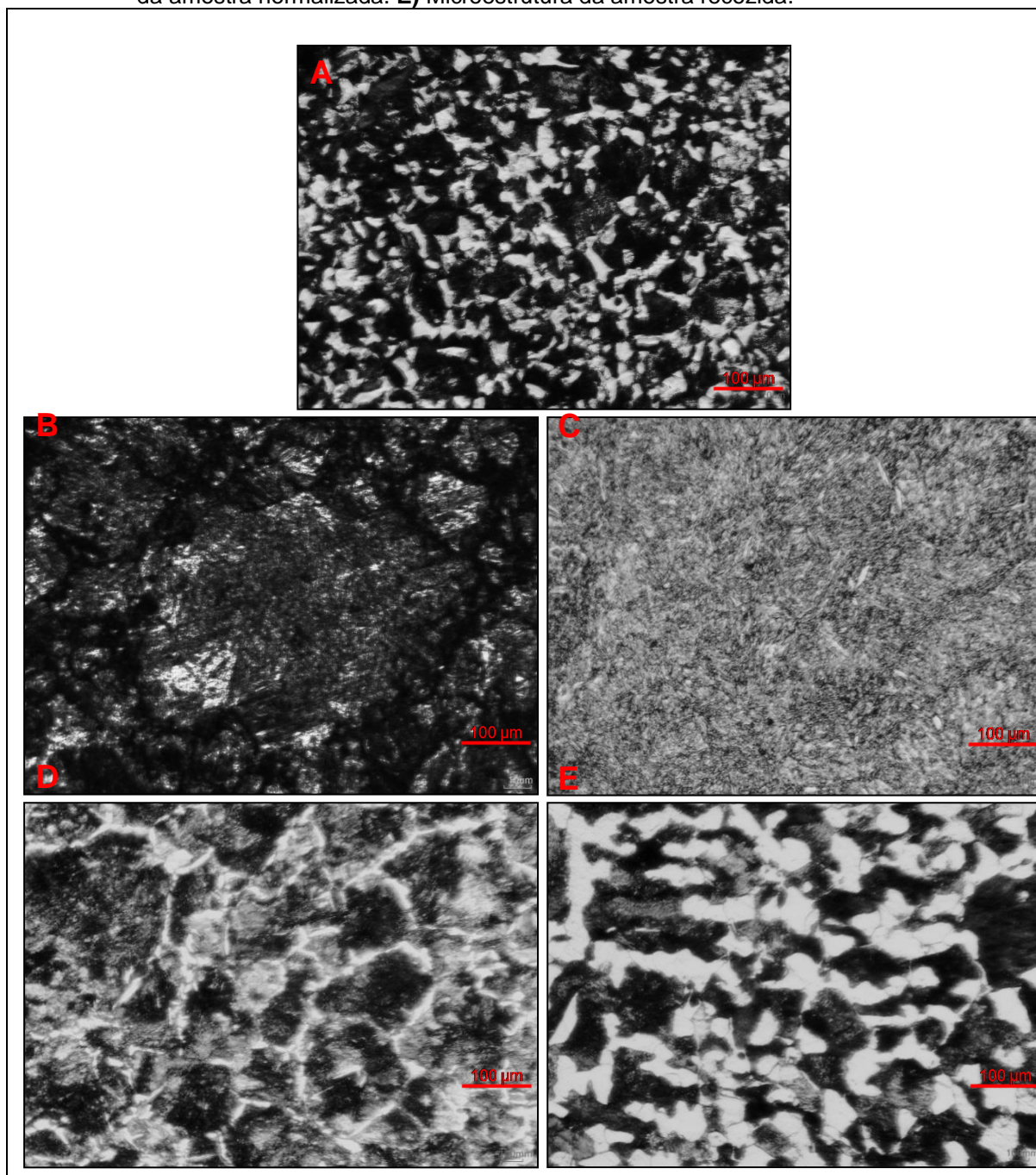
Outra observação feita nas amostras temperadas foi à dificuldade do processo de lixamento na preparação metalográfica, sendo preciso o aumento da granulometria para começar o preparo da superfície adequada ao polimento. Segundo Norton (2013), esta característica é decorrente do efeito de têmpera completa devido a tensões residuais que promovem irregularidades na superfície, assim esta resistência na retirada de material da superfície pode ser considerada como um indicativo de aumento de dureza nas amostras tratadas por têmpera.

Nas amostras submetidas ao tratamento térmico de normalização foi observado que a microestrutura (Figura 1d) apresenta uma composição formada por grãos de perlita laminar (regiões escuras) contornada por grãos de ferrita (regiões claras), caracterizando uma menor concentração de ferrita. Um dos objetivos da normalização é promover o refino da estrutura do material como é proposto por Silva (2021), dissolvendo os carbonetos da composição, a consequência esperada é a melhora da tenacidade e da resistência a tração de materiais como aços.

Na Figura 1e é demonstrada a microestrutura da amostra tratada termicamente no processo de recozimento cujo resfriamento ocorreu no forno. São observadas a formação de ferrita e perlita semelhante ao que ocorre na microestrutura da amostra sem tratamento, entretanto a amostra recozida apresenta uma concentração maior de grãos de ferrita devido ao crescimento destes e grãos perlíticos grosseiros devido a decorrência de resfriamento lento.

Essas observações reforçam as condições propostas por Chiaverini (2005), já que com o tratamento de recozimento é esperado redução de tensões e de dureza no material, apresentando uma tendência a aumento de ductilidade e tenacidade dos aços.

