

ANÁLISE DE FALHA DE EIXO OVO USADO NA PRODUÇÃO DE CIMENTO *

Renan Celestino Silva Santos¹
Mateus Mariano da Silva Reis²
Lucas Silva Fontes³
Isaú de Souza Alves Junior⁴
Abraão Santos Silva⁵
Príscylla Ferreira dos Santos⁶
Sandro Griza⁷

Resumo

No presente estudo foi analisada a falha de um eixo utilizado para transmissão de torque em moinhos de minérios. Foram aplicadas as técnicas de análise de superfície de trinca, metalografias, análise química e ensaios de microdureza. A trinca iniciou em uma ranhura junto ao canto entre o diâmetro interno e a face do tubo que constitui o eixo ovo. Esta ranhura pode ser decorrência de esmerilhamento localizado ou soldagem. Ocorreu transformação microestrutural de martensita devido ao aporte térmico no local da ranhura, o que fragilizou o material e favoreceu o trincamento. O processo de recuperação por soldagem na região da trinca é uma alternativa para estruturas de grande porte e de difícil substituição, apesar de que salientamos que a recuperação dificilmente produzirá as mesmas propriedades mecânicas do eixo original.

Palavras-chave: Análise de falha, Cimento, Fadiga, Fratura.

ANALYSIS OF EGG AXIS FAILURE USED IN CEMENT PRODUCTION

Abstract

In the present study, the failure of an axis used for torque transmission in ore mills was analyzed. The techniques of crack surface analysis, metallography, chemical analysis and microhardness tests were applied. The crack began in a groove near the corner between the inner diameter and the face of the tube constituting the egg axis. This groove may be a result of localized grinding or welding. Microstructural transformation of martensite occurred due to the thermal contribution at the groove site, which weakened the material and favored cracking. The recovery process by welding in the crack region is an alternative for large structures and difficult to replace, although we emphasize that the recovery will hardly produce the same mechanical properties of the original axis.

Keywords: Failure analysis, cement, fatigue, Fracture.

¹ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (P2CEM), Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.

² Graduando, Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.

³ Graduando, Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.

⁴ Graduando, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil

⁵ Mestre, Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.

⁶ Graduado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.

⁷ Graduação em Engenharia Mecânica; Mestrado em Engenharia de Minas; Metalúrgica e de Materiais; Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Professor adjunto 3, Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de fratura é agravada pelo alto desempenho que se procura dar às estruturas e componentes mecânicos modernos.

O eixo ovo é um componente mecânico clássico, muito utilizado para transmissão de torque para moinhos de minérios. Os eixos podem sofrer danos por desgaste ou fadiga resultando respectivamente em perda de tolerância dimensional e em fraturas, e por transformações microestruturais principalmente por aporte térmico [1].

Diversos casos de falhas em eixos mecânicos são encontrados na literatura [1,2,3,4] o que mostra a importância de se realizar estas análises para evitar falhas durante a realização dos serviços evitando assim perdas na produção ou até acidentes.

Este estudo tem como objetivo caracterizar o material de fabricação e analisar a superfície da trinca de um eixo utilizado na produção de cimento.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Foram obtidas imagens macroscópicas da peça através de câmera fotográfica (Canon 1000D) e microscópio estereoscópico (Zeiss Stemi2000). A superfície da trinca foi atacada com reativo de Clarck ($\text{HCl} + 50 \text{ g/l Sn}_2\text{Cl} + 20 \text{ g/l de SbCl}_3$) a fim de retirar a camada de óxidos e permitir a análise dos mecanismos da trinca. A análise microestrutural foi realizada em plano de corte oblíquo do segmento, passando pela região do canto do tubo onde iniciou a trinca, assim como indicado pela seta branca na Figura 1. A amostra metalográfica foi preparada de acordo com procedimento padrão de lixamento e polimento e foi atacada com reativo de Nital 2% (ácido nítrico 2% diluído em álcool etílico). As imagens foram obtidas através de microscópio óptico (Leica DM2500M). A análise química foi realizada por espectrometria de emissão ótica (Oxford, Foundry Master Xpert), através de cinco queimas em amostra devidamente preparada e o resultado foi expresso pela média dos teores dos elementos obtidos pelas cinco queimas. Foram realizados ensaios de microdureza (microdurômetro Future Tech FM 800) na amostra metalográfica. As

medições de microdureza Vickers foram realizadas através de 3 impressões com carga de 1kg.

