

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DE NITRETAÇÃO A PLASMA NA RESISTÊNCIA AO DESGASTE MICROABRASIVO DO AÇO API 5L X70

Henver Effgen Ludovico Ramos¹; Adonias R. Franco Jr¹; Estéfano A. Vieira
henvereffgen@hotmail.com

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES

RESUMO

No presente trabalho foi estudada a influencia da pressão de nitretação a plasma na microestrutura do aço API 5L X-70. Os tratamentos termoquímicos foram realizados em equipamento de nitretação a plasma pulsado na temperatura de 410°C, concentração de 20%N₂ e 80%H₂ tempos de 3 horas e a pressão de 2,5 Torr a 4,6 Torr. Foram utilizadas as técnicas de microscopia óptica (MO) e eletrônica de varredura (MEV), ensaio de desgaste abrasivo, difração de raios-x para a caracterização das camadas nitretadas. Verificou-se que a pressão altera a microestrutura do aço, bem como a durezas e coeficiente de resistência ao desgaste. O aumento da pressão leva a formação de uma camada bifásica, constituída pelas fases γ' (Fe₄N) e ϵ (Fe₂₋₃N).

Palavras chave: Nitretação a plasma; Aço API 5L X-70; Pressão de nitretação; Desgaste microabrasivo.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente buscam-se por materiais que possam ser usados em sistemas nos quais a resistência ao desgaste é um dos principais requisitos. As tubulações utilizadas pela indústria petrolífera se enquadram nesses casos, onde os materiais também estão expostos a meios extremamente corrosivos. Para melhoria do desempenho quanto ao desgaste e a corrosão existem soluções desde a substituição dos materiais utilizados até tratamentos superficiais, entre os quais está a nitretação a plasma.

Os materiais utilizados no escoamento de fluidos são especificados de acordo com norma API 5L grau X. Essa norma especifica a composição química do

material, bem como o seu limite de escoamento [1]. O material assim especificado é bem aceito em outras operações da indústria petrolífera, como hastes de perfuração utilizadas em condições específicas e no revestimento de poços de perfuração [2]. O desgaste desses materiais pode causar grande prejuízo para a indústria, seja na forma de desastres ou pelo simples motivo de se ter que realizar manutenções preventivas em tempos menores.

Como já foi relatado por outros autores [3-4], o tratamento de nitretação a plasma aparece como uma alternativa para contornar tal problema e o presente trabalho vem com intuito de avaliar como é possível reduzir a taxa de desgaste do aço API 5L X70 atuando na pressão do tratamento de nitretação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Material

O material utilizado para este estudo foi um aço de baixa liga, especificado como API 5L-X70. As amostras foram cortadas a partir de um tubo de 24" de diâmetro, 0,812" de espessura e cerca de 1 metro de comprimento fabricado para a implantação da obra do gasoduto de Camarupim, no estado do Espírito Santo. O tubo foi fabricado pelo processo U-O-E na empresa Tenaris-Confab a partir de chapas produzidas pelo processo de laminação controlada sem resfriamento acelerado na empresa USIMINAS e cedida ao PROPEMM pela Petrobrás.

Preparação dos corpos de prova

O tubo foi seccionado longitudinalmente através de um maçarico para remoção de uma chapa de 16 cm x 100 cm em formato de arco, que foi fracionada com o uso de uma serra fita com os mesmos 16 cm de comprimento e seção de 3 cm x 2 cm. Das chapas foram fatiadas transversalmente as amostras para uma espessura de 4 mm, através de uma serra de corte. Após isso, a próxima etapa foi a de lixamento; para isso, as amostras passaram por uma sequência de lixas de grana nº 80, 150, 220, 320, 400, 600 e 1200. O polimento foi realizado com pasta de alumina granulometria de 1 µm e 0,3 µm.

Difração de raios-x

Com intuito de verificar as fases presentes antes e após os tratamentos termoquímicos, as superfícies foram caracterizadas por difração de raios-x utilizando

um difratômetro D2 Phaser da marca Bruker. As condições de difração foram as seguintes, 2θ variando de 20 a 100°, passo de 0,02°, tempo de 2 segundos, tensão de 300 kV, corrente de 10 mA, rotação de 60 rpm e fenda de 0,1 mm.

