

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO AÇO NITRETADO POR PLASMA UTILIZADO EM BUCHAS PARA SISTEMA DE ARTICULAÇÃO DE EIXO

Rocha Júnior, E. R.⁽¹⁾; Vitoriano, J. O.⁽²⁾; Barbosa, J. C. P.⁽¹⁾; Araújo, F. O.⁽¹⁾; Alves Júnior, C.⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Centro de Inovação Tecnológica do Semi-Árido – CITed

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPGCEM

⁽²⁾Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Departamento de Engenharia Mecânica – DEM

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia Mecânica – PPGEM

Autor para correspondência: Edvaldo Rodrigues da Rocha Júnior

E-mail: errjunior@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho amostras do aço AISI 4340 com pequenos furos foram nitretadas por plasma utilizando a configuração de gaiola catódica e cátodo cilíndrico, para verificar a influência dessas configurações na formação da camada. As amostras foram tratadas em baixa pressão nas temperaturas de 450 °C e 500 °C, durante 2 horas e com uma mistura gasosa de 20% N₂ + 80% H₂. As caracterizações utilizadas foram microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura, e difração de raios-x. Os resultados obtidos mostraram que, utilizando a gaiola catódica, há formação de camada nitretada uniforme em toda superfície exposta da amostra, porém, não ocorreu o mesmo no interior dos furos. Na configuração de cátodo tubular foi detectada apenas uma camada extremamente fina na superfície exposta e nos furos não foi detectada formação de camada.

Palavras-chave: nitretação; gaiola catódica; aço AISI 4340.

INTRODUÇÃO

Buchas de aço são utilizadas em equipamentos e máquinas de alto desempenho, tais como, tratores, caminhões fora de estrada, entre outros. Em virtude dos esforços a que as buchas estão submetidas, estas apresentam acentuado desgaste interno quando em contato com o eixo da articulação. As mesmas possuem furos e rasgos, na qual os desgastes se concentram nessa região interna e são as principais causas de falhas, porém, a vida útil desses elementos pode ser prorrogada pela restauração das dimensões de trabalho e adição de revestimento com componentes melhorados ⁽¹⁾.

São muitas as técnicas para modificação de superfície, entre estas existe o uso de plasma, lasers, feixes de íons, feixe de elétrons, entre outras fontes de energia para a alteração estrutural e/ou composicional da superfície ou ainda para a deposição de filmes ⁽²⁾. O método da nitretação a plasma é muito utilizado para melhorar as propriedades mecânicas e tribológicas dos aços. Uma dessas melhorias é o aumento da dureza e resistência ao desgaste em diversas aplicações, tais como peças de automóveis ⁽³⁾.

Nesse trabalho foram utilizadas amostras retangulares de aço AISI 4340 com dois furos não passantes em uma das faces das amostras. Esses furos simulam os rasgos e furos presentes nas buchas metálicas utilizadas nos tratores. Essas amostras foram nitretadas nas temperaturas de 450 °C e 500 °C com objetivo de verificar a diferença na formação da camada nitretada pelo efeito do cátodo-oco e através do uso da gaiola catódica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma bucha de trator de aço AISI 4340 foi cortada na máquina de cortar metalográfica modelo Arocor 60, em amostras de geometria retangular com dimensões conforme a Figura 1. Em seguida foram feitos dois furos com diâmetros de 5 mm e profundidade de 2,7 mm na furadeira de bancada Clark modelo FB 25. A

posição precisa do furo na face não foi definida por não ser de relevância para o desenvolvimento do trabalho.

