cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Caracterização da Região de Falha em Equipamento Sujeito a Carregamentos Cíclicos e Corrosão na Indústria de Papel e Celulose

Henrique Ajuz Holzmann[1]; Géssica Katalyne Bilcati Holzmann[1]
1.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PPGIT GP

Introdução

A fadiga mecânica é responsável por mais de 90% das falhas em componentes sujeitos a cargas cíclicas.

Os mecanismos de degradação se dão em 3 estágios:

1. Nucleação da Trinca | Tensão local e bandas de deslizamento concentram tensões na superfície.

2. Propagação Subcrítica | Crescimento estável da trinca sob esforços dinâmicos.

3. Fratura Catastrófica | Ruptura final por sobrecarga do componente.

A ação combinada de esforços dinâmicos + meio quimicamente agressivo é um dos principais desafios do setor.

Objetivos

- Quantificar fases microestruturais (austenita, ferrita e nitretos) e tamanho de grão.

- Medir a dureza Rockwell C (HRC) e resistência à tração.

- Mapear locais de nucleação, marcas de propagação de trinca e presença de contaminação/corrosão.

Metodologia

- Quantificação de fases microestruturais (austenita, ferrita e nitretos) e tamanho de grão segundo norma ASTM E112.

- Microscopia Óptica e MEV - ASTM E2015 e ASTM E45. Mapear sítios de nucleação, marcas de propagação de trinca e presença de contaminação/corrosão.

- Avaliação da dureza Rockwell C (HRC) - norma ASTM E18 e resistência à tração – norma ASTM E8 / E8M.

- Avaliação da composição química via Espectometrica de Emissão Óptica – norma ASTM E1086.

Resultados e Discussão

- O material da amostra apresenta microestrutura formada por austenita (87%), ferrita (10%) e nitretos (3%).

- Da avaliação de tamanho de grãos, registra-se distribuição de grãos tamanho 5.0.

- Quanto a dureza obteve-se dureza media do material de 34 HRC.

- Permitiu identificar o modo de fratura e rastrear o histórico da falha desde sua origem até o estágio final.

- O diagnóstico final aponta que a combinação do estado de encruamento severo do aço com os esforços cíclicos de operação levou à falha prematura por fadiga.

- Quanto ao ensaio de tração as amostras se mostraram com a restencia esperada.



Teor (% massa)	AMOSTRA 01 (%)	Especificação (°) S30400 Inox 304L
C	0,019	*0,03 máx.*
Si	0,529	*0,75 máx.*
Mn	1,179	*2,00 máx.*
P	0,027	*0,045 máx.*
S	8,015	*0,030 máx.*
Cr	(19,683)	*18,00 – 20,00*
Nb	0,285	–
Ni	8,677	*8,00 – 12,00*
Nb	(0,002)	
Al	0,022	
Cu	0,137	
B	(ND)	–
Ti	(0,284)	**Nota:** Os valures entre perênteses indicem elementos rosiduuis não especificados.
V	0,079	
W	0,170	

Figura 1. Análise da região de falha da peça.

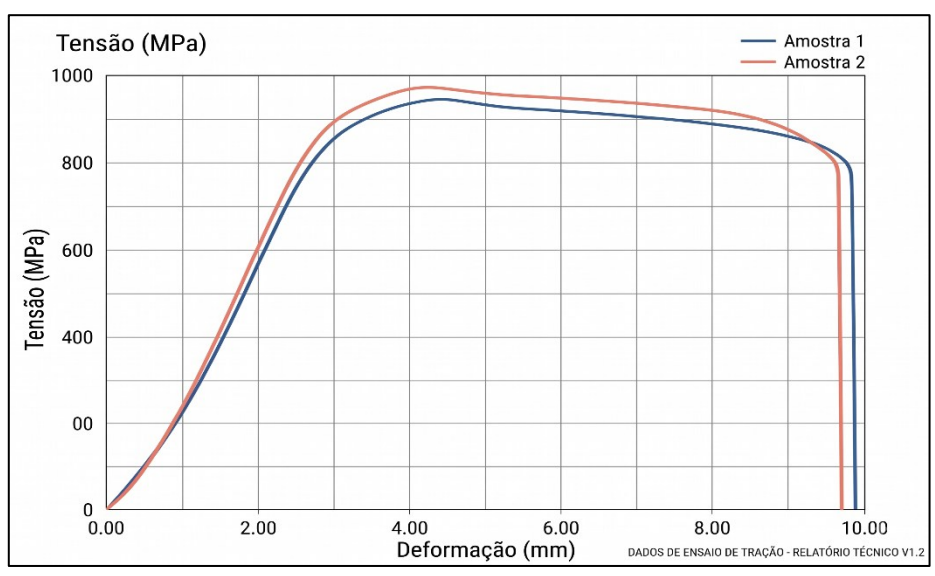


Figura 2. Gráfico tensão x deformação a peça.

Conclusões

- A falha da placa de fixação ocorreu por fadiga mecânica por carregamento cíclico, sem evidências de aceleração por corrosão sob tensão ou pitting severo no meio.

- Recomenda-se tratamento térmico de recozimento e/ou solubilização para eliminar tensões residuais de encruamento e adequação geométrica nos pontos de aperto.

Referências e Agradecimentos

Ben Moussa, N., Gharbi, K., Chaieb, I., Ben Fredj, N. (2019). mprovement of AISI 304 austenitic stainless steel low-cycle fatigue life by initial and intermittent deep rolling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 101, n. 1, p. 435-449, 2019.

Subasic, M., Alfredsson, B., Dahlberg, C. F., Öberg, M., Efsing, P. Mechanical characterization of fatigue and cyclic plasticity of 304L stainless steel at elevated temperature. Experimental Mechanics, v. 63, n. 8, p. 1391-1407, 2023.

Ye, D., Xu, Y., Xiao, L., Cha, H. Effects of low-cycle fatigue on static mechanical properties, microstructures and fracture behavior of 304 stainless steel. Materials Science and Engineering: A, v. 527, n. 16-17, p. 4092-4102, 2010.