Nitretação a plasma

Os experimentos de nitretação a plasma foram realizados num equipamento de nitretação a plasma pulsado da marca SDS modelo Thor NP 5000, pertencente ao Laboratório de Engenharia e Superfícies do IFES. Para tanto foi variado o parâmetro de pressão, mantendo-se constantes a concentração dos gases, a temperatura e o tempo de tratamento. A pressão inicial foi de 2,5 Torr, e a cada novo experimento adicionava-se 0,7 Torr, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Condições de nitretação.

| Experimento | Mistura | Temperatura (°C) | Tempo (hr) | Pressão (Torr) |
|---------------|---|------------------|------------|----------------|
| Experimento 1 | 20% H ₂ – 80% N ₂ | 410 | 3 | 2,5 |
| Experimento 2 | 20% H ₂ – 80% N ₂ | 440 | 3 | 3,2 |
| Experimento 3 | 20% H ₂ – 80% N ₂ | 440 | 3 | 3,9 |
| Experimento 4 | 20% H ₂ – 80% N ₂ | 440 | 3 | 4,6 |

Ensaio de desgaste microabrasivo

Os ensaios de desgaste foram realizados no Laboratório de Engenharia e Superfícies do IFES, em um equipamento do tipo “esfera livre”, marca CSM instruments, com uma esfera de 25,4 mm de diâmetro, 150 rotações por minuto, carga de 0,3 N e abrasivo de carvão de silício (SiC) na concentração de 75g de SiC para 100 ml de água destilada. Os valores de coeficiente de desgaste foram determinados através de medições da evolução das calotas formadas utilizando a equação de Archard.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra que a microestrutura do aço API 5L-X70 é constituído por ferrita e perlita bandeada.

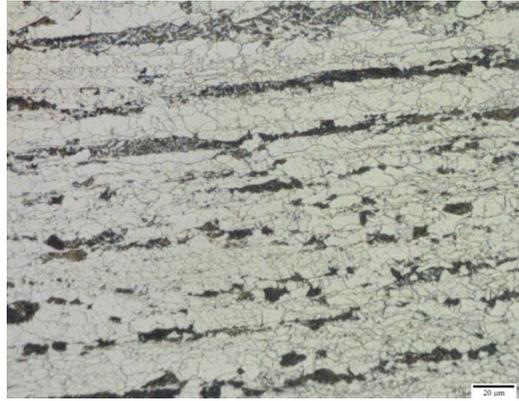


Figura 1: Microestrutura do aço API 5L X-70 no estado como recebido.

A figura 2 apresenta os microconstituintes das camadas nitretada obtidas nas diferentes condições de pressão. Pode se observar que na microestrutura das camadas nitretada sob as diferentes condições ocorrem à formação de agulhas de nitretos, o que é confirmado pela análise de difração de raios-X da figura 3.