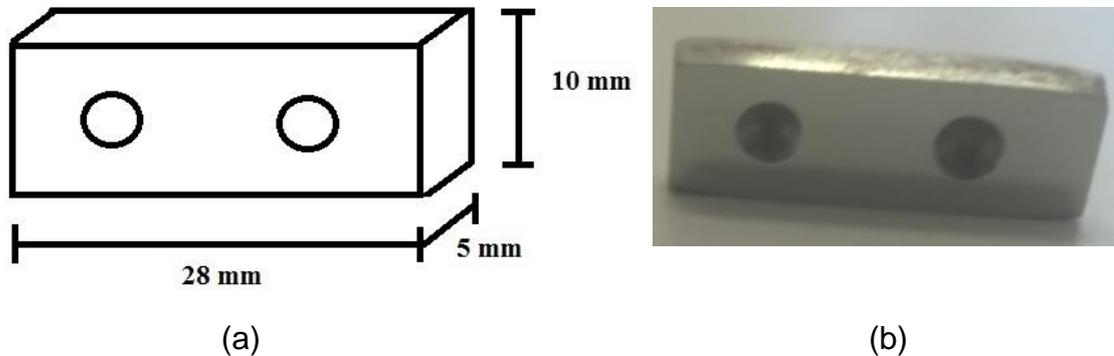


Figura 1 – (a) Representação da amostra de aço AISI 4340 com as dimensões (b) amostra de aço AISI 4340 preparada metalograficamente.

As amostras foram embutidas em resina ortofitálica, em seguida submetidas ao tratamento metalográfico nas lixas de granulometria 220, 400, 600 e 1500. As mesmas depois de lixadas foram polidas em solução de alumina $0,05 \mu$, na politriz da marca Teclago, modelo PLO 2. Após finalizar o processo metalográfico, as amostras foram mergulhadas em acetona e expostas a ultrassom durante dez minutos no equipamento do fabricante Cristofóli.

As amostras foram nitretadas no equipamento que está situado nas dependências da UFERSA no CITED (Centro de Inovação Tecnológica do Semi-Árido). Esse equipamento consiste em uma câmara de vácuo, um sistema de exaustão, um sistema de alimentação de gases, fonte de tensão e sensores eletrônicos. A câmara de nitretação é constituída por um reator tubular de aço inoxidável com diâmetro externo de 320 mm e altura de 500 mm. O porta amostra é o eletrodo de potencial negativo, na qual tem em seu interior um termopar para medição da temperatura, já a carcaça do reator está em contato com o terminal positivo da fonte de tensão que está aterrado.

A pressão de trabalho é obtida por uma bomba mecânica rotativa Edwards e a fonte de alta tensão fornece a potência necessária para a formação da descarga luminescente. O estabelecimento da vazão de gás para o reator foi utilizado um

controlador de fluxo, na qual os gases são inseridos na câmara individualmente através de fluxímetros. Para a realização dos tratamentos foram utilizadas duas configurações diferentes, na primeira conforme representado na Figura 2, a amostra está inserida em um tubo de aço inoxidável de diâmetro interno 43,30 mm, espessura de parede de 2,6 mm e altura de 34,30 mm, nessa configuração a amostra está sobre o porta amostra com os furos distanciados 15 mm da parede do tubo.

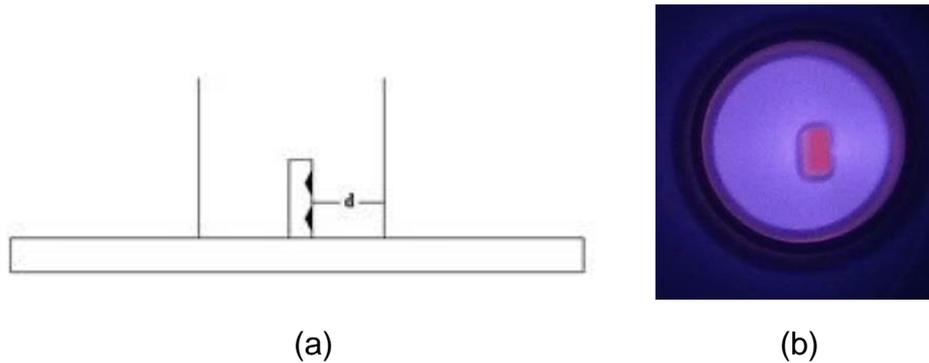


Figura 2 – (a) Disposição da amostra na configuração de cátodo cilíndrico (b) Plasma aplicado sobre a amostra na

Já na segunda configuração conforme representa a Figura 3, a amostra está inserida no mesmo tubo da configuração anterior, porém, com os furos da amostra dispostos para cima e distantes 15 mm de uma tampa com 9 furos. As amostras nessa configuração estão isoladas em potencial flutuante sobre placas de alumina.

