ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ENSAIO NA VIDA EM FADIGA DO AÇO SAE 1045

Caroline Gomes de Sá Silva, Reny Angela Renzetti
Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira

Palavras-chave: Aço. ciclo. ensaio. fadiga. temperatura

Introdução

O aço 1045, uma liga de médio teor de carbono, é amplamente utilizado na indústria mecânica devido à sua boa relação entre propriedades mecânicas, como resistência e dureza, e seu custo relativamente baixo. Atualmente, o uso deste material segue relevante em componentes estruturais e mecânicos, como eixos, engrenagens e pinos, especialmente em aplicações que envolvem esforços cíclicos. No entanto, a durabilidade do aço 1045 pode ser afetada por condições ambientais adversas, como variações de temperatura, que influenciam diretamente suas características de fadiga (Courtney, 1990). A compreensão do comportamento do aço em temperaturas elevadas torna-se, portanto, um aspecto crucial para garantir a segurança e a eficiência de componentes sujeitos a esses fatores.

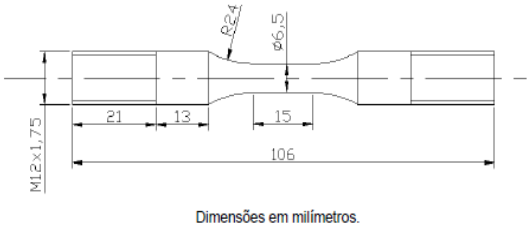
Este trabalho de iniciação científica teve como objetivo investigar o comportamento de fadiga do aço 1045 submetido a diferentes temperaturas (100°C, 200°C e 300°C), buscando entender como estas afetam a resistência do material ao longo de carregamentos ciclos. Além da temperatura, outros fatores têm o potencial de influenciar o desempenho de um material diante da fadiga. A qualidade do acabamento da superfície, dureza, o tamanho e a forma dos grãos, o formato e o tamanho do corpo de prova, o tipo de carga aplicada, o ambiente em que o material está inserido, além de tratamentos térmicos e revestimentos.

Antes dos ensaios de fadiga, o aço foi submetido a uma série de procedimentos. Inicialmente, o aço passou pelo tratamento térmico de normalização para garantir uma microestrutura homogênea. Para verificar a microestrutura, ele foi preparado metalograficamente (lixamento, polimento e ataque químico) que permitiu a observação detalhada da microestrutura do material. Adicionalmente, foram realizados testes de dureza para avaliar as propriedades iniciais do aço 1045.

Metodologia

O material utilizado neste estudo consistiu em um aço carbono comum SAE 1045 comercial, inicialmente disponibilizado em forma de barra cilíndrica, o qual é um aço com concentração de 0,45%p. de C. Para realização da pesquisa foi estimada a necessidade de 16 peças, considerando eventuais desvios que poderiam acontecer durante os ensaios de fadiga e tração, por isso. As peças passaram pelo tratamento térmico de normalização, o qual foi realizado no *forno para tratamento térmico mufla à vácuo - FLVC 1300*. O forno atingiu a temperatura de 900°C, onde as amostras permaneceram por 30 minutos e foram resfriadas ao ar. Posteriormente, as peças foram usinadas com dimensões mostradas na Figura 1.

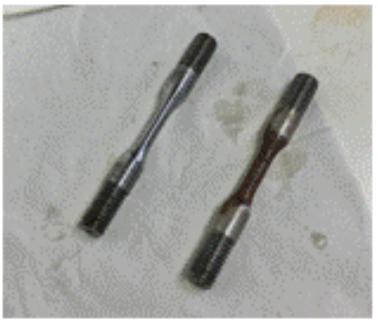
Figura 1: Desenho esquemático do corpo de prova, com as dimensões em mm, para o ensaio de fadiga.



