



ANÁLISE DE FALHA DE PARAFUSO UTILIZADO EM EQUIPAMENTOS PARA EXTRAÇÃO DE MINÉRIO

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

A corrosão sob tensão é um mecanismo de falha que acomete variadas ligas, inclusive aços inoxidáveis. Tal mecanismo é proveniente da ação conjunta de tensões mecânicas e corrosão. Diante do exposto, foram analisados dois parafusos de flange, os quais estão submetidos a torque e ambiente agressivo. Para a avaliação da falha foram realizadas análise química, ensaio de microdureza e metalografia. Os resultados indicaram que os parafusos são um aço AISI 304. A superfície de fratura indicou, além da trinca principal, trincas secundárias, cuja falha foi resultante do processo de corrosão sob tensão.

Palavras-chave: Parafuso. Aço austenítico. Análise de falha. Corrosão sob tensão.

INTRODUÇÃO

Os parafusos são utilizados no mundo inteiro como elemento importante para junção e fixação de peças. Eles geralmente são fabricados em formatos cilíndricos ou cônicos, e ao longo do seu comprimento apresenta vários filetes de roscas. O parafuso pode ser dividido em parte superior, que também é popularmente chamado de cabeça de parafuso, em que o intuito dessa região é fazer com que todo o material se adapte as diferentes ferramentas utilizadas no cotidiano, como as chaves de fendas, chaves de boca e sirvam para apertar ou folgar no contexto que estejam inseridas.⁽¹⁾

A outra parte do parafuso é chamada de corpo, em que nele estão os filetes de roscas. Vale salientar que ambas as partes do parafuso podem variar, a cabeça, por exemplo, pode ser do tipo quadrada, cônica, cilíndrica, com fenda cruzada, com fenda e outros modelos. Já para o corpo, encontra-se como variação o comprimento do corpo, a distância entre os filetes de roscas, ou passo, comprimento de haste não rosqueada, etc.⁽¹⁾

Os parafusos, por serem o elemento de fixação mais importante do mundo⁽¹⁾, estão presentes em muitos maquinários e equipamentos industriais, que operam em diversos ambiente, como por exemplo: ambiente marinho para exploração de petróleo, terrestre para exploração de minérios e vários outros. Diante disso, os elementos das máquinas sofrem no cotidiano com as interações dos materiais a tensões e um meio que pode ser extremamente agressivo, essa combinação de fatores pode iniciar na peça, o fenômeno denominado de corrosão sob tensão.⁽²⁾

O surgimento do caso mencionado anteriormente é crucial para muitos equipamentos, fazendo com que eles venham a fraturar muito antes do tempo previsto, pois a combinação desses fatores, tensão e corrosão, acaba sendo mais severa para a peça que a soma de cada fator separadamente. Vale salientar, que para materiais metálicos, o processo para chegar até a ruptura é muito bem definido, sendo ele dividido em três etapas: indução, nucleação da trinca e propagação da trinca.⁽²⁾

O presente estudo teve como finalidade analisar parafusos do flange utilizados na atividade de mineração que falharam em operação. Para análise detalhada, foram utilizadas algumas técnicas de caracterização, como: a análise de composição química, o ensaio de microdureza e metalografia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material analisado consiste em dois parafusos de flange que falharam em serviço (Figura 1).



Figura 1: Parafusos do flange recebidos.

A análise da composição química foi realizada em espectrômetro de emissão óptica (Oxford Foundry-Master Xpert). As amostras retiradas de ambas as peças foram submetidas ao procedimento padrão de lixamento e polimento e posteriormente atacadas com reativo de água régia para revelação da microestrutura. A metalografia foi obtida através de microscópio óptico (Zeiss Axio Scope A1). Por fim, foi realizado ensaio de microdureza na escala Vickers com carga de 1 kg (Future Tech FM 800).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise química, a composição química dos parafusos é característica de um aço inoxidável austenítico (Tabela 1).

Tabela 1: Composição química média dos parafusos (% em peso).

Elementos	C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S
Amostra	0,05	18,9	9,72	1,60	0,46	0,02	0,008
AISI 304	< 0,08	18,0-20,0	8,0-10,5	< 2,00	< 0,75	< 0,045	< 0,03

Essa microestrutura foi ratificada pelo ensaio de dureza e metalografia. As microdurezas médias dos Parafusos 1 e 2 foram $273 \text{ HV1} \pm 4$ (259 HB, 26 HRC) e $270 \text{ HV1} \pm 5$ (256 HB, 26 HRC), respectivamente. A análise microestrutural também revelou que ambos os parafusos possuem tamanho de grão médio da ordem de $50 \mu\text{m}$, bem como maclas de recozimento e deformação (Figura 2).