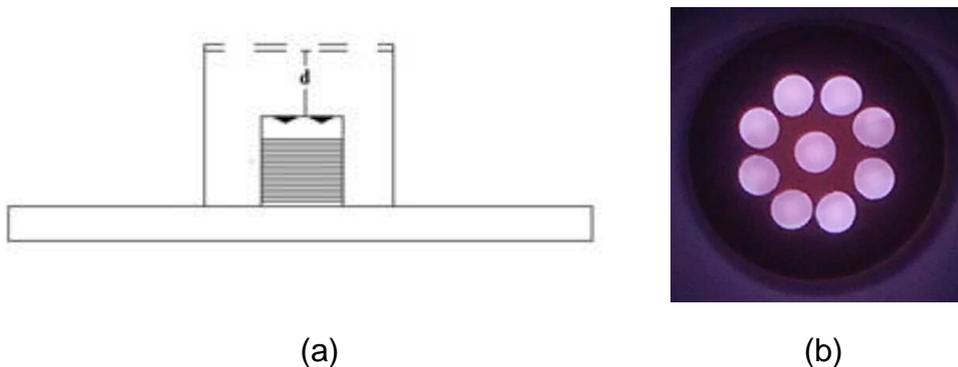


Figura 3 – (a) Disposição da amostra na gaiola catódica (b) Plasma aplicado sobre a amostra com a gaiola catódica.

O primeiro procedimento antes da nitretação consistiu na limpeza da atmosfera do reator, através de uma mistura gasosa de 50 % de Argônio e 50 % de Hidrogênio a uma temperatura de 250 °C, pressão 0,6 mbar e duração de 30 minutos.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nos tratamentos de nitretação a plasma.

Parâmetros	Gaiola Catódica	Cátodo Cilíndrico
Mistura gasosa	80% H ₂ + 20% N ₂	80% H ₂ + 20% N ₂
Pressão (mbar)	2	2
Tempo (h)	2	2
Temperatura (°C)	450 e 500	450 e 500

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os difratogramas da Figura 4 representam os padrões de DRX da amostra de referência, utilizando a configuração de gaiola catódica e cátodo cilíndrico para as duas temperaturas. A amostra nitretada por gaiola catódica em temperatura de 450 °C apresenta as fases ϵ -Fe₃N, γ' -Fe₄N e o óxido Fe₃O₂, enquanto, que na configuração de cátodo cilíndrico, com a mesma temperatura de tratamento, não apresentou nenhuma das fases anteriores. Isso mostra que o tratamento na configuração cilíndrica não foi eficaz. Na temperatura de 500 °C as fases que foram detectadas na amostra tratada por gaiola catódica foram ϵ -Fe₃N e Fe₃O₂, ressaltando que os óxidos foram mais presentes neste caso, conforme a Figura 5. Para a amostra nitretada dentro do cátodo cilíndrico, em mesma temperatura, não houve qualquer formação da camada. Os padrões de DRX das amostras tratadas pela gaiola catódica nas duas temperaturas apresentaram a fase ϵ -Fe₃N produzindo maior camada de compostos. Esse fato ocorreu devido o sputtering na superfície das amostras e conseqüentemente menor descarbonetação superficial ⁽⁴⁾.