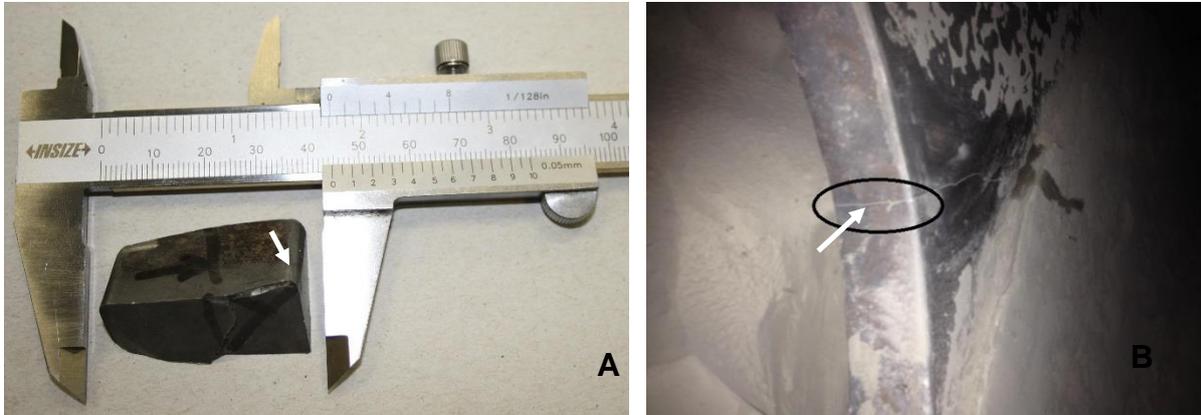


Figura 1. Segmento do eixo ovo (A) extraído por corte junto a face trincada da estrutura tubular (B) fornecido para análise. As setas brancas determinam a correspondência entre a posição do segmento cortado e o tubo, indicando a origem da trinca. As linhas escuras sobre a imagem do segmento indicam os planos de corte efetuados para as análises.

2.2 Resultados e Discussão

A análise macrográfica da superfície da trinca mostra que esta iniciou no canto entre o diâmetro interno e a face do tubo e propagou por fadiga no plano longitudinal do tubo (Figura 2). Marcas de catraca indicam que a trinca iniciou junto ao canto, onde foi detectado um risco (ranhura) de profundidade de cerca de 1 mm. É possível verificar marcas de praia de fadiga que são linhas elípticas convergindo para a região do canto. As marcas de praia indicam propagação da trinca devido a carga cíclica.



Figura 2. Macrografia da superfície da trinca. A seta branca indica as marcas de catraca coincidindo com uma ranhura junto ao canto onde iniciou a fadiga. As marcas de praia são indicativo de propagação cíclica da trinca e consistem em linhas elípticas assim como indicado pela seta preta.

A metalografia do plano oblíquo passando pela origem da trinca (ranhura no canto entre o diâmetro interno e a face do tubo) mostra que ocorreu transformação de microestrutura por aporte térmico, provocando transformação martensítica localizada (Figura 3). As Figuras 4 a 6 mostram em detalhe a microestrutura martensítica que contém ainda rede de ferrita livre nos contornos de grão. A microestrutura original da chapa identificada após esta região localizada de transformação é constituída das fases ferrita pró-eutetóide e perlita, alinhadas segundo a direção de laminação da chapa (Figuras 7 e 8). A microdureza encontrada na região de transformação microestrutural foi de $377 HV_1$, decrescendo para a microdureza média de $153 HV_1$ (desvio padrão de $5,6 HV_1$) do núcleo. A análise química (Tabela 1) relevou que o eixo ovo foi fabricado através de aço de baixo carbono, podendo ser classificado como aço AISI 5132 ou Din 12Mn5.