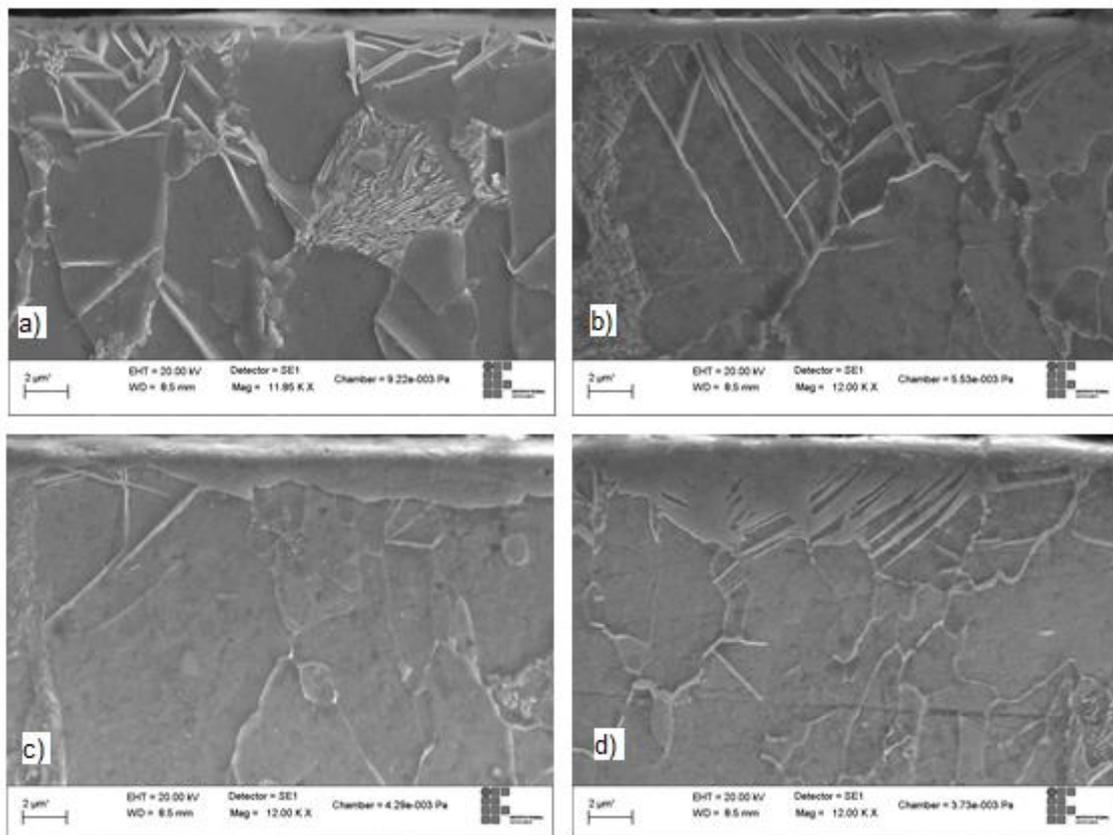


Figura 2: Microestrutura das amostras submetidas à nitretação nas pressões de:
a)2,5 Torr, b)3,2 Torr, c)3,9 Torr e d)4,6 Torr.

Na figura 2 também observa-se um nítido aumento da espessura da camada de compostos constituída de nitreto γ' -Fe₄N decorrente do aumento da pressão. Apesar de essa camada possuir alta dureza, a presença da mesma não é desejada, pelo fato de ser considerada quebradiça [5]. Na figura 3 pode se observar que há uma diminuição da intensidade dos picos correspondentes ao Fe- α , e surgindo outros picos correspondentes aos nitretos ϵ -Fe₂₋₃N e γ' -Fe₄N.

