

Propriedades mecânicas dos materiais: um estudo sobre “a propagação de trincas no aço 5160”

Mechanical properties of materials: a study on “the spread of cracks on steel 5160”

João Gabriel Abreu Bejarano¹
Danilo Carvalho Heiderich²

Resumo

O estudo e análise dos materiais é das áreas mais intrigantes e interessantes da engenharia. Seu desenvolvimento fez com que a sociedade humana pudesse construir inúmeras ferramentas e adaptar coisas de seu uso diário. Tratamentos térmicos foram utilizados desde os primórdios da humanidade para que assim materiais metálicos se tornassem mais rígidos devido à necessidade de lâminas mais duradouras no campo de batalha. Levando em consideração o desenvolvimento desses artifícios para a humanidade, foi realizado um trabalho investigativo sobre a reação das trincas no aço 5160 após o tratamento térmico para que fosse determinado se esse processo poderia ser utilizado para interromper o crescimento da falha.

Palavras-chave: Trinca. Fadiga. Têmpera. Materiais. Aço 5160.

Abstract

The study and analyze of materials is one of the most compelling areas from engineering. Its development made it possible for human society to build numerous tools and adapt things to their daily use. Thermal treatments have been used since the early days of mankind so that metallic materials became more rigid due to the need for longer lasting blades on the battlefield. Taking into account the development of these artifacts for mankind, an investigative work was accomplished on the reaction of the cracks in the steel 5160 after the heat treatment to determine if this process could be used as way to interrupt the failure growth.

Keywords: Crack. Fatigue. Tempering. Materials. Steel 5160.

Data de submissão: 27 de setembro de 2019

Data de aprovação: 28 de novembro de 2019

¹ Aluno do curso de Engenharia Mecânica na instituição Universidade Anhembi Morumbi – UAM. *E-mail*: eng.jgabriel07@gmail.com

² Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Graduado em Engenharia Mecânica pela mesma instituição. Atualmente é Professor de Graduação da Universidade Anhembi Morumbi. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, atuando principalmente nos seguintes temas: Molde, Injeção de Polímero, Moldes Cerâmicos. *E-mail*: eng.heiderich@gmail.com

Introdução

O estudo da área de materiais é de suma importância para um engenheiro. Tal campo tem um papel fundamental no desenvolvimento de projetos, pois a partir de pesquisas, há uma compreensão do comportamento do material.

Na mecânica, é utilizado um grande volume de peças de aço que passaram por tratamentos térmicos diversos, a fim de evitar desgastes e garantir uma alta rigidez. Tais tratamentos tendem a introduzir grandes tensões no reticulado cristalino dos materiais, quando concentradas em um ponto, estas tensões acabam por gerar uma falha volumétrica no material denominado como trinca.

O estudo e análise de trincas, principalmente em materiais de grande temperabilidade como o aço 5160, devido ao alto teor de carbono em sua composição química, são extremamente importantes, a fim de investigar o efeito causado nessas falhas volumétricas, causado pela modificação de propriedades mecânicas dos materiais, como a dureza, devida a aplicação destes materiais em artefatos de uso diário, como lâminas ou barras para diversos fins mecânicos.

1 Materiais e Métodos

1.1 Materiais Utilizados

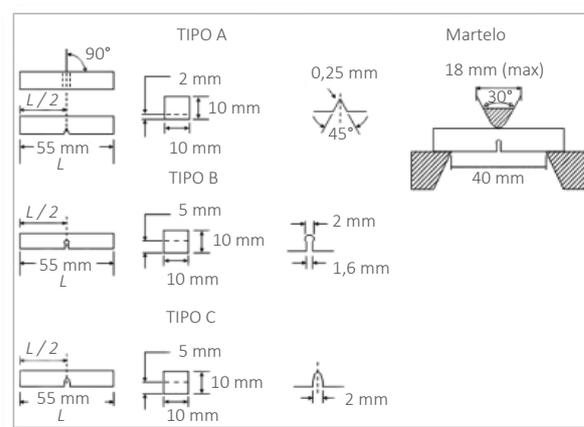
- Chapa de aço 5160
- Máquina para ensaio de Charpy
- Máquina de corte abrasivo
- Forno elétrico mufla modelo ML 1300/20
- Microscópio óptico modelo XSZ-N107

1.2 Métodos

A metodologia adotada para que o experimento de medição de trincas no aço 5160 pudesse ser realizado, foi a do tipo empírica através da coleta de dados.