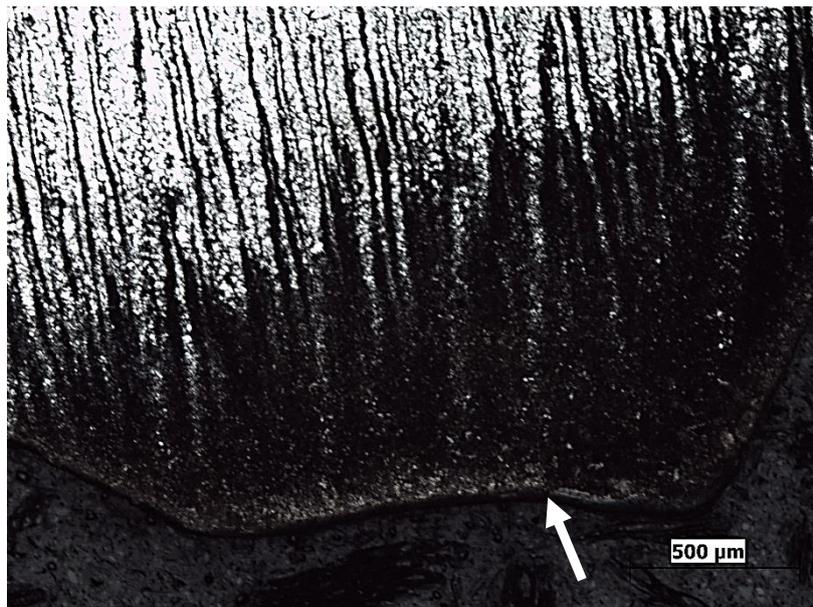


Figura 3. Metalografia de plano de corte oblíquo ao início da trinca coincidindo com uma ranhura no canto entre o diâmetro interno e a face do tubo (indicado pela seta branca) mostrando transformação de fase localizada induzida por aporte térmico (região escura) seguida da microestrutura original da chapa (região clara).

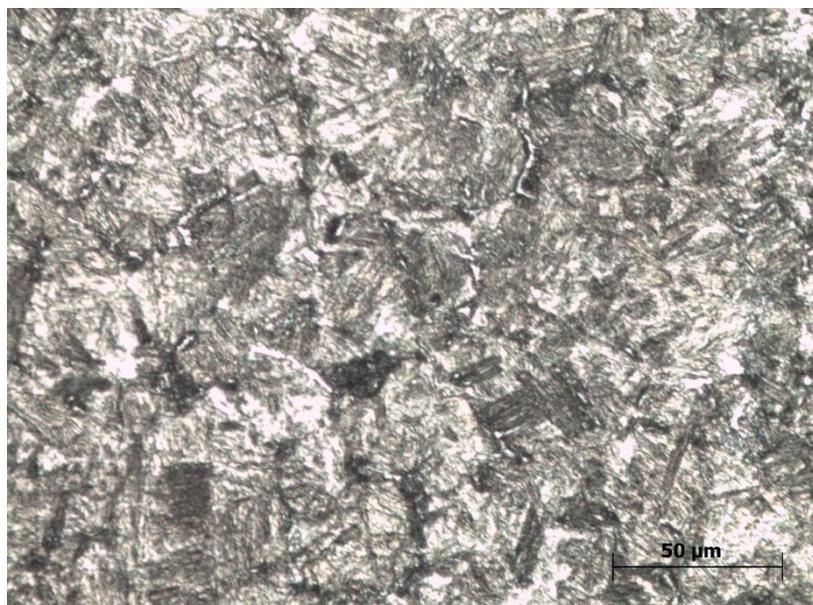


Figura 4. Microestrutura da região transformada no início da trinca, formada por grãos de martensita de baixo carbono e rede de ferrita livre nos contornos de grão.

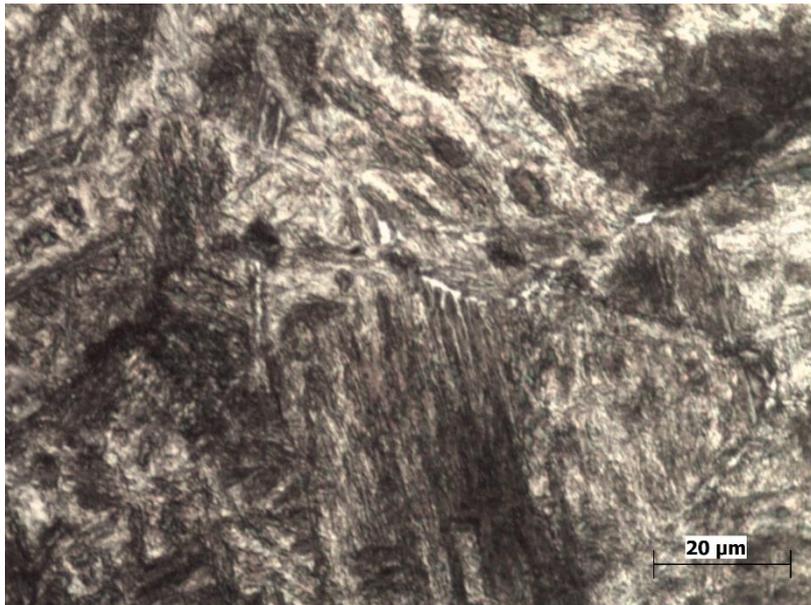


Figura 5. Microestrutura da região de início da trinca vista em maior detalhe, identificando os grãos de martensita de baixo carbono (fase escura) e rede de ferrita livre nos contornos de grão (fase branca).

