

## **ESTUDO DA CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO NITRETADO**

RÔMULO RIBEIRO MAGALHÃES DE SOUSA<sup>1</sup>, MARCELLINO YVIS REIS GUALTER<sup>2\*</sup>, ANDRE SALES AGUIAR FURTADO<sup>3</sup>, PETTESON LINNIKER CARVALHO SERRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. Professor em Engenharia Mecânica, UFPI, Teresina-PI, romulorms@gmail.com.br

<sup>2</sup>Discente de Engenharia Mecânica, UFPI, Teresina – PI, marcellinogualter26@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015

15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

**RESUMO:** A deposição de revestimentos em uma superfície visa à melhoria de determinadas propriedades do material tais como as propriedades químicas e tribológicas. O desgaste pode ser minimizado pelo aumento da microdureza superficial ou pela diminuição da adesão entre as superfícies. Com o objetivo de estudar a influência da corrosão foram nitretadas amostras de aço inoxidável austenítico (AISI 316) em várias condições, através da técnica de gaiola catódica (NGC), variando os parâmetros: temperatura, duração do tratamento e pressão. O trabalho foi realizado no laboratório de plasma do Departamento de Física da UFPI, onde amostras de AISI 316 foram nitretadas em variadas situações em gaiola catódica. A partir dos ensaios de polarização potenciodinâmica observou-se que variando o tempo de exposição ao plasma as amostras de AISI 316 diminuíam sua resistência à corrosão ao tempo que aumentavam sua dureza superficial. Os testes de corrosão demonstram que a resistência a corrosão do aço nitretado é superior ao aço sem nitretação, sendo a resistência diminuída à medida que se aumenta o tempo de tratamento, em decorrência do óxido de ferro formado na camada superficial das amostras. A nitretação influenciou diretamente no aumento da dureza superficial das amostras sem que essas perdessem sua resistência a corrosão.  
**PALAVRAS-CHAVE:** Nitretação, gaiola catódica, AISI 316.

### **OBTENTION OF METHYL ESTERS FRACTIONS THROUGH DESTILATION AND POUR POINT EVALUATION OF THE OBTAINED FRACTIONS**

**ABSTRACT:** The deposition of coatings on a surface is aimed at the improvement of certain properties of the material such as the chemical and tribological properties. The wear can be minimized by increasing the surface microhardness or by decreasing the adhesion between the surfaces. Austenitic stainless steel samples (AISI 316) were nitrided in various conditions by cathodic cage technique (NGC), varying the parameters: temperature, duration of treatment and pressure. The work was carried out in the plasma laboratory of the Department of Physics of the UFPI, where samples of AISI 316 were nitrided in various situations in cathodic cage. From the potentiodynamic polarization tests it was observed that by varying the time of exposure to the plasma the AISI 316 samples decreased their resistance to corrosion while increasing their superficial hardness. Corrosion tests demonstrate that the corrosion resistance of nitrided steel is higher than steel without nitriding and that the resistance is reduced as the treatment time increases due to the iron oxide formed in the surface layer of the samples. Nitriding directly influenced the increase of the surface hardness of the samples without losing their resistance to corrosion.

**KEYWORDS:** Nitriding, cathodic cage, AISI 316.

### **INTRODUÇÃO**

A deposição de revestimentos em uma superfície visa à melhoria de determinadas propriedades do material tais como as propriedades químicas e tribológicas. O desgaste pode ser minimizado pelo aumento da microdureza superficial ou pela diminuição da adesão entre as superfícies.

A nitretação iônica ou nitretação por plasma convencional é um processo bem aceito industrialmente, porque apresenta várias vantagens em relação aos outros processos de nitretação (a

gás e em banho de sais), tais como maior economia de gases e menor duração do processo, uma vez que a velocidade de difusão do nitrogênio é maior (ALVES JUNIOR, 2001). A nitretação é uma alternativa para melhorar as suas propriedades tribológicas, mas pode afetar a sua resistência a corrosão dependendo dos parâmetros de tratamento.

Nesse trabalho foi utilizada uma técnica de nitretação denominada de nitretação em gaiola catódica (NGC). Esta técnica utiliza o efeito do catodo oco para aumentar a eficiência do processo de nitretação, proporcionando um aumento de dureza e espessura de camada (SOUSA, 2007).

Esse tratamento tem grande aplicabilidade em ferramentas de cortes de máquinas indústrias, como em guilhotinas e estampadeiras. Essas máquinas, na sua maioria, utilizam ferramentas de diferentes matérias, com formatos específicos para cada aplicação. Para esse trabalho, o material que será nitretado são amostras de aço inoxidável austenítico (AISI 316).

O objetivo desse estudo foi analisar a influência da corrosão em amostras de aço inoxidável austenítico que foram nitretadas em várias condições, através da técnica de gaiola catódica (NGC), variando os parâmetros: temperatura, duração do tratamento e pressão.

