



ANÁLISE DE FALHA POR FADIGA DE EIXO MEDIANTE PROCESSO DE SOLDAGEM

José A. P. V. Santos¹, Iris S. Santos¹, Matheus. M. Reis¹, Ihana G. C. Jesus¹, Brenno L. Nascimento¹ e Sandro Griza^{2*}

1 - Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE.

2 - Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Avenida Marechal Rondon, Rosa Elze, São Cristóvão, CEP 49100-000, SE.

Joseantonio.gui@hotmail.com

RESUMO

O processo de soldagem busca a união de peças, sendo alguns desses processos por aquecimento e fusão. Apesar da soldagem promover efetiva união entre as peças, em contrapartida, a mesma pode resultar em alterações microestruturais que comprometem a integridade e resistência do componente. Nesse cenário, o estudo em questão analisou a falha de um eixo a partir da inspeção visual da peça, análise química, metalografia e dureza. Os resultados indicaram que o eixo foi fabricado em aço carbono AISI 1045 e microestrutura ferrítica com carbonetos característicos de cordão de solda. A diferença microestrutural induzida pela rápida taxa de resfriamento pós soldagem favoreceu a formação de martensita, o que gerou regiões com durezas distintas, aliado a defeitos de deposição de solda juntamente com poros grosseiros. Ademais, essas regiões juntamente com a porosidade da solda reduziram a resistência à fadiga, o que promoveu o surgimento de fissuras e resultou na falha por flexão repetida.

Palavras-chave: Eixo. Aço carbono. Solda. Análise de falha. Fadiga.

INTRODUÇÃO

O eixo pode ser conceituado como um componente das máquinas que possui a capacidade de rotacionar por ser sustentado por mancais e rolamentos. Dentro dos equipamentos, possui como objetivo transmitir energia cinética que acabará gerando torque. Usualmente, esses elementos possuem uma geometria cilíndrica e podem ter seu preenchimento de forma sólida ou vazada. Os eixos são dimensionados seguindo critérios importantes para a sua utilização no dia a dia, sendo eles: a tensão ou deformação. ⁽¹⁾

O dimensionamento e a projeção dos eixos devem acontecer prevendo que as deflexões possam estar dentro de uma faixa consideravelmente aceitável, e ainda assim, suportar esforços mecânicos como tração e flexão (limite de escoamento, limite de elasticidade e deflexões laterais excessivas) ⁽¹⁾.

A soldagem é um fenômeno cujo objetivo principal é unir duas peças ou mais, assegurando que na região juntada da solda venha a acontecer a continuidade das propriedades físicas,

metalúrgicas e químicas. Por ser um processo muito utilizado a nível industrial, existem diferentes técnicas, agrupamentos e subclassificações para a soldagem dos materiais e as mesmas são reconhecidas pela American Welding Society (AWS).⁽²⁾

A solda, apesar de ser efetiva na união, pode tornar-se um ponto susceptível a falha. As falhas por fadiga nos eixos podem ser subdivididas em três, sendo elas: fadiga por torção, fadiga por flexão e fadiga axial. O primeiro tipo de fadiga, também chamado de fadiga torcional, acontece como resultado da mudança de um torque.⁽¹⁾

A fadiga por flexão surge quando há carregamentos unidirecionais, carregamentos reversos e rotações e a flexão irá se diferenciar justamente por causa da aplicação dos diferentes carregamentos. Quando a flexão é unidirecional, a tensão é a mesma ao longo de todo comprimento e acontece a mudança de magnitude sem modificar o sinal algébrico, todavia, na flexão de carregamentos reversos e rotacionais, há uma mudança de tensão ao longo de qualquer ponto, ou seja, mudança algébrica ciclicamente, indo de tensão positiva para negativa (compressiva) ou ao contrário. Por fim, no último tipo de fadiga, fadiga axial, é possível perceber que ela é resultante da aplicação de carregamentos alternados, ou seja, tensões e compressões.⁽¹⁾

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para desenvolvimento da pesquisa foi um eixo cujo plano de fratura está ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Superfície de fratura do eixo.

