

## **Avaliação do mecanismo de dano por fluência nas ligas 25Cr-35Ni, 35Cr-45Ni e 30Cr-45Ni-5Al**

**Eduardo Cabral da Silveira (Mestrando - GETEC), [educabral7@hotmail.com](mailto:educabral7@hotmail.com);**

**Manoel Carreira Neto (Orientador - GETEC), [mcarreiraneto@gmail.com](mailto:mcarreiraneto@gmail.com);**

**Faculdade SENAI CIMATEC**

Palavras Chave: *Fluência, forno de pirólise, ligas de níquel.*

### **Introdução**

Os fornos de pirólise estão entre os equipamentos mais importantes da indústria petroquímica, além de ser a porta de entrada do processamento dos derivados de petróleo que no final da cadeia se tornarão diversos produtos de uso diário. Também estão associados a esses equipamentos alguns dos custos mais relevantes para a manutenção dessa indústria. Uma grande parte dos custos associados à manutenção desses equipamentos está na necessidade de substituição periódica de suas serpentinas, que por operarem em condições muito severas (temperaturas de 750 a 1100°C), historicamente substituídas numa frequência média de 7 anos. Em função dessas condições de serviço são utilizadas nesses fornos ligas metálicas de Fe-Cr-Ni-Nb. Apesar das excelentes propriedades apresentadas por estas ligas, várias falhas ocorrem em função da degradação do material por mecanismos de dano, principalmente carburização e fluência. Este estudo tem o objetivo entender através de ensaios que simularam as principais condições de campo em amostras das três ligas mais utilizadas na indústria petroquímica com relação ao mecanismo de dano de fluência, tendo as mesmas sido artificialmente “envelhecidas” para simular uma situação de carburização, e com isso determinar seus padrões mínimos de resistência e deformações permissíveis para o desenvolvimento de novas ligas que possam aumentar o intervalo entre substituições.

### **Métodos e Resultados parciais**

A fluência é definida como a deformação plástica lenta de um material sob a ação de uma carga durante um período longo de tempo (ANDRADE,2015);

Neste mecanismo de dano destacam-se três comportamentos distintos (ANDRADE,2015):

- Fluência primária: nesta fase a velocidade de deformação diminui até se obter uma taxa de deformação constante o que acontece normalmente em um curto espaço de tempo.
- Fluência secundária: a velocidade de deformação desta zona é praticamente constante. Isto acontece devido aos processos de restauração que envolvem discordâncias móveis e que dificultam o encruamento fazendo com que a velocidade seja constante.
- Fluência terciária: nesta fase devido a estrição do corpo de prova e a formação de vazios nos contornos de grãos, provocando um aumento brusco da velocidade de deformação até a sua fratura.

Na resistência a fluência das ligas Cr-Ni-Fe, uma de suas principais características, é ocasionada pela precipitação secundária de carbonetos e demais compostos intermetálicos na matriz (ANDRADE, 2015; MUNITZ, 2016), que atuam como barreiras ao processo de movimentação das discordâncias. Note-se, todavia, que a elevação da temperatura torna esse mecanismo menos eficaz devido ao coalescimento dos carbonetos (POPOVI,2016). Para esse trabalho foram selecionadas as ligas 25Cr-35Ni, 35Cr-45Ni e 30Cr-45Ni-5Al para serem testadas com relação ao mecanismo de dano e fluência nas situações de novo e carburizado na temperatura aproximada dos tubos de saída (cerca de 1100°C, temperatura mais crítica). Abaixo estão descritos os testes e a forma como serão realizados:

- Teste de Carburização: Será realizado um aumento de carbono controlado nas amostras através de uma técnica conhecida como Pack Carburization, a mesma simula o mecanismo de carburização que ocorre em um forno de pirólise.

