



ANÁLISE DE FALHA EM EIXO PINHÃO DA RODA DE CARRO DE TRANSPORTE DE CARGA EM MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA

Myllena V. Silva^{1*}, Matheus M. Reis², Iris S. Santos³, Ihana G.C. de Jesus⁴ e Sandro Griza⁵.

1 - Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE. Rua Santo Antônio, 260, Santos Dumont, CEP 49087-540, SE.

myllenasilva18@gmail.com

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

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

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

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

RESUMO

O eixo pinhão é um componente com vasto uso em máquinas e principalmente veículos, ele é responsável em promover potência a máquina através da rotação e do torque. O eixo sofreu ruptura em serviço, sendo assim, foi submetido à análise de falha, que consistiu na inspeção visual da superfície de fratura, determinação da composição química através da espectrometria de emissão óptica, avaliação microestrutural, através do ensaio metalográfico e determinação de microdureza. Diante das análises, o material que compõe o eixo é um aço de baixo teor de carbono, através da metalografia e do perfil de microdureza partindo da camada até o núcleo, foi detectado que a peça foi cementada e em seguida temperada e revenida. No entanto, foi observado formação de austenita retida na região da camada cementada contribuindo para falha do componente, que sofreu uma sobrecarga de torção monotônica do eixo, evidenciada pela direção da inclinação das engrenagens rompidas.

Palavras-chave: *Análise de falha, Eixo pinhão, Cementação, Austenita retida.*

INTRODUÇÃO

Componentes de máquinas falham por motivos diversos todos os dias, portanto, a busca para se melhorar o desempenho dos mesmos e aumentar o seu tempo de vida sempre foi procurada pelos responsáveis por sua fabricação e manutenção. Não o bastante essa busca eterna ainda hoje ocorrem falhas em equipamentos que levam a prejuízos impactantes em toda a linha de produção, para os quais fazem-se necessários estudos específicos de componentes mecânicos e suas atuações no conjunto do equipamento. O eixo de direção em questão faz parte de um Shuttle Car, um veículo de transporte utilizado na indústria de mineração subterrânea. Este estudo trata da análise de falha e caracterização

metalúrgica do eixo pinhão do cubo de roda do Shuttle Car rompido. Para isso, foi feita análise visual, identificando o mecanismo de fratura, análise química, análise de microestrutura e microdureza.

MATERIAIS E MÉTODOS

A imagem mostra que a fratura provocou evidente distorção do estriado por torção monotônica, que provocou um ângulo de inclinação do estriado deformado plasticamente em relação ao plano de simetria, assim como indicado pela seta.



Figura 1: Eixo pinhão do cubo de roda do carro que sofreu ruptura em serviço.

A peça foi conduzida para caracterização metalúrgica. Foi feita análise visual da fratura em estereomicroscópio (Zeiss Stemi 2000C). A análise microestrutural foi realizada na região da fratura, através da preparação de amostra em plano longitudinal. A amostra foi polida em pasta de diamante de 1 μm e atacada com reativo de Nital 2%. As metalografias foram obtidas em microscópio ótico (Leica DM 2500 M). Perfil de microdurezas Vickers (Future Tech FM 800, 1 kgf, cal.: FT11133101HV1) foi realizado através de endentações que percorreram a camada cementada até o núcleo do material, seguindo longitudinalmente a cada 0,2 mm, tendo deslocamentos transversais sucessivos também de 0,2 mm (perfil dente de serra). A análise química foi realizada através de cinco queimas em amostra devidamente preparada do núcleo do eixo, utilizando espectrômetro de emissão ótica Oxford Xpert.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fratura foi ocasionada por sobrecarga de torção, cuja evidência é a distorção plástica angular vista tanto na Figura 1 quanto em detalhe na Figura 2. A deformação plástica por torção provocou inclinação dos dentes no intervalo da altura entre o plano de ruptura principal e um plano de trincas secundárias junto ao final do estriado. Os dentes do estriado foram rompidos em planos direcionais em forma de espiral, como pode ser visto no detalhe da Figura 2.

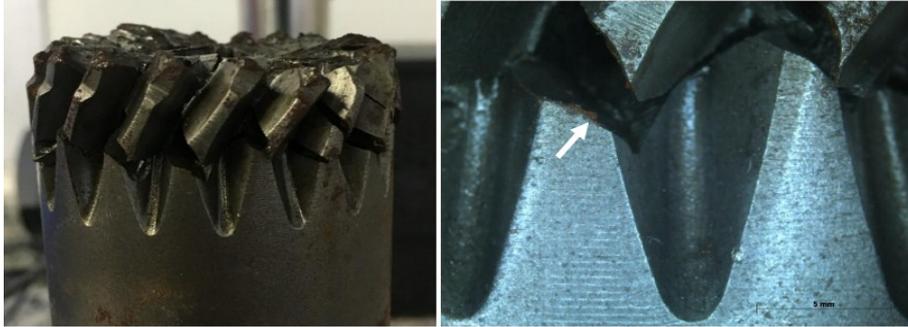


Figura 2: A fratura foi ocasionada por sobrecarga de torção. A imagem a esquerda mostra em detalhe a distorção plástica angular por torção que provocou inclinação dos dentes no intervalo da altura entre o plano de ruptura principal e um plano de trincas secundárias junto ao final do estriado. Os dentes do estriado foram rompidos em planos direcionais em forma de espiral, indicado pela seta, como pode ser visto no detalhe a direita.