Os corpos de prova foram moldados a partir da norma ASTM E23, que normaliza o ensaio de impacto conhecido como Charpy. O modelo de amostras utilizadas foi a do tipo “C”, caracterizado na norma anteriormente citada, a FIG. 1 demonstra as diferenças entre os tipos de amostra para ensaio de Charpy. Ao todo, foram fabricados 9 corpos de prova.

FIGURA 1 – Amostras do tipo Charpy



FONTE: ASTM E23 (2019, p. 2)

Para que as primeiras trincas pudessem ser geradas, foi realizado o ensaio de Charpy nas amostras, tal teste consiste em utilizar um pêndulo que terá em sua ponta um martelo de massa conhecida e solta-lo de uma altura também conhecida, determinada pela configuração do equipamento utilizado, a fim de entrar em choque com o material estudado e rompe-lo.

Realizadas as trincas, os cp's foram transferidos para o laboratório de materiais mecânicos presente na universidade Anhembí

Morumbi e colocados no microscópio óptico para a medição inicial das fendas geradas pelo ensaio de Charpy.

Após a primeira medição, os objetos foram colocados em um forno tipo “mufla” presente no mesmo laboratório de materiais e aquecidos por 40 minutos a uma temperatura de 900 graus celcius e resfriados rapidamente em uma mistura de água com sal grosso.

Segundo Vale, o tratamento térmico realizado durante o experimento para a medição de trincas é conhecido como austêmpera, e tem como objetivo introduzir tensões no reticulado cristalino no material estudado, a fim de aumentar sua dureza.

Após a realização do tratamento térmico, os objetos de estudo foram levados novamente até o microscópio óptico, a fim de verificar os efeitos causados pela introdução de novas tensões no reticulado cristalino do aço 5160.

2 Resultados e Discussão

Os resultados encontrados foram satisfatórios, demonstrando bem as capacidades mecânicas do aço escolhido no estudo. O uso da tempera mostrou-se inútil para conter o avanço das trincas, em suma, o uso de tratamento térmico acelerou o processo de avanço das falhas, muitas vezes quase levando a amostra ao seu rompimento. De acordo com Callister e Chawla, tal aumento de trincas ocorre devido à grande concentração das tensões já existentes nas falhas geradas pelo ensaio realizado no balancim e que se tornaram maiores, a partir do momento em que se realizou o processo de tratamento térmico para aumentar a dureza, aumentando o tamanho dos grãos presentes no reticulado

O tratamento térmico realizado durante o experimento para a medição de trincas é conhecido como austêmpera.

cristalino e depois diminuindo os mesmos com o resfriamento rápido em salmoura, fazendo assim com que mais tensões se concentrassem nos cantos vivos presentes nas trincas.

Abaixo estão demonstradas algumas imagens retiradas do ensaio, as Figuras 2 e 3 demonstram 2 dos corpos de prova que foram ensaiados na máquina de Charpy para obter as trincas iniciais.

FIGURA 2 – Trinca “D” – Primeira medição



FONTE: O autor (2019)

FIGURA 3 – Trinca “E” – primeira medição



FONTE: O autor (2019)

As Figuras 4 e 5 demonstram os mesmos corpos de prova ensaiados, porém, após a realização da austêmpera, para que assim possa ser visível o aumento que as falhas sofreram ao passarem pelo processo de tratamento térmico.

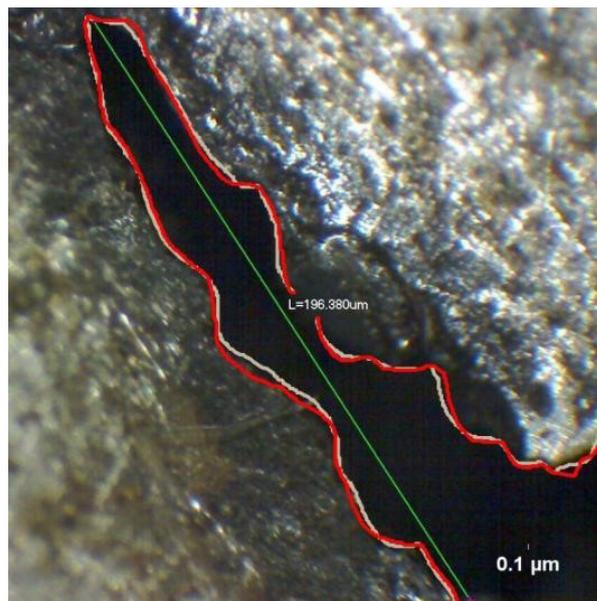
Devido à presença de oxidação que não pôde ser retirada nos dois primeiros corpos de prova apresentados gerada pela têmpera, para realizar a segunda medição foi utilizada vaselina, a fim de se obter um melhor contraste da falha no microscópio óptico.