Para caracterização metalúrgica foi realizada análise visual, a fim de verificar e identificar o mecanismo de fratura, análise química, microestrutural e microdureza. A análise química para identificar a liga foi conduzida em espectrômetro de emissão ótica (Oxford, Foundry Master Xpert). Para tal realizou-se seis queimas e o resultado compreendeu a média dos teores dos elementos químicos obtidos. Uma amostra metalográfica longitudinal, perpendicular a região de início da falha, foi utilizada para análise microestrutural e microdureza. A amostra foi preparada conforme procedimento padrão de lixamento e polimento e atacada com reativo de Nital 2%. A metalografia foi obtida através de microscópio óptico (Zeiss Axio Scope A1). Os ensaios de microdureza foram conduzidos na escala Vickers com carga de 1kg (microdurômetro Future Tech FM 800) e para os resultados foi considerado média aritmética das medições realizadas em região microestrutural distinta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química apresentada na Tabela 1 indica que o aço contém teor de carbono de 0,43%, podendo ser classificado como aço ao carbono AISI 1045.

Tabela 1: Composição química do núcleo do eixo (% peso).

C	Si	P	S	Mn	Mo	Cu	Cr	Ni
0,43	0,3	<0,005	<0,005	0,75	0,18	0,25	0,85	0,12

A macrografia da região analisada permitiu avaliar a morfologia de fratura (Figura 2).



Figura 2: Macrografia da fratura do eixo, indicando morfologia de fadiga por flexão repetida. A seta indica o lugar onde nucleou a falha.

A fratura iniciou em um lado do eixo, caracterizada por diversas marcas de catraca (pequenas marcas radiais partindo da superfície). A fratura propagou por fadiga abrangendo uma grande superfície lisa, até atingir a pequena zona de fratura final, de maior rugosidade, oposta a região de início. A morfologia indicou que o eixo rompeu por fadiga devido a flexão repetida, cuja tensão alternante era baixa (alto coeficiente de segurança para carga monotônica), mas suficiente para permitir a nucleação da fadiga (carga cíclica).

Na lateral da região indicada como início da fratura (Figura 2), foi feito um ataque químico com Nital 2% após lixamento de 600 Mesh, o qual indicou distinta tonalidade (Figura 3).



Figura 3: Vista lateral da região de início da fratura, onde observam-se evidências de descontinuidade longitudinal na superfície do eixo.

A análise microestrutural em plano perpendicular passando pela origem da falha, indica microestrutura constituída de uma camada de ferrita acicular e carbonetos, típica de cordão de solda depositado sobre a superfície do eixo (Figura 4). Esta camada apresenta pouca aderência ao metal do eixo (Figura 5.1), além de apresentar ao longo de sua formação alguns defeitos de porosidade de solda preenchidos por óxidos (Figura 5.2).

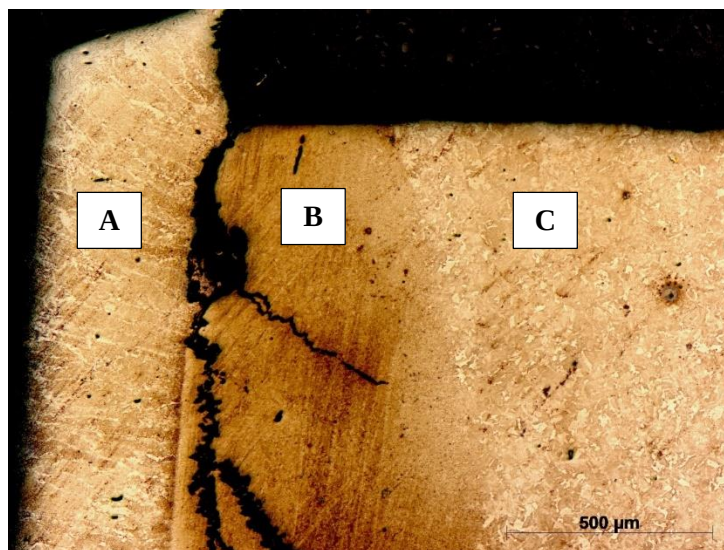


Figura 4: Camada de grãos aciculares de ferrita e carbonetos dispersos (A) sobre o substrato transformado em baixa temperatura (B). Trincas ramificadas ocorrem a partir da região de início da falha, progredindo para o substrato martensítico. Em (C), microestrutura do núcleo do eixo formada por ferrita proeutetóide em rede ao redor de perlita.