Porém, a maior parte da superfície de fratura foi plana, ortogonal ao plano de simetria do eixo (Figura 3). Estes aspectos evidenciados são característicos de fratura por torção monotônica em eixos estriados que possuem superfície endurecida dos dentes. O momento torsor monotônico levado ao limite provoca superfície de fratura helicoidal nos dentes endurecidos, enquanto provoca superfície plana normal ao eixo no núcleo mais dúctil. A microestrutura do núcleo do eixo é constituída por martensita de baixo carbono revenida (Figura 4).



Figura 3: A maior parte da superfície de fratura foi plana, ortogonal ao plano de simetria do eixo.



Figura 4: A microestrutura do núcleo do eixo é constituída por placas de martensita revenida de baixo carbono.

A superfície apresenta camada cementada, contendo microestrutura de martensita de alto carbono revenida e austenita retida entre as agulhas de martensita (Figura 5).

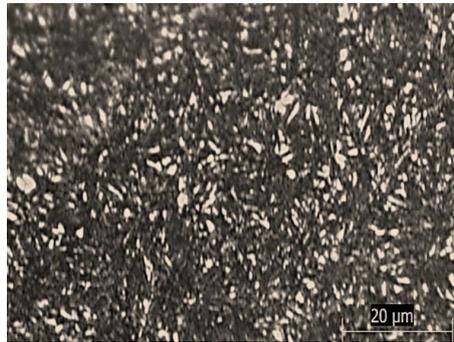


Figura 5: A camada cementada contém microestrutura de martensita revenida de alto carbono e austenita retida (fase branca) entre as agulhas de martensita.

O perfil de microdurezas (Figura 6) foi realizado a partir da superfície da camada cementada até o núcleo, indicando profundidade de camada de 1,1 mm para dureza limite de 550 HV. A microdureza encontrada na camada tem média de 578 HV1, e no núcleo microdureza média de 417 HV1.

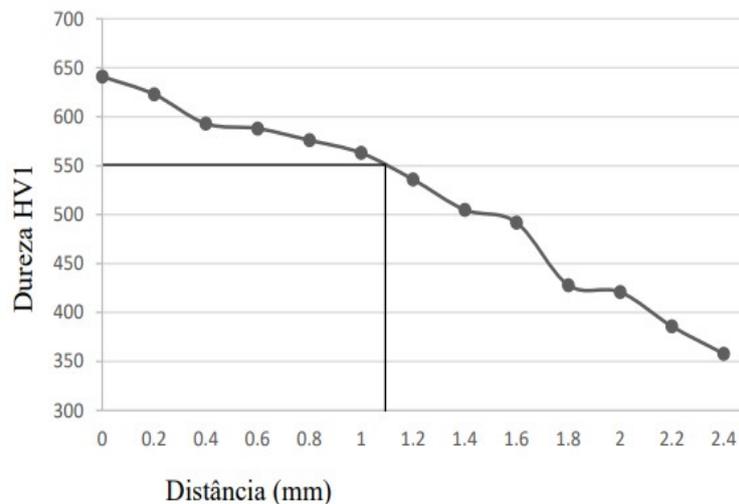


Figura 6: Perfil de microdureza HV partindo da superfície da camada cementada em direção ao núcleo.

A análise química está apresentada na Tabela 1. O aço utilizado é de baixo carbono e baixa liga de cromo com alto teor de níquel.

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

C	Mo	P	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	S
0,03	0,05	0,01	0,27	0,50	0,38	1,82	5,13	0,005

CONCLUSÕES

O eixo pinhão do cubo de roda do Shuttle Car foi fabricado em aço baixo carbono, contendo 0,03 % de carbono, 1,82 % em Cr e 5,13 % em Ni, liga não encontrada nas normas ASTM e AISI. O eixo foi cementado e posteriormente temperado e revenido para 578 HV de dureza média de camada cementada. A formação de austenita retida em excesso na camada cementada após revenimento constitui-se fator fragilizante do componente, que incentivou a falha por torção monotônica do eixo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e FAPITEC pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. FILHO, M. M. M.; CARVALHO, A. M. S.; CUNHA, I. B.; GRIZA, S. Análise de falha em eixo de motor usado em processamento de cosméticos. In: 21º CBECIMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, 2014. Brasil PP 319-003.
2. SANTOS, R. C. S.; REIS, M. M. S.; FONTES, L. S.; JUNIOR, I. S. A.; SILVA, A. S.; SANTOS, P. F.; GRIZA, S. Análise de falha de eixo ovo usado na produção de cimento. In: 74º Congresso Anual da ABM – Internacional, São Paulo, SP, 2019.
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 de Mestrado. Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

FAILURE ANALYSIS IN AXIS PINION OF CARGO TRANSPORT VEHICLE WHEEL IN UNDERGROUND MINING

ABSTRACT

The pinion axis is a component with wide use in machines and especially vehicles, it is responsible for promoting power to the machine through rotation and torque. The axis ruptured in service, therefore, it was submitted to failure analysis, which consisted of visual inspection of the fracture surface, determination of chemical composition through optical emission spectrometry, microstructural evaluation, through metallographic testing and microhardness determination. In view of the analysis, the material that makes up the axis is a low-carbon steel, through metallography and the microhardness profile starting from the layer to the core, it was detected that the part was carburized and then quenched and tempered. However, it was observed formation of retained austenite in the region of the carburized layer contributing to component failure, which suffered a monotonic torsional overload of the axis, evidenced by the direction of inclination of the broken gears.

Keywords: *Failure analysis, Axis, Carburizing, Retained austenite.*