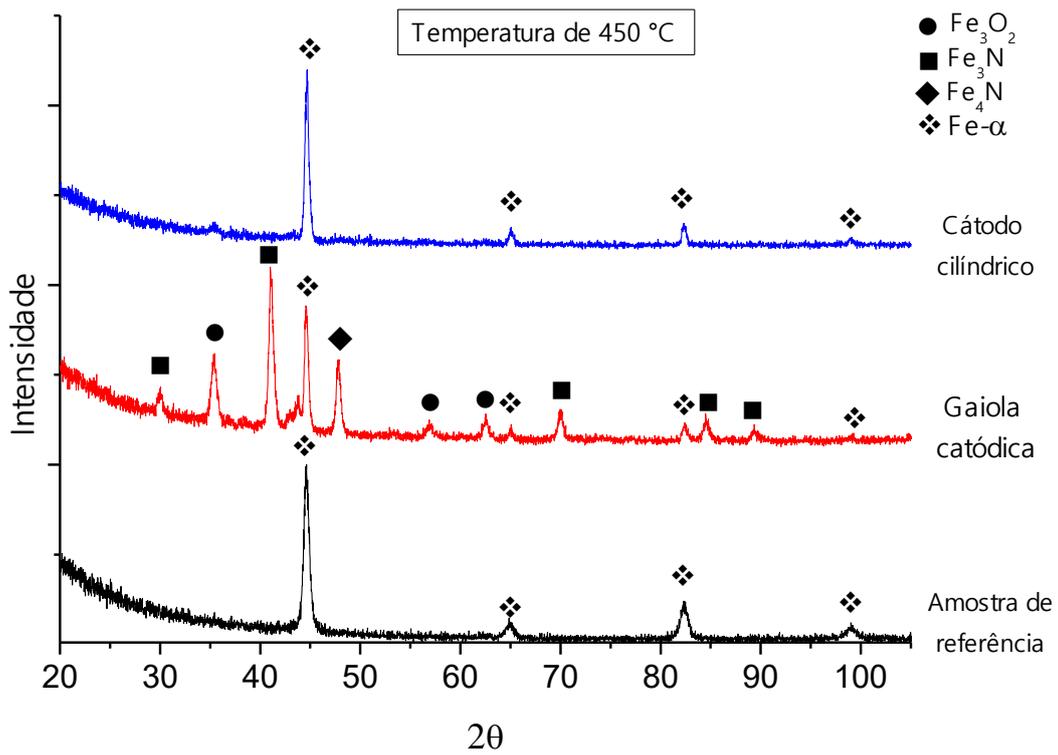


Figura 4 - Difratoograma das amostras tratadas na temperatura de 450 °C.

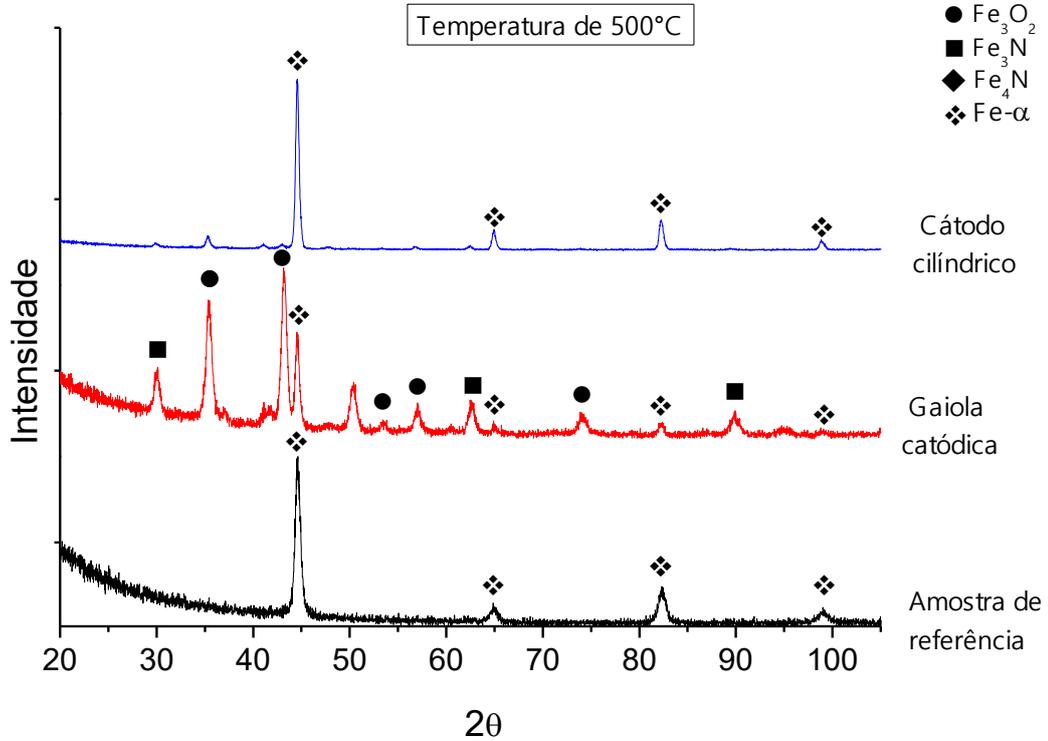


Figura 5 - Difratoograma das amostras tratadas na temperatura de 500 °C.