FIGURA 4 – Trinca “D” pós têmpera – Segunda medição



FONTE: o autor (2019)

FIGURA 5 – Trinca “E” pós têmpera – Segunda medição



FONTE: O autor (2019)

Como pode ser observado, não somente o comprimento da trinca, mas também sua largura foi afetada ao realizar um tratamento térmico para aumentar a dureza do material.

Segundo Callister (2002), este efeito é decorrente do aquecimento até a chamada temperatura de austenitização, que modifica o contorno de grão presente no reticulado cristalino do aço 5160 e ao rápido resfriamento realizado em água com sal grosso, fazendo com que os grãos tornem-se novamente pequenos, fazendo com que a tensão gerada pela rápida compressão dos aços se concentre e acumule nos pontos que já estavam sob pressão, devido a uma abertura anteriormente realizada para que o material pudesse ser ensaiado a partir do comprimento de Charpy.

O reticulado cristalino do material não suporta tanta tensão acumulada, tornando-se mais frágil e propagando a trinca.

A TAB. 1 demonstra os tamanhos iniciais das trincas em comparação com os finais e a sua variação em porcentagem.

TABELA 1 – Resumo das medidas encontradas nas trincas

Comparação das trincas nos corpos de prova			
	Primeira medida (μm)	Segunda medida (μm)	Variação (%)
Trinca A	66,958	269,086	75,11
Trinca B	106,527	202,425	47,37
Trinca C	55,738	275,180	79,74
Trinca D	70,166	130,806	46,36
Trinca E	150,518	196,380	24,37
Trinca F	151,92	232,805	37,74
Trinca G	161,426	266,826	39,5
Trinca H	145,570	227,930	36,13
Trinca I	151,774	239,481	36,62

FONTE: O autor (2019)

Tendo em vista tais aumentos, utiliza-se um cálculo simples de média para que se tenha noção do quanto às trincas aumentaram. A média pode ser calculada através da equação (1).

$$VM = \frac{\Sigma \text{Variações}}{n} \quad (1)$$

Onde:

$\Sigma \text{Variações}$ – Soma das variações encontradas

n – Quantidade de amostras utilizadas no experimento.

Assim, pode-se verificar que a média de aumento para as trincas observadas no experimento é igual a 46,99%, demonstrando que a introdução das tensões no reticulado cristalino apenas fez as falhas se propagarem mais rápido.

Através destes valores obtidos, podemos calcular a variância presente na realização do experimento. Podemos obter tal valor a partir da equação (2).

$$S^2 = \frac{\Sigma (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2)$$

O reticulado cristalino do material não suporta tanta tensão acumulada.

Onde:

x_i – Variação de um corpo de prova específico

\bar{x} – média das variações

n – Quantidade de amostras utilizadas no experimento.

Realizando o cálculo anteriormente citado, encontra-se uma variância equivalente a 0,003%. Pode-se utilizar o valor da variância para encontrar o desvio padrão do experimento, para isso, utiliza-se a equação (3).

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3)$$

Assim obtém-se um desvio padrão com um valor de 0,06% para o experimento realizado.

Conclusão

Por fim, após a realização do experimento e análise dos dados coletados com um crescimento médio de 46,99%, pode-se concluir que o tratamento térmico não ajuda em nada na paralisação ou até mesmo diminuição de trincas presentes no aço 5160, na verdade, o inverso ocorre, após a realização do tratamento térmico, um número maior de tensões se concentra no reticulado cristalino e cantos vivos gerados pelo primeiro ensaio, fazendo com que a trinca se propague com maior facilidade, devido à sobrecarga de tensões provocada pela realização da austêmpera.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials. **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2018.

CALLISTER, Willian D; RETHWISCH Jr. David G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MEYERS, Marc A.; CHAWLA, Krishan Kumar. **Mechanical behaviors of materials**. Nova York: Cambridge University, 2009.

VALE, Alan Rafael Menezes do. **Tratamento térmico**. Belém: IFPA; Santa Maria: UFSM, 2011. Disponível em: <https://www.ufsm.br/unidades-universitarias/ctism/cte/wp-content/uploads/sites/413/2018/12/09_tratamento_termico.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.