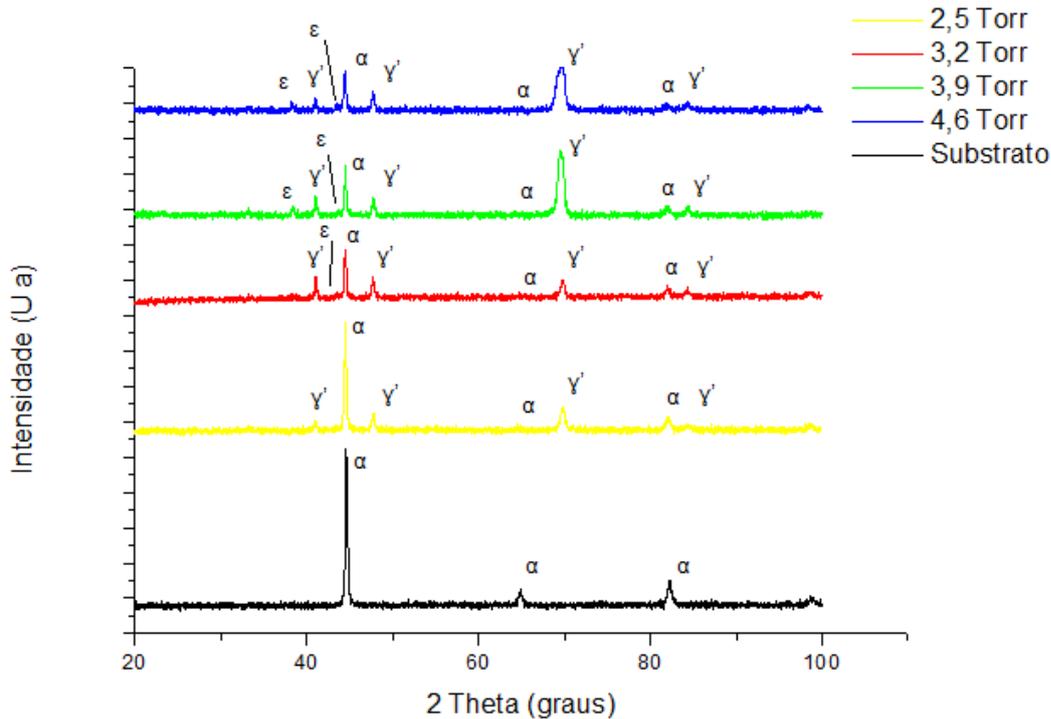


Figura 3: Difratogramas de raios-x das camadas nitretada sob as diferentes pressões de nitretação para o aço API 5L X-70.

A figura 4 apresenta a variação do coeficiente de desgaste em função da distancia de deslizamento, para o aço API 5L X-70 nitretado em diferentes condições. Nota-se que todas as curvas de desgaste dos materiais nitretados apresentam o coeficiente de desgaste menor quando em relação ao material não nitretado. Nota-se também a proximidade entre as curvas, principalmente na região de desgaste permanente (*running-in*), o que indica que a pressão não altera de modo significativo o coeficiente de desgaste. Outra observação é que o ponto onde se inicia o regime de desgaste permanente é de aproximadamente 300 m para todas as condições e que a que apresenta o melhor resultado são as amostras nitretadas

correspondente à pressão de 3,2 e 3,9 Torr, evidenciando uma melhora de 9% no coeficiente de desgaste.