(Deivyson, 2019)

Na usinagem, obteve-se a padronização das amostras, para desempenhar um papel crucial na garantia da precisão e confiabilidade durante os testes. Depois da usinagem, o corpo de prova foi lixado e polido. Esses processos são fundamentais para assegurar que a superfície do corpo de prova seja uniforme e homogênea, eliminando irregularidades como arranhões, rebarbas e deformações superficiais que podem alterar as propriedades de superfície e interferir nos resultados dos testes. Superfícies irregulares podem causar variações nos dados, dificultando a interpretação e a comparação dos resultados. Assim, a Figura 2 mostra os metais já usinados e a diferença entre peça lixada e a outra com sua superfície desgastada. Os ensaios de fadiga foram realizados nas temperaturas de 100, 200 e 300°C com amplitude de deformação de 0,8% e raio de deformação de -1. Para o ensaio foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca MC, modelo WDW-300E (capacidade de 100kN) e um extensômetro. Para o aquecimento das peças, foi utilizado um sistema indutivo desenvolvido no trabalho do Deivyson em 2019. Para cada temperatura foram realizados dois ensaios e foi utilizado um valor médio nos resultados.

Figura 2: Corpos de prova para o ensaio de fadiga após antes (à direita) e após (à esquerda) o processo de lixamento.



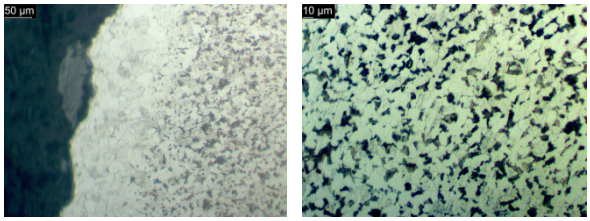
Um das peças normalizadas foi cortada para a caracterização da microestrutura. Depois desse processo, deu-se início a preparação metalográfica. A amostra foi embutida e foi realizado o processo de lixamento da superfície. Para o polimento, a amostra foi limpa com água e polida com sílica coloidal em pratos giratórios com panos especiais. E então, a superfície da amostra foi atacada quimicamente (solução de nital 3% v/v), assim, a microestrutura da amostra ficou visível em um microscópio óptico da marca Opton. Medidas de dureza Vickers foram realizadas no microdurômetro da marca Wilson modelo 402 MVD com carga de 300 gf.

Resultados e discussão

O ensaio de dureza foi realizado na parte central da amostra e na borda. Foram retirados 10 valores, e para o resultado final obteve-se uma média, essa última, apresentou um valor de dureza de 156 HV. Já na borda, o valor foi de 108. Essa diferença de valor pode ser explicada quando se analisa a microestrutura das regiões analisadas, Figura 3. Na superfície da peça, Figura 3a, nota-se

uma boa quantidade de ferrita (região clara) em comparação à de perlita (região escura), consequência. A grande presença de ferrita na superfície da peça ocorreu devido à descarbonetação sofrida pelo aço durante o tratamento térmico. Com isso, a superfície do aço perdeu carbono para a atmosfera e uma menor quantidade de perlita foi gerada nessa região, resultando em uma superfície macia e de fácil manuseamento. Também, é notória a distribuição dos grãos uniformes devido ao tratamento térmico de normalização, Figura 3b. Vale destacar que a parte descarbonetada da peça foi removida durante a usinagem para a obtenção do corpo de prova.

Figura 3: (a) região da borda do corpo de prova e (b) Imagem ampliada do centro da peça.

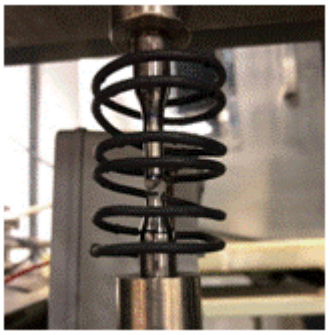


(a) (b)