**Seminário Anual de Pesquisa – 2017**

**Faculdade SENAI CIMATEC**

**Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**

**Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial**

**III Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional.**

**ISSN online 2447-9640**

**Tabela 1.** Relação de amostras para Pack Carburization

Pack Carburization	1100°C
25Cr-35Ni	260h
35Cr-45Ni	260h
30Cr-45Ni-5Al	260h



**Figura 1.** Disposição dos tubos em um modelo particular de serpentina de forno de pirólise.



**Figura 2 e 3.** Aspecto geral de um forno de pirólise com serpentinas que possuem tubos onde foi utilizado a liga 30Cr-45Ni-5Al. 2) Condição no início de operação. 3) Condição após 33.000 h de serviços apresentando severo alongamento por fluência.

- **Testes de Fluência** – Serão utilizadas amostras de material novo e de material após o ensaio de Pack Carburization. A intenção dos testes é determinar a influência que o mecanismo de dano de carburização exerce sobre a resistência a fluência dos tubos e os padrões mínimos que deverão ser estabelecidos no desenvolvimento de novas ligas no que diz respeito ao mecanismo de dano de fluência, conforme ilustrado nas figuras 2 e 3 que são correspondentes a parte inferior de uma serpentina, mostrada na figura 1. A tabela abaixo mostra a quantidade de horas necessária para ocorrer a falha conforme gráficos de Larsson Miller dos materiais novos, de acordo com o fabricante.

**Tabela 2.** Relação de amostras para testes de fluência e os resultados conforme parâmetro de Larsson Miller da quantidade de horas até o rompimento.

Creep Test	1100°C		
	15	25	35
25Cr-35Ni	433801h	25068h	2026h
35Cr-45Ni	164h	8h	1h
30Cr-45Ni-5Al	25068h	876h	138h

### Conclusões

Os testes ainda não foram iniciados, a expectativa é aumentar o conhecimento com relação a influência que a carburização tem sobre os resultados de vida em fluência dos materiais 25Cr-35Ni e 35Cr-45Ni, e determinar os limites de vida e deformação em fluência do material 30Cr-45Ni-5Al.

### Referências

- 1- ANDRADE, A.R.; Bolfarini, C.; Ferreira, L. A. M.; Vilar; C.D., Bonazzi,L.H.C. “Influence of niobium addition on the high temperature mechanical properties of a centrifugally cast HP alloy” , **Materials Science & Engineering**, A628-176–180, 2015
- 2- JAVAHERI V.; Shahri F.; Mohammadnezhad M.; Tamizifar M., Naseri M. “The Effect of Nb and Ti on structure and mechanical properties of 12Ni-25Cr-0,4C austenitic heat-resistant steel after aging at 900C for 1000 h”. **Journal of Materials Engineering and Performance**, Vol. 23, 2014
- 3- LEE, H.J.; Hyunmyung K.; Sung, H.; Kim, C. J. “Corrosion and carburization behavior of chromia-forming heat resistant alloys in a high-temperature supercritical-carbon dioxide environment”. **Corrosion Science**, 227–239. 2015
- 4- LIU, C.J. Chen, Y. “Variation soft the microstructure and mechanical properties of HP40-Nb hydrogen reformer tube with Ti meat elevated temperature”. **Mater. Des.** 322507–2512. 2011
- 5- MUNITZ, A. Salhov S.; Hayun S.; Frage N.” Heat treatment impacts the microstructure and mechanical properties of AlCoCrFeNi high entropy alloy, **Journal of Alloy and Compounds**” 221-230, 2016
- 6- POPOVI, J., Burs, J., “Microstructure and phase equilibria in Ni-Al-Cr-Co alloys”. **Intermetallic** No 14, 1257 e 1261. 2006
- 7- TIANHANG, Y.; Yong, L. ; Bin L., Min, S.; Kun Zhao,W. Z.; Yuehui H. “Influence of carburization on oxidation behavior of High Nb contained Ti Al alloy”. **Surface & Coatings Technology**, 277- 210–215, 2015