

144^a DEFESA DE TESE EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI



PAULO MOURA BISPO DE SANTANA



pei@ufba.br



www.pei.ufba.br



@peifba



@peifba



PEI TV

Orientadores:

- Prof^ª. Dr^ª. Elaine Cabral Albuquerque (PEI – UFBA)
- Prof. Dr. Carlos Alberto Caldas de Sousa (EP-UFBA)

Banca Examinadora:

- Prof^ª. Dr^ª. Elaine Cabral Albuquerque (PEI – UFBA)
- Prof. Dr. Carlos Alberto Caldas de Sousa (EP-UFBA)
- Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Barra (UFRN);
- Prof. Dr. Andre Luiz de Moraes Costa (UFS);
- Prof. Dr. Ivan Costa e Silva (IFBA);
- Prof^ª. Dr^ª. Célia Malfatti (UFRS).

Título: “Investigação do efeito da adição de alumínio, titânio e zircônio nas propriedades mecânicas a quente de ligas Ni-Cr-Nb utilizadas em fornos de pirólises.”

Data: 13 de fevereiro de 2025 **Horário:** 14h

Local: https://conferenciaweb.rnp.br/webconf/pei_epufba

Resumo:

O presente trabalho investigou o impacto de modificações na composição de ligas metálicas da família Ni-Cr-Nb, sobre a resistência à carburização e a fluência, e aplicou o conhecimento adquirido para analisar um caso real de falha industrial em tubos de serpentinas de radiação. Foram estudadas quatro ligas obtidas por fundição estática, com composições químicas específicas: 0,4C-30Cr-40Ni-1Nb, 0,4C-30Cr-40Ni-1Nb-3Al, 0,4C-30Cr-40Ni-1Nb-3Al-0,2Ti e 0,4C-30Cr-40Ni-1Nb-3Al-0,2Zr. Os testes laboratoriais incluíram exposição a atmosferas carburantes a 1150 °C por 480 horas e ensaios de ruptura por fluência sob carga constante de 17 MPa na mesma temperatura. A avaliação foi realizada por meio de técnicas específicas, como microscopia óptica, Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), E espectroscopia por energia dispersiva (EDS), Electron Backscatter Diffraction (EBSD) e dilatometria. Os resultados laboratoriais indicaram que a adição de Al aumentou significativamente a resistência à carburização, formando camadas protetoras mais estáveis, enquanto Ti e Zr tiveram impactos modestos nesse aspecto. Em relação a fluência, as ligas sem Al apresentaram melhor desempenho em condições sem exposição a atmosferas carburantes. Contudo, o Al combinado com Ti ou Zr retardou a transição para estágios críticos de falha em condições carburantes, prolongando o tempo de ruptura e demonstrando potencial para aplicações em ambientes severos. O conhecimento adquirido foi aplicado na análise de um forno de pirólise que acumulou 43.720 horas de operação, destacando a interação prejudicial entre carburização e perda de ductilidade nos tubos de serpentinas de radiação. Foram utilizados testes como análise de tensões térmicas pelo método dos elementos finitos, avaliação da permeabilidade magnética e testes NACE TM498 para medir a profundidade de carburização, além de análises de microscopia e difração de raios-X. Identificou-se que tubos submetidos a temperaturas mais baixas apresentaram menor degradação, enquanto tubos em temperaturas mais elevadas sofreram rupturas frágeis devido à formação de micro trincas e ovalização significativa. Esses fenômenos foram relacionados à degradação das camadas protetoras, à formação excessiva de carbonetos e ao acúmulo de tensões residuais. Este estudo ressalta a relevância da aplicação prática do conteúdo acadêmico para compreender e mitigar falhas reais na indústria, destacando como a análise detalhada dos mecanismos de falha pode orientar o design de ligas mais resistentes e o gerenciamento eficaz de ciclos operacionais. A otimização de materiais e estratégias de operação são essenciais para preservar a integridade dos equipamentos, reduzir custos de manutenção e melhorar a eficiência econômica de processos industriais críticos, como o craqueamento térmico de hidrocarbonetos.

Palavras chave: Forno de Pirólise. Carburização. Ligas Ni-Cr-Nb. Ligas Ni-Cr-Nb-Al.