As microscopias ópticas mostradas na Figura 6 confirmam os resultados obtidos nos padrões de DRX da Figura 4 e 5, na qual ilustra a camada nitretada na região plana da amostra tratada por gaiola catódica a temperatura de 450 °C e 500 °C. Isso ocorre pelo fato de que o *sputtering* ativo ocorreu sobre gaiola e não diretamente sobre as amostras ⁽⁵⁾.

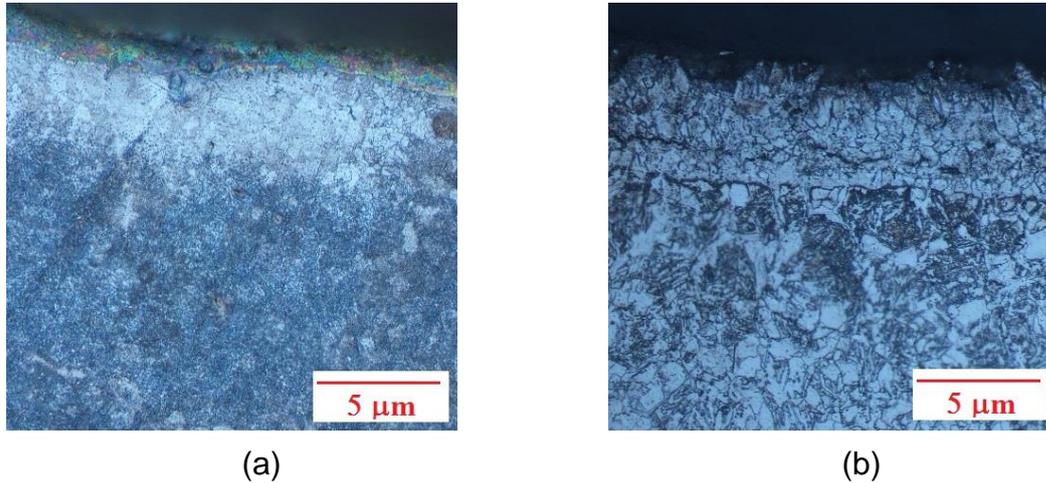


Figura 6 – Microscopia óptica da amostra nitretada na gaiola catódica a temperatura (a) 450 °C e (b) 500 °C

Para observar o efeito da configuração do processo foram realizadas medições de espessuras de camadas através do MEV como apresentado na Figura 7