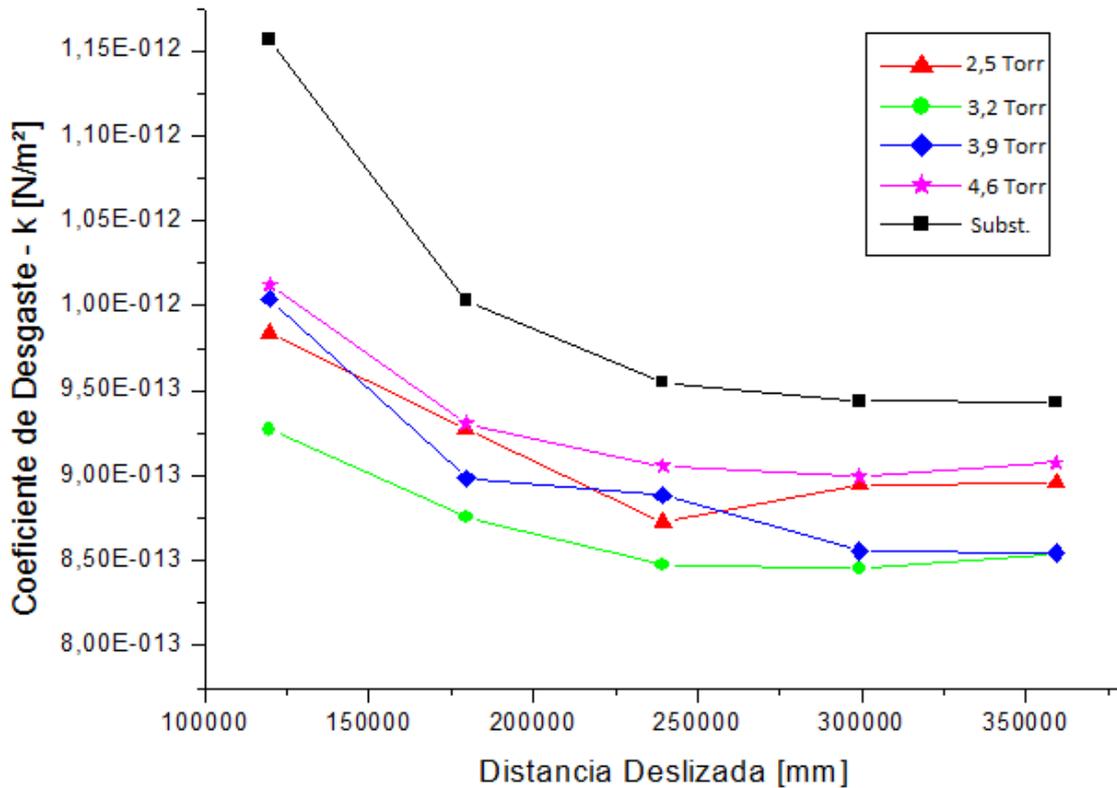


Figura 4: Coeficiente de desgaste microabrasivo em função da distancia percorrida.

Tabela 2: Coeficientes de desgaste

| Pressão | Coeficiente de Desgaste | Porcentagem de Melhora em Relação ao Substrato |
|-----------|-------------------------|--|
| Substrato | 9,43E-13 | 0,00% |
| 2,5 Torr | 8,96E-13 | 5,00% |
| 3,2 Torr | 8,54E-13 | 9,48% |
| 3,9 Torr | 8,54E-13 | 9,41% |
| 4,6 Torr | 9,08E-13 | 3,78% |

A diminuição no coeficiente de desgaste (k) e o conseqüente aumento na resistência ao desgaste podem ser atribuídos ao fato da fase ϵ não aparecer nas camadas de 2,5 Torr e, obviamente, no material sem tratamento.

4 CONCLUSÕES

Há uma melhora na resistência ao desgaste do material nitretado frente ao material não nitretado. O resultado de maior expressão foi encontrado para as pressões de 3,2 a 3,9 Torr, apresentando uma melhora de cerca de 9% em relação ao material não nitretado.

REFERÊNCIAS

- 1 **Specification for Line Pipe**, API Specification 5L, American Petroleum Institute, October. 2008.
- 2 SICILIANO F.; Materiais para gasodutos – aços de alta resistência para dutos de transporte de gás e petróleo, **Metalurgia e Materiais**, v. 64, 208-211, 2008.
- 3 [CESCONETTO, M. C. R. L.](#); FRANCO JR., A. R. ; VIEIRA, E. A. Improving the Abrasive Wear Resistance of a Microalloyed Steel by Plasma Nitriding. **Journal of Materials Science Research**, 2015.
- 4 [MELADO, A. C.](#); SILVA JR, W. A. ; [SILVA, F. J.](#) ; FRANCO JR, A. R. Influência da temperatura de nitretação a plasma na resistência ao desgaste microabrasivo do aço ferramenta AISI H13. **66° Congresso Internacional da ABM, 2011, São Paulo.**
- 5 KNERR, C.H.; ROSE, T.C.; FILKOWSKI, J.H. Gas nitriding. **ASM International Handbook Committee, ASM Handbook, Heat Treating, vol. 4**, Utah, International Library Service, p. 387-409, 1991.

PRESSURE INFLUENCE IN PLASMA NITRIDING PROCESS ON MICROABRASIVE WEAR RESISTANCE OF STEEL API 5L X-70

ABSTRACT

In this work it was studied the influence of plasma nitriding pressure on the microstructure of the steel API 5L X-70. The experiments were performed using a pulsed plasma nitriding equipment at 410°C, 20% N₂ and 80% H₂, 3 hours and varied pressure from 2.5 Torr to 4.6 Torr. Techniques of optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), abrasive wear test and x-ray diffraction to characterizing the samples. It was found that the pressure alters significantly the microstructure, hardness and wears resistance coefficients of the steel. Increasing pressure led to both formation of phases γ' (Fe₄N) and ϵ (Fe₂₋₃N).

Key-words: Plasma nitriding; Steel API 5L X-70; Microabrasive wear, Nitriding pressure.