Como teste final, o ensaio de fadiga é um teste essencial para avaliar a resistência de um material ou estrutura a ciclos repetidos de carregamento. Ele é projetado para simular as condições de carga que um material ou componente enfrentará ao longo de sua vida útil. Neste caso, foi utilizado o método de fadiga tração-compressão, onde cargas e descargas são geradas perpendicularmente à amostra. Neste caso, a amplitude de carga aplicada é um dos principais fatores. Cargas mais elevadas geralmente resultam em uma redução no número de ciclos que o material pode suportar antes da falha, devido ao aumento das tensões máximas e mínimas experimentadas pelo corpo de prova durante o ensaio. Para isso, o equipamento usado é composto por um sistema eletromecânico para aplicar a força de tração e compressão ao corpo de prova, esses motores são fixados por rosca para aplicar a carga.

Nas extremidades do corpo de prova, o equipamento é equipado com garras, Figura 4. O sistema de medição e controle inclui células de carga, que medem a magnitude da força aplicada, e extensômetros, que monitoram as variações dimensionais do corpo de prova. O controle e aquisição de dados registram as medições e permitem a análise dos resultados em tempo real, com a geração de gráficos e relatórios.

Figura 4: Corpo de prova rompido envolvido pela bobina utilizada para fazer o aquecimento indutivo



A Tabela 1 mostra os valores médios do tempo total de ensaio, do número total de ciclos até a ruptura e da carga máxima aplicada obtidos durante o ensaio realizado nas três temperaturas.

Tabela 1: Valores obtidos com os ensaios de fadiga nas temperaturas de 100, 200 e 300°C.

	100°C	**200°C**	**300°C**
Tempo total do ensaio (s)	11.509.745	5.246.995	5.452.120
Vida em fadiga (ciclos)	767.316	334.022	254.798
Carga máxima positive (kN)	10,5	12,5	10,9

Nos ensaios realizados a 100°C, não houve evidências significativas de degradação microestrutural ou fenômenos de oxidação. O número de ciclos até a falha foi o mais alto e a carga máxima foi a de menor valor.

A 200°C, os resultados mostraram uma redução no número de ciclos até a falha. A temperatura acelerou o processo de trinca, levando a um início mais precoce da nucleação de microfissuras e isso resultou em uma redução significativa no número de ciclos até a falha. Em comparação ao ensaio de 100°C, observou-se também a queda no tempo total. Além disso, houve um aumento na carga máxima aplicada. A oxidação superficial foi nítida, mas não quanto ao ensaio de 300°C, o que contribuiu para nucleação e a propagação de fissuras, o que reduziu drasticamente o número de ciclos que o material suporta antes de falhar.

Conclusões

Com base nos resultados dos ensaios de fadiga a 100°C, 200°C e 300°C, conclui-se que o processo de tratamento térmico, acabamento e temperatura no ensaio impactam diretamente e significativamente sobre o comportamento do aço 1045. À medida que a temperatura aumenta, o número de ciclos para o material romper diminui, sendo a queda mais acentuada nas faixas de 200°C e 300°C. O material testado apresentou uma vida útil boa a 100°C.

Esses resultados indicam que, para aplicações em que os componentes são submetidos a temperaturas superiores a 200°C, é necessário considerar materiais com maior resistência à oxidação e maior capacidade de suportar ciclos de carga em temperaturas elevadas. O comportamento observado nesses ensaios reforça a importância de ajustar o design e a seleção de materiais de acordo com as condições operacionais para garantir a integridade estrutural e a longevidade dos componentes submetidos a ciclos térmicos e mecânicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o auxílio técnico do Deivyson Augusto Pereira e a concessão da infraestrutura pela UNIFEI. Caroline Gomes de Sá Silva agradece ao CNPq pelo suporte financeiro (bolsa PIBIC).

Referências

PEREIRA, Deyvison. Desenvolvimento e construção de um sistema de aquecimento indutivo para ensaios de fadiga isotérmica de baixo ciclo em ligas ferrosas. 2019. [Universidade Federal de Itajubá]

COURTNEY, T. H. Mechanical Behavior of Materials. McGraw Hill, 1990.