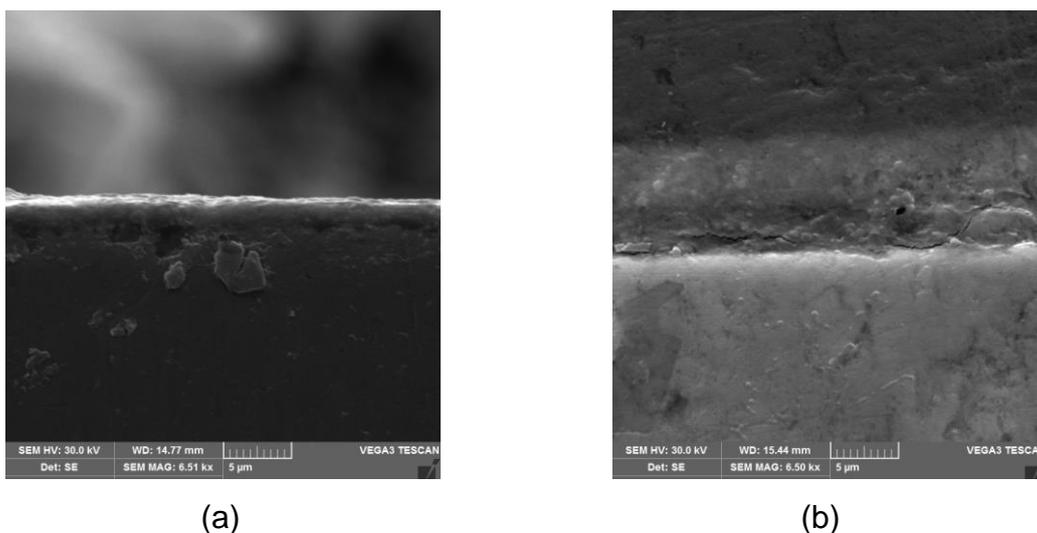


Figura 7 – MEV da região plana da amostra nitretada a temperatura de 450 °C (a) usando gaiola catódica e (b) cátodo cilíndrico.

Pode ser verificado que o processo executado na configuração de gaiola catódica a camada formada é mais espessa do que na configuração de cátodo cilíndrico em condições iguais. O mesmo pode ser visualizado no caso em que o tratamento é realizado em 500 °C, como mostrado na Figura 8.

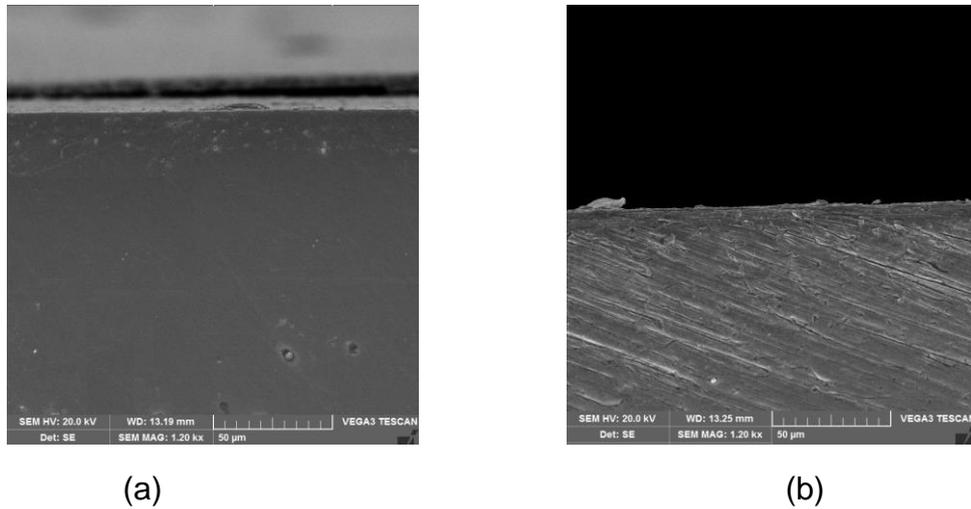


Figura 8 – MEV da região plana da amostra nitretada a temperatura de 500 °C (a) usando gaiola catódica e (b) cátodo cilíndrico.

É importante frisar que a variação de espessura de camada no processo a 500 °C é mais nítida do que aquela ocorrida no tratamento a 450 °C (Figura 7). Entretanto, no centro dos furos a camada não se formou para ambas as temperaturas devido, possivelmente, ao fato dessa região não ter sido polida o suficiente. A Figura 9 mostra as características superficiais dos furos através do MEV.