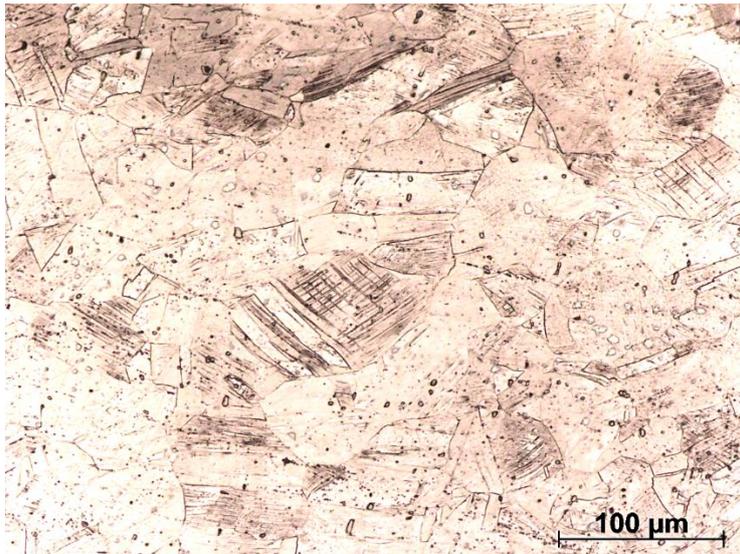


Figura 2: Microestrutura austenítica contendo maclas de recozimento e de deformação provenientes do processo de fabricação do Parafuso.

As superfícies de fraturas (Figura 3), bem como trincas secundárias (Figura 4) foram observadas em ambos os parafusos.

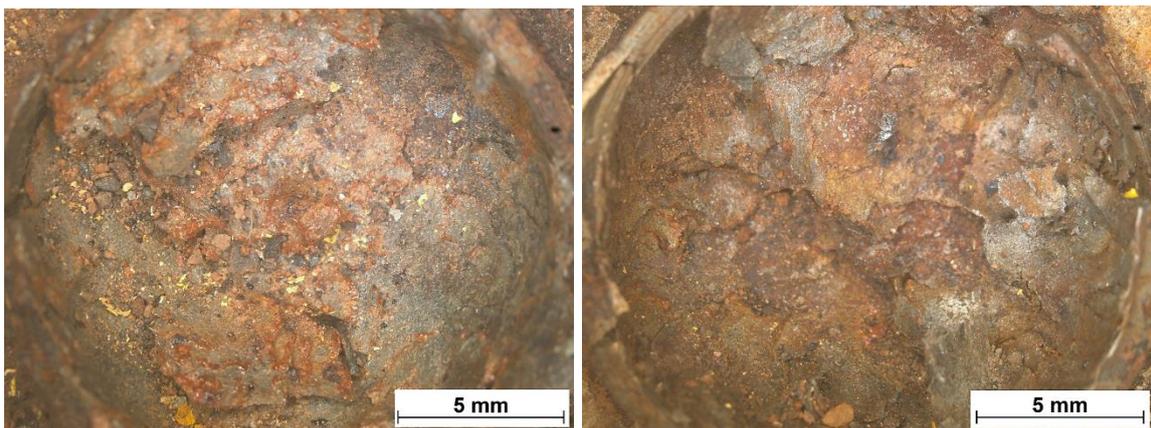


Figura 3: Imagem de topo da superfície de fratura do Parafuso 1 e 2, respectivamente, apresentando camadas de produto de corrosão e aspecto de fratura rugosa.

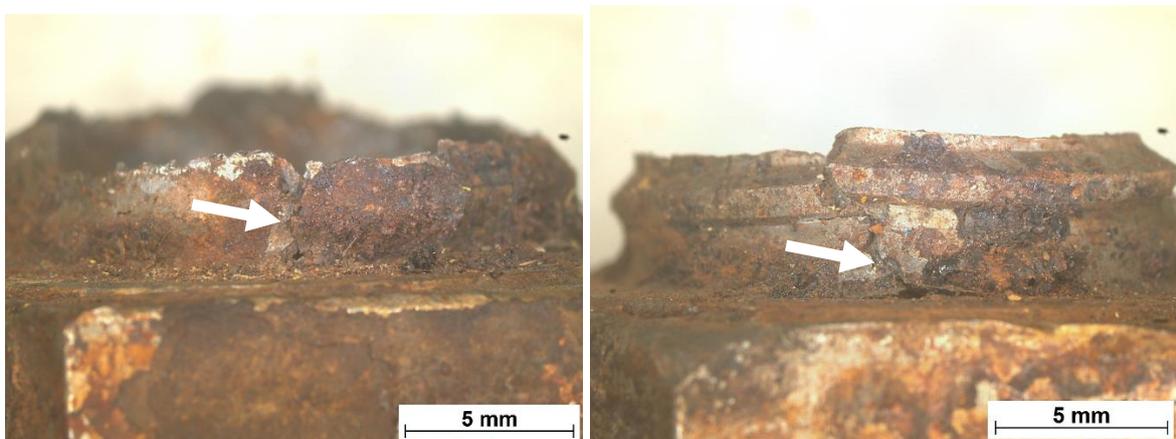


Figura 4: Imagem lateral do Parafuso 1, apresentando trinca secundária em direção diferente da trinca principal que originou a fratura (seta branca). Imagem lateral do Parafuso 2, apresentando trinca secundária em destaque (seta branca).