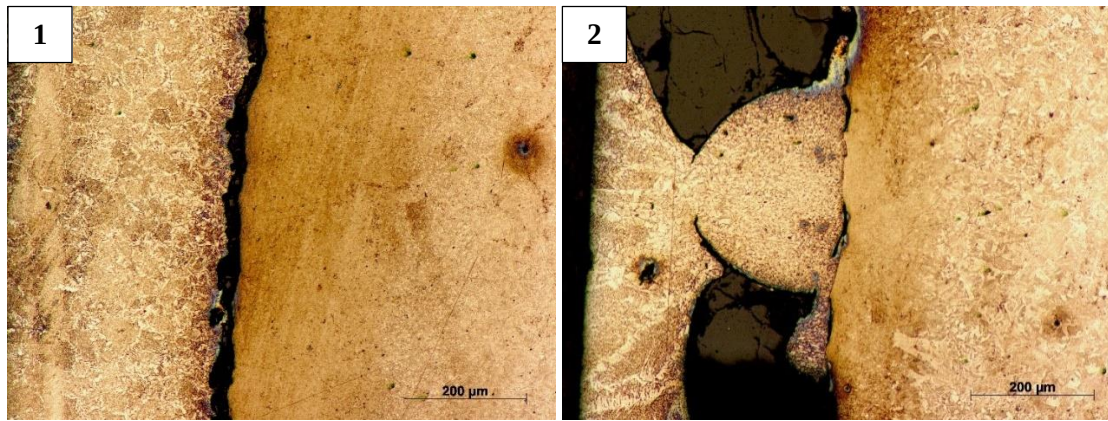


Figura 5: zona de ausência de deposição do cordão de solda sobre o eixo (1) e poros repletos de óxidos no cordão de solda (2).

O eixo também sofreu transformação martensítica a baixa temperatura devido ao aporte térmico da solda em camada logo abaixo da solda (Figura 4 e 5.1). Além disso observam-se trincas ramificadas progredindo nesta camada a partir da região de início da falha (Figura 4). A microestrutura do núcleo é formada por ferrita próeutetóide circundando perlita fina. As Figuras 6 a 8 apresentam em detalhe as microestruturas das três regiões determinadas.

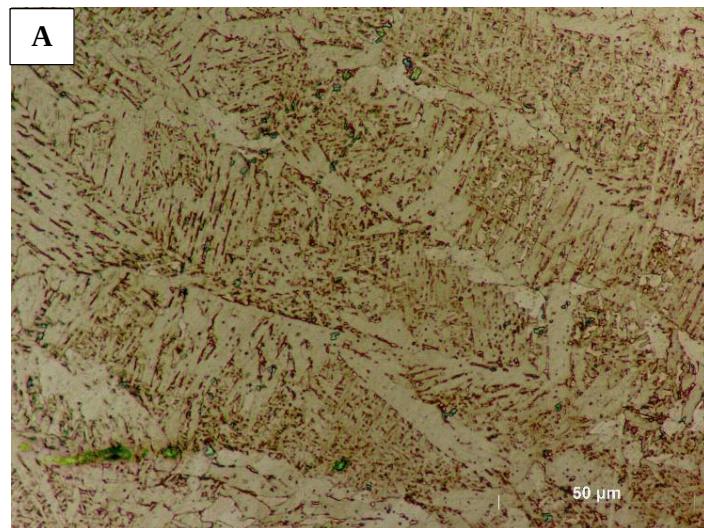


Figura 6: Grãos de ferrita acicular contendo carbonetos dispersos da solda.