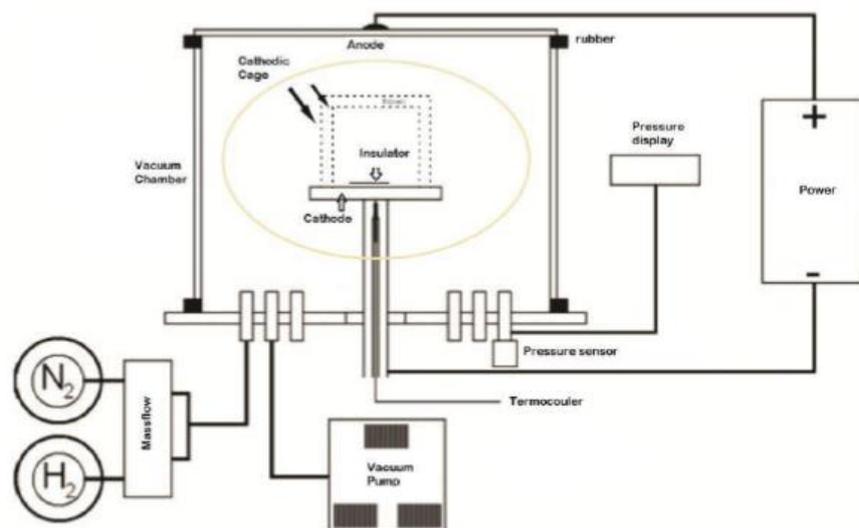
## MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado nesse estudo são amostras cilíndricas de aço austenítico, com diâmetro de 20 mm e altura de 6 mm para a Nitretação a plasma em gaiola catódica (NGC).

Para a realização deste processo termoquímico as amostras foram lixadas com lixas de granulometrias 220,400, 600 e 1200, polidas em disco de feltro em pasta de diamante de 1  $\mu\text{m}$ . Finalmente, foram limpas por ultrassom, imersas em acetona e secas em jato de ar quente através de um secador convencional.

Foram utilizadas duas gaiolas de aço que foram lixadas com uma lixa da granulometria 220. Depois as gaiolas foram imersas em acetona e acomodadas em um aparelho de ultra- durante 10 min para remoção de qualquer impureza ou camada de óxidos residual em seguida foram secadas em um secador comum. A Figura 1 mostra as gaiolas utilizadas e a forma como foram dispostas no reator de plasma.

Figura 1- Desenho técnico do reator de plasma.



Na nitretação por plasma em gaiola catódica utilizou-se o mesmo equipamento de nitretação por plasma convencional. A fonte de tensão é contínua e possui voltagem e corrente máximas de 1500 V e 2 A, respectivamente. À câmara de vácuo cilíndrica (Figura 1) com 30 cm de diâmetro e 40 cm de altura, confeccionada de aço inoxidável a, foi adicionado um dispositivo denominado de gaiola catódica. Para a deposição de nitreto de titânio foram utilizadas duas gaiolas de aço, de 2,0 mm de espessura com diâmetros de 40 mm e 20 mm e alturas de 35 e 25 mm, e furos de 8 mm de diâmetro uniformemente distribuídos com distância de 9,2 mm entre centros de furos adjacentes. A amostra é colocada sobre um disco isolante de alumina conforme figura 1.

O plasma é formado na gaiola catódica, que funciona como cátodo (a parede da câmara é o ânodo) e não diretamente na superfície das amostras, que permanecem em potencial flutuante, posicionadas em uma superfície isolante. O processo de deposição começa com um pré-sputtering (limpeza) com 20 sccm de hidrogênio e 20 sccm de argônio durante 20 minutos a uma temperatura de 300 °C na pressão de 200 Pa.

As amostras foram tratadas durante 0,5, 1, 2, 3, 4 horas na temperatura de 450 °C, na pressão de 250 Pa. A atmosfera nitretante foi constituída de uma mistura de 80 sccm de H<sub>2</sub> e 20 sccm de N<sub>2</sub>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram submetidas a um potencial de circuito aberto em solução de 3,5% NaCl antes dos ensaios de Polarização Potenciodinâmica. Todas elas apresentaram um potencial estável em 30 minutos de imersão. Na Figura 2, apresenta-se as curvas de Polarização Potenciodinâmica do aço AISI 316 sem nitretação e nas 05 condições de tratamento (A1= 0,5h, A2= 1h, A3= 2h, A4= 3h e A5= 4h).

Observa-se na Figura 2, nas amostras em que foram depositados filmes de nitreto de ferro, uma região ativa onde ocorre a formação, o crescimento e a estabilização do filme passivo, sendo esse, o comportamento atribuído a formação da película passiva de óxido de ferro. As curvas para as amostras sob efeito do tratamento de nitretação, ainda apresenta uma região passiva onde caracteriza a estabilização do filme passivo e proteção do metal.