Figura 1 - Micrografia das amostras de aço SAE 1045 com ampliação 200x. **A)** Microestrutura da amostra sem tratamento. **B)** Microestrutura da amostra temperada com resfriamento em óleo. **C)** Microestrutura da amostra temperada resfriada em água. **D)** Microestrutura da amostra normalizada. **E)** Microestrutura da amostra recozida.



A partir da mensuração dos diâmetros das amostras foi possível certificar o diâmetro final das amostras utilizadas no estudo. Disto foram calculados os desvios-padrão de cada amostra demonstrando o comportamento das variações dimensionais. No caso das amostras sem tratamento térmico as medidas ficaram

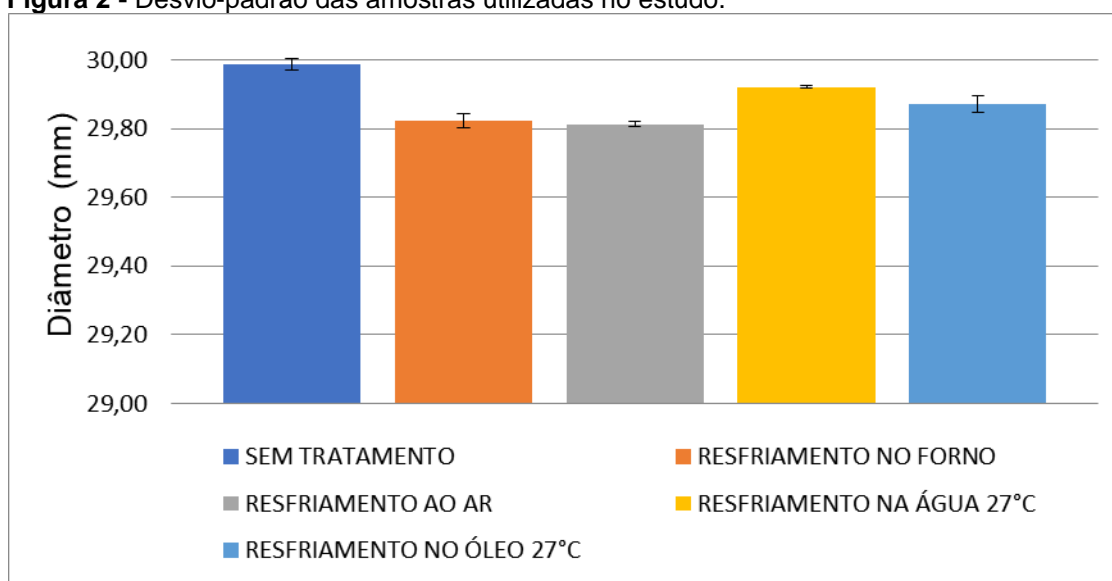
próximas dos 30 mm considerando o desvio-padrão, estas apresentaram menor variação entre as amostras (Figura 2).

Entre as amostras tratadas é observado que as resfriadas em água tiveram uma alteração menor devido ao resfriamento brusco diferentemente do resfriamento no óleo que foi mais uniforme fazendo as amostras constarem uma variação maior que o resfriamento em água. Quanto as amostras normalizadas e recozidas, observações apontaram variação do diâmetro sendo os maiores entre todas as amostras, conforme comparado na Figura 2, sendo este efeito promovido pelo lento processo de estabilização da temperatura promovendo maiores distorções dimensionais nas amostras tratadas por normalização e recozimento. Assim essa influência promove uma redução de até 0,19 mm na normalização e 0,18 mm nas amostras recozidas conforme Quadro 1, considerando os 30 mm de diâmetros adotados como parâmetro.

Quadro 1 - Diâmetro médio e desvio-padrão das amostras.

Tipo de amostra	Diâmetro médio	Desvio - padrão
SEM TRATAMENTO	29,99 mm	0,01678
RESFRIAMENTO NO FORNO	29,82 mm	0,02037
RESFRIAMENTO NO AR	29,81 mm	0,00729
RESFRIAMENTO NA ÁGUA 27 °C	29,92 mm	0,00401
RESFRIAMENTO NO ÓLEO 27 °C	29,87 mm	0,02376

Figura 2 - Desvio-padrão das amostras utilizadas no estudo.



CONCLUSÕES

Por meio deste estudo os resultados dos tratamentos térmicos realizados apontaram para alterações promovidas no aço SAE 1045. Nas amostras temperadas foi observado microestrutura martensítica com leve grau de decarbonetação e aumento de dureza verificada na dificuldade da remoção de material no lixamento. Enquanto nas amostras normalizadas foi identificada estruturação com formação perlítica laminar e em relação ao recozimento, as amostras tiveram composição ferrita com perlita grosseira, assim como também uma variação dimensional de até 0,7% em comparação com as amostras sem tratamento.

REFERÊNCIAS

CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos**. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, 2005.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica: materiais de construção mecânica**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CHIAVERINI, Vicente. **Tratamentos térmicos das ligas metálicas**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, 2008.

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NUNES, Wenslainy Rodrigues. **Caracterização estrutural e microestrutural do aço SAE 1045 submetido a tratamento térmico**. 2020. 55f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) - Instituto Federal Goiano, IFG, Rio Verde.

SILVA, Amanda de Oliveira. **Influência de diversos tratamentos térmicos na microestrutura e dureza do aço 1045**. 2021. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Metalúrgica) - Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza.

VALE, Alan Rafael Menezes do. **Tratamento térmico**. Belém: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), 2011.

VAN VLACK, Lawrence H. **Princípios de ciência dos materiais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.