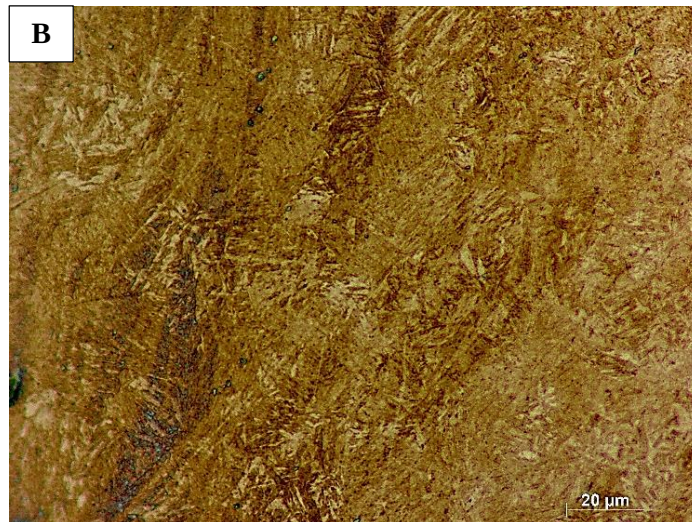


Figura 7: Microestrutura transformada a baixa temperatura devido ao aporte térmico logo abaixo da solda, na superfície do eixo, composta por placas e agulhas de martensita.

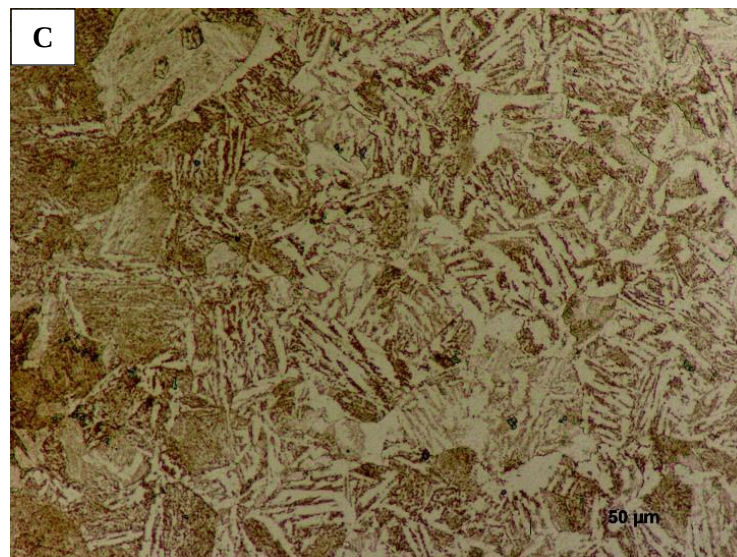


Figura 8: Microestrutura do núcleo do eixo composta de ferrita próeutetóide delineando grãos transformados em perlita.

A dureza média encontrada na região A foi de 218 HV₁, região B 425 HV₁, região C 243 HV₁.

CONCLUSÕES

O eixo foi fabricado a partir de aço ao carbono (AISI 1045) no estado recozido para dureza de 243 HV. O eixo recebeu camada de solda sobre sua superfície (para reparo ou para proteção a corrosão). A soldagem resultou em camada de menor dureza, 218 HV, além de promover a transformação a baixa temperatura do substrato (martensita) que apresentou dureza de 425 HV. Defeito de deposição da solda e poros grosseiros na solda foram verificados. O processo de solda empregado reduziu a resistência a nucleação de fadiga do eixo, o que levou a falha devido a solicitações de flexão repetida.

AGRADECIMENTOS

Capes e CNPQ pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

1. **Dissertações e teses:** MONTEIRO, Fernando Luiz. **Análise de Falhas em Eixo de Laminadora.** 2004. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica na Área de Projetos e Materiais, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2004.
2. ALVES, Sérvulo José Ferreira. **ESTUDO DOS FUMOS E GASES GERADOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM GAS METAL ARC WELDING (GMAE) EM DUAS EMPRESAS DO SEGMENTO METAL MECÂNICO DE PERNAMBUCO.** 2016. 99 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016

AXIS FATIGUE FAILURE ANALYSIS THROUGH WELDING PROCESS

ABSTRACT

The union search attempt process, submitting some processes by parts. The adhesion guarantee is effective as parts, although, on the other hand, it can result in damage between the structure and the strength of the component. In that case, the study in question the question from the visual metal analysis of the analysis, and durability. The results indicate that the shaft was manufactured in 104 carbon steel and ferritic microstructure with carbides characteristic of weld bead. The difference in post-structuring protection is fast due to the formation of post-structure protection margins, which generated the resistance with different resistances, increased to promote the post-structure welding position with coarse pores. In addition, changes also occurred with the failure of the resistance to fatigue strength or the change that resulted in the failure of the resistance to fatigue strength.

Keywords: Axle. Carbon steel. Solder. Failure analysis. Fatigue.