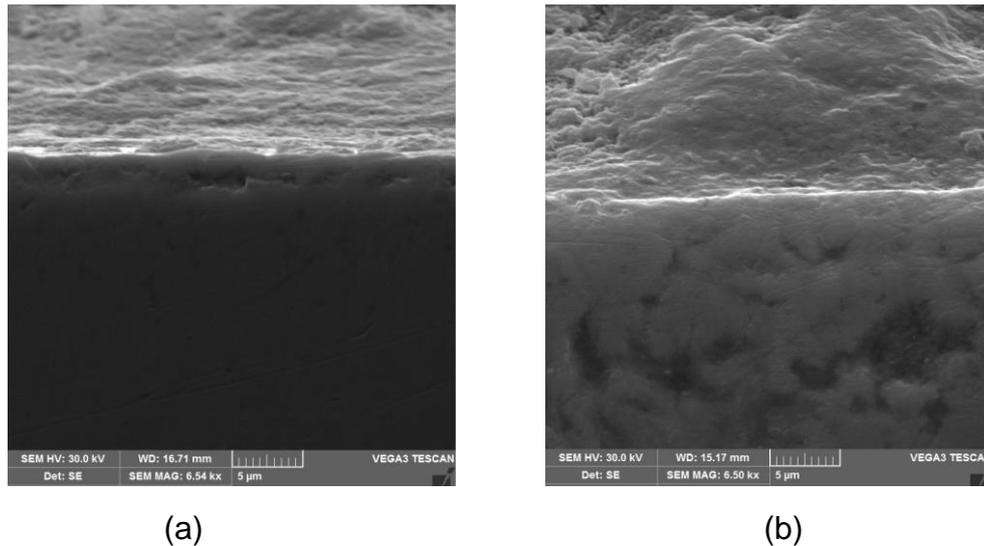


Figura 9 – MEV da região do centro do furo da amostra nitretada por gaiola catódica a temperatura de (a) 450 °C e (b) 500 °C.

Como pode ser percebido a superfície do furo se mostra muito rugosa tornando mais difícil o processo de difusão do nitrogênio.

CONCLUSÃO

Amostras parcialmente furadas de aço AISI 4340 nitretadas por plasma apresentaram maior formação de camada quando tratadas na configuração de gaiola catódica se comparada com a configuração de cátodo cilíndrico, tanto na temperatura de 450 °C como 500 °C. As análises de DRX demonstraram que tais camadas formadas são essencialmente de nitretos de ferro e óxidos. No processo a 450 °C as fases que se formaram foram ϵ -Fe₃N, γ' -Fe₄N e Fe₃O₂, ao passo que, no tratamento a 500 °C não se formou a fase γ' -Fe₄N. Porém, a uniformidade da camada se restringiu às regiões planas da amostra, pois, nos furos as camadas não foram detectadas. Além disso, pôde ser observado que a camada nitretada em 500 °C é mais espessa do que a nitretada a 450 °C.

REFERÊNCIAS

1. BIRYUKOV, V. P. Wear of a laser-surfaced steel shaft and a slip-bearing bush. **Russian Engineering Research**, v. 35, p. 249–252, 2015.
2. ALVES JR, C., **Nitreção a plasma – Fundamentos e aplicações**. Natal: UFRN, 2001.
3. ALPHONSA, J.; PADSALA, B. A.; CHAUHAN, B. J.; et al. Plasma nitriding on welded joints of AISI 304 stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 228, p. 306–311, 2013.
4. ALVES JR., C., ARAUJO, F. O., RIBEIRO, K. J. B., COSTA, J. A. P., SOUSA, R. R. M., SOUSA, R. S. Use of cathodic cage in plasma nitriding. **Surface and Coatings Technology**. v. 201, p. 2450-2454, 2006.
5. ZHAO, C., LI, C. X., DONG, H., BELL, T. Study on the active screen plasma nitriding and its nitriding mechanism. **Surface and Coatings Technology**. v. 201, p. 2320-2325, 2006.

ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF STEEL NITRIDED BY PLASMA UTILIZED IN BUSHES FOR AXIS ARTICULATION SYSTEM

ABSTRACT

Samples made of AISI 4340 stainless steel with small holes were nitride by plasma utilizing cathodic cage and cylindrical cathode configurations in order to verify the influence of those configurations on the layer formation. The samples were treated in low pressure in the temperature of 450 °C and 500 °C during 2 hours and using 20% N₂ + 80% H₂ plasma mixture. Characterizations techniques used in this work were optical microscopy, scanning electron microscopy and x-ray diffraction. The results showed that there is a uniform nitrided layer formed on all exposed surface when the treatment was carried out with the cathodic cage configuration, but it does not happened into the holes of the sample. In the cylindrical cathode configuration, it was detected just a extremely thin layer on the exposed surface and into the holes was not detected any layer.

Keywords: nitriding; cathodic cage; AISI 4340 stainless steel