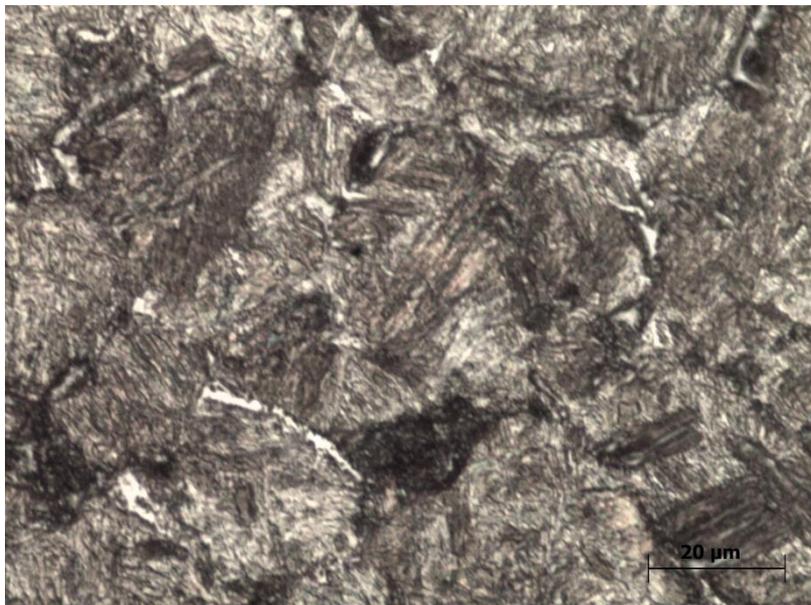


Figura 6. Microestrutura formada por grãos de martensita e rede de ferrita livre nos contornos de grão.

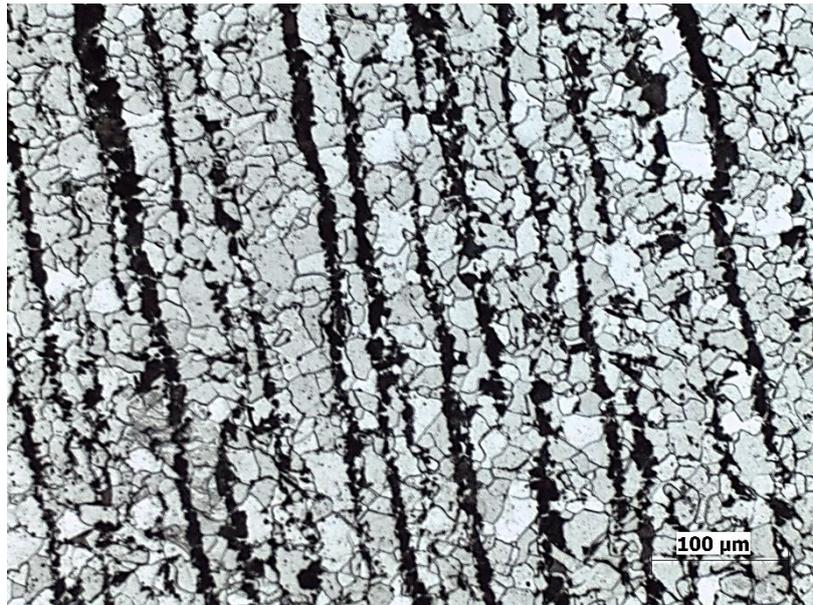


Figura 7. Microestrutura da chapa de fabricação do tubo, formada por matriz de ferrita pró-eutetóide (fases claras) e perlita (linhas escuras) alinhadas no sentido da laminação da chapa.