Há também, uma região de nucleação e crescimento de pites, onde se tem quebra do filme passivo e a superfície do metal é exposta ao meio corrosivo (Giordani et al., 2007).

Observa-se na Tabela 01, os potenciais de pite das amostras submetidas a nitretação. Verifica-se que os potenciais de pite têm valores muito próximos, ou seja, o percentual de ferro na superfície do filme disponível para formação da película passiva não influenciou razoavelmente para esses valores; todavia, nota-se uma influência no tempo de tratamento com a formação dos filmes passivos, ou seja, quanto maior o tempo de nitretação e conseqüentemente maior espessura do filme depositado, mais recente a formação da película passivadora e menor a degradação do material.

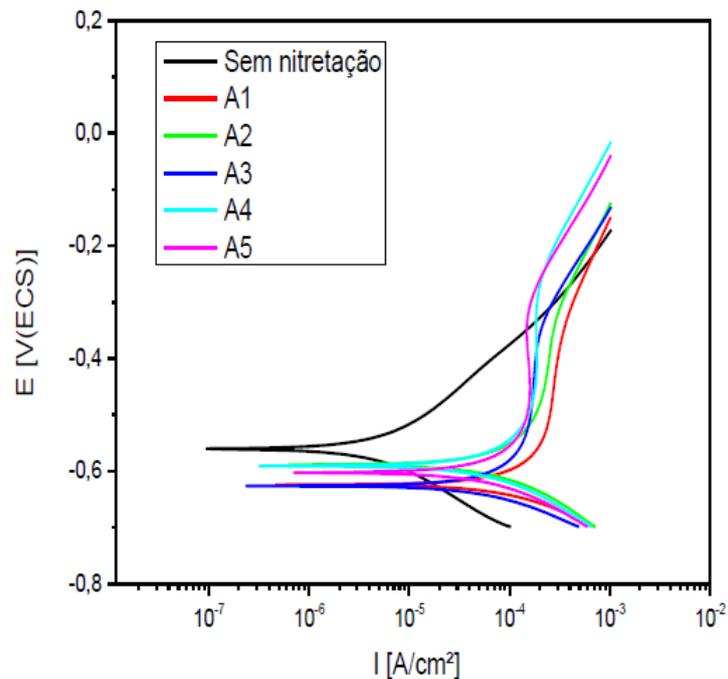
Tabela 1 - Valores de Potenciais de Pite (Epite) e Corrente de Passivação (Ipassivação).

Amostra	Tempo de tratamento (h)	Epite [V(ECS)]	Ipassivação (A/cm <sup>2</sup> )
Sem tratamento	0	*	**
A1	0,5	-0,34	3,15x
A2	1,0	-0,32	2,53x
A3	2,0	-0,34	1,90x
A4	3,0	-0,30	1,86x
A5	4,0	-0,32	1,50x

Notou-se, também, nas curvas do aço nitretado referente a Figura 2, um ponto de transição ativo-passivo com uma corrente crítica (I<sub>c</sub>), aproximadamente, igual à corrente de passivação (I<sub>passivação</sub>). A partir deste ponto, o filme passivo formado é denso e compacto e isola o metal da solução, impedindo a corrosão do metal, ou torna a corrosão lenta até o potencial atingir o potencial de pite.

O comportamento eletroquímico apresentado pelo aço AISI 316 nitretado, no ensaio de polarização potenciodinâmica, na solução de 3,5% NaCl, é diferente do apresentado pelo AISI 316 sem nitretação. O potencial crítico de pite para o metal não foi atingido, em contrapartida, a curva do AISI 316 sem nitretação apresenta uma curva característica de material de baixa resistência à corrosão, ou seja, quando os valores de potenciais aumentam, não há formação de filme passivo, e sim, dissolução anódica do material.

Figura 2 - Curvas de polarização potenciodinâmica do aço AISI D6 sem nitretação e nitretado em vários tempos (A1= 0,5h, A2= 1h, A3= 2h, A4= 3h e A5= 4h) em solução de 3,5% NaCl.



## CONCLUSÕES

Os testes de corrosão demonstram que a resistência a corrosão do aço nitretado é superior ao aço sem nitretação, sendo a resistência diminuída à medida que se aumenta o tempo de tratamento, em decorrência do óxido de ferro formado na camada superficial das amostras.

A nitretação influenciou diretamente no aumento da dureza superficial das amostras sem que essas perdessem sua resistência a corrosão.

## REFERÊNCIAS

- Alves Junior, C. Nitretação a plasma: fundamentos e aplicações. UFRN, Natal, 2001.
- Sousa, R.R.M. Nitretação em plasma com gaiola catódica: Investigação do mecanismo e estudo comparativo com a nitretação em plasma de tensão contínua. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais). Centro de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.
- Giordani, J. E.; Ferreira, I.; Balancin, O. Propriedades mecânicas e de corrosão de dois aços inoxidáveis austeníticos utilizados na fabricação de implantes ortopédicos. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 1, p. 55-62, 2007.