As imagens das superfícies das fraturas evidenciam fraturas rugosas, presença de trincas contendo diversos planos de crescimento, formando em algumas regiões aspecto de escamas, e produtos de corrosão aderidos à superfície. Tais aspectos denotam que as fraturas foram provocadas pelo processo de corrosão sob tensão (CST), mecanismo provocado pela ação conjunta sinérgica de tensão mecânica e ambiente corrosivo, quando a ação combinada de ambas em conjunto é mais deletéria que a soma das suas ações em separado.

A Figura 5 apresenta a metalografia sem ataque químico representativa do encontrado em ambos parafusos, destacando as trincas ramificadas características da CST.

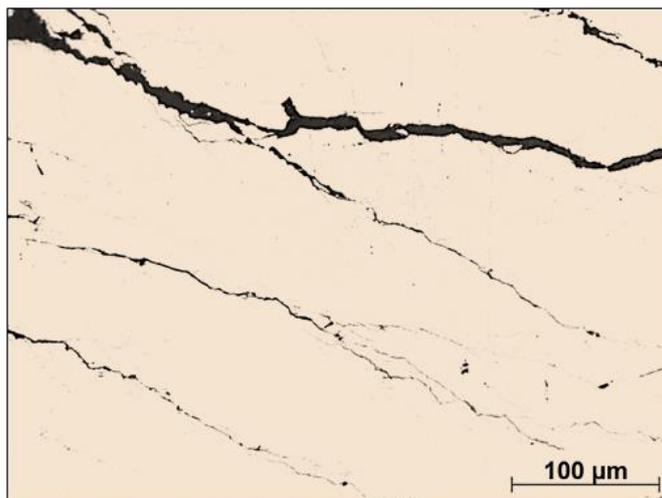


Figura 5: Metalografia sem ataque químico do Parafuso 1, apresentando trincas ramificadas típicas de corrosão sob tensão (CST). Imagem representativa conforme encontrado no Parafuso 2.

Em um parafuso de aço inoxidável austenítico o mecanismo da CST é complexo. O uso do aço inoxidável é indicado para ambiente agressivo, principalmente mediante ação de cloretos, conforme aplicação dos parafusos analisados. O torque de aperto os quais os parafusos estão submetidos, por sua vez, provoca a componente axial de tensão de protensão, e quanto maior for o torque, mais segura e íntegra é a união às cargas cíclicas. Porém, as tensões mecânicas provocadas pelo torque contribuem para progressão da corrosão oriunda do ambiente agressivo ao qual a peça está inserida. Esse processo resulta na propagação das trincas culminando no rompimento dos parafusos.

CONCLUSÕES

Os parafusos em aço AISI 304 romperam devido à corrosão sob tensão (CST). Portanto, para reduzir a possibilidade de ocorrência de CST, algumas ações podem ser tomadas em duas frentes, ou seja, para reduzir tensão axial do parafuso e para reduzir a susceptibilidade da liga. Como solução para o tipo de problema apresentado ao longo do trabalho, outros materiais mais resistentes poderiam substituir o que foi utilizado, como por exemplo:

- Substituir a liga por aço inoxidável austenítico de maior resistência a CST para mesma dureza, como por exemplo aço inoxidável austenítico AISI 316 ou AISI 316L, ou outra liga inoxidável mais nobre.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Capes e CNPQ pela ajuda financeira no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

1. **Dissertações e teses:** Laryce S.S., Avaliação comparativa do comportamento mecânico e tribológico de dois parafusos da classe 10.9 ASTM, Dissertação de Mestrado, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.
2. André L. M. Propriedades de fadiga de parafusos de alta resistência mecânica, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas, SP, 2008

SCREW FAILURE ANALYSIS USED IN ORE EXTRACTION EQUIPMENT

ABSTRACT

Stress corrosion is a failure mechanism that affects various alloys, including stainless steels. This mechanism comes from the joint action of mechanical stresses and corrosion. In view of the above, two flange bolts were analyzed, which are subjected to torque and aggressive environment. For the failure evaluation, chemical analysis, microhardness test and metallography were performed. The results indicated that the screws are an AISI 304 steel. The fracture surface indicated, in addition to the main crack, secondary cracks, whose failure resulted from the stress corrosion process.

Keywords: Screw. Austenitic steel. Failure analysis. Stress corrosion.