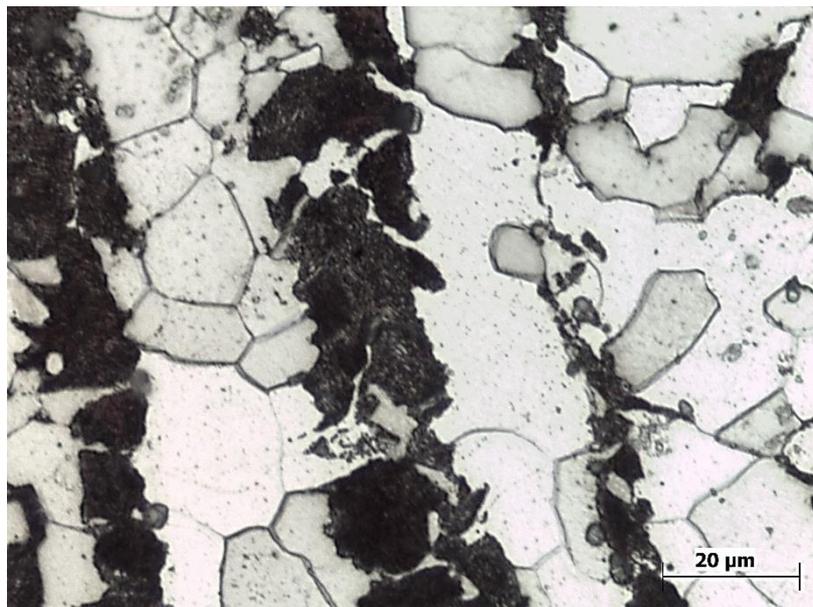


Figura 8. Microestrutura em maior detalhe mostrando a matriz de ferrita pró-eutetóide e perlita alinhadas no sentido da laminação da chapa. A natureza lamelar da perlita pode ser observada.

Tabela 1. Composição química do aço.

Elementos	C	Si	Mn	P	S
Eixo ovo	0,18	0,22	1,20	0,018	0,0036
12 Mn 5 Din	0,15	0,15-0,50	1,70	0,035	0,035
AISI 1522	0,18-0,24	0,10-0,35	1,1-1,6	0,04	0,04

A trinca detectada no tubo que constitui o eixo ovo ocorreu por processo de propagação de fadiga devido as solicitações cíclicas em serviço. A fadiga nucleou em uma ranhura de cerca de 1 mm de profundidade junto ao canto entre o diâmetro interno e a face do tubo. A microestrutura nessa região foi transformada em martensita por aporte térmico, apresentando dureza de 377 HV1, o que favoreceu a nucleação da fadiga, uma vez que fragilizou localmente a liga. A ranhura e a transformação martensítica correspondente podem ser decorrentes de algum procedimento de esmerilhamento agressivo e localizado ou algum processo de soldagem.

O aço utilizado para a fabricação do eixo ovo é de baixo carbono (AISI 1522 ou DIN 12Mn5) laminado. A microestrutura é constituída de ferrita pró-eutetóide e perlita orientadas segundo a direção da laminação da chapa. A microdureza do tubo é de 153 HV1.

O processo de recuperação por soldagem na região da trinca é uma alternativa para estruturas de grande porte e de difícil substituição, apesar de que salientamos que a recuperação por soldagem dificilmente produzirá as mesmas propriedades mecânicas do eixo original. Na recuperação pelo processo de soldagem por eletrodo revestido, podem ser usados os eletrodos E9018-D1, E8018-D1, E8018-C1 ou similares.

3 CONCLUSÃO

Após este estudo foi possível concluir que a falha ocorreu por fadiga, que veio a ocorrer devido a transformação da microestrutura em martensita por aporte térmico, apresentando dureza de 377 HV1, o que favoreceu a nucleação da fadiga, uma vez que fragilizou localmente a liga.

REFERÊNCIAS

- 1 Marcos Menino Macedo Filho, Ammy Muller Souza Carvalho, Igor Barbosa Cunha, Sandro Griza, Análise de falha em eixo de motor usado em processamento de cosméticos, 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 09 a 13 de novembro de 2014, Cuiabá, MT, Brasil PP 319-003
- 2 L. Xiang, H.Y. Wang, Y. Chen, Y.J. Guan, Y.L. Wang, L.H. Dai, Modeling of multi-strand wire ropes subjected to axial tension and torsion loads, International Journal of Solids and Structures 58 (2015) 233–246. L. Xiang, H.Y. Wang, Y. Chen, Y.J. Guan, Y.L. Wang, L.H. Dai, Modeling of multi-strand wire ropes subjected to axial tension and torsion loads, International Journal of Solids and Structures 58 (2015) 233–246
- 3 Chiaverini, L. Tecnologia Mecânica 2ed São Paulo McGraw-Hill 1986
- 4 Santos. L.V. Análise de falha por fadiga em eixos de motores para sistemas de arrefecimento. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo (2008)