

expandida e nitretos de ferro  $\epsilon\text{-Fe}_3\text{N}$ . Os resultados de cavitação mostraram que a adição de nitrogênio diminui a perda de massa do aço inoxidável em 27 vezes evidenciando que a nitretação sob plasma com tela ativa aumenta a resistência à erosão por cavitação do aço AISI 410 devido principalmente à fato de não ter ocorrido a formação de trincas subsuperficiais durante o tratamento termoquímico e à alta dureza da camada nitretada.

**Palavras-chave:** Aço inoxidável martensítico; Erosão por cavitação; Nitretação sob plasma com tela ativa.

11:20am

#### CAVITATION EROSION RESISTANCE OF THE PLASMA NITRIDED AISI 410 MARTENSITIC STAINLESS STEEL

*The AISI 410 martensitic stainless steel was nitrided by using the active screen plasma nitriding technique during 20 hours at 400°C in a mixture of 75% of nitrogen and 25% of hydrogen. The microstructure of the nitrided layer was characterized by optical and scanning electron microscopy as well as by microhardness measurements. The phases in the nitrided layer were identified by X ray diffraction. Cavitation erosion tests were carried out according to ASTM G32 standard. A ~28  $\mu\text{m}$  nitrided layer formed at the surface of the martensitic stainless steel composed by expanded martensite and  $\epsilon\text{-Fe}_3\text{N}$  iron nitride. The results showed that the addition of nitrogen decreased the mass loss of the stainless steel 27 times. The active screen plasma nitriding increased the cavitation erosion resistance of the AISI 410 martensitic stainless steel due to the high hardness exhibited by the nitrided layer, and avoidance of crack nucleation during the thermochemical treatment.*

**Keywords:** Martensitic stainless steel; Cavitation erosion; Active screen plasma nitriding.

11h40

25802

#### EFEITO DA NITRETAÇÃO A PLASMA EM BAIXA TEMPERATURA DO AÇO UNS S31803 SOBRE AS PROPRIEDADES TRIBOLÓGICAS MEDIDAS EM ENSAIO DE ESCLEROMETRIA LINEAR INSTRUMENTADA

Luis Bernardo Varela Jiménez – USP  
Luis Armando Espitia Sanjuán – USP  
Carlos Eduardo Pinedo – Heat-Tech  
André Paulo Tschiptschin – USP

Amostras de aço inoxidável UNSS31803 duplex foram nitretadas sob plasma em atmosfera gasosa de 75% de nitrogênio e 25% de hidrogênio em temperatura de 400°C durante 20 horas. A microestrutura do material como recebido apresentava cordões de ferrita e austenita, alinhados no sentido da laminação, com aproximadamente 50% de cada uma das fases. A caracterização microestrutural foi feita por microscopia óptica, difração de raios X, MEV e EBSD. As propriedades mecânicas e tribológicas das superfícies tratadas foram avaliadas utilizando ensaios de microdureza e esclerometria linear instrumentada. As camadas obtidas na nitretação a plasma em baixa temperatura (LTPN) eram constituídas por ferrita expandida ( $\alpha_N$ ) e austenita expandida ( $\gamma_N$ ), com durezas de 1509 HV e de 1362 HV, respectivamente. Os ensaios de esclerometria linear mostraram que, num primeiro estágio, o indentador se movimenta sobre a camada nitretada, promovendo deformação plástica nas bordas do sulco, denotando a possibilidade de movimentação de discordância nas fases expandidas da camada nitretada. O coeficiente de atrito medido durante esse estágio ficou estável em torno de 0,05. Ao final do primeiro estágio houve início de formação de microtrincas, aumentando o coeficiente de atrito aparente. A transição para o 2º estágio ocorre com formação de microtrincas

cuja densidade aumenta com o aumento da profundidade de risco. Nesse estágio o coeficiente de atrito cresce linearmente com o tempo e profundidade de risco, o número de microtrincas cresce e as microtrincas observadas são predominantemente transgranulares, típicas de falha coesiva da camada. Foram observadas, também, microtrincas intergranulares que causam o destacamento individual de pequenos grãos de ferrita e/ou austenita expandida. No terceiro estágio de riscamento o coeficiente de atrito aparente tende a se estabilizar em torno de 0,16. O ensaio de esclerometria linear realizado no aço como recebido apresenta coeficiente de atrito sempre crescente até atingir um valor em torno de 0,21.

**Palavras-chave:** Aço Inoxidável Duplex, Nitretação sob Plasma, Austenita Expandida, Ferrita Expandida.

11:40am

#### EFFECT OF LOW TEMPERATURE PLASMA NITRIDING OF STEEL UNS S31803 ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES MESURED BY INSTRUMENTED SCRATSH TEST

*Specimens of a UNS S31803 duplex stainless steel were plasma nitrided at 400°C by 20 h, in a 75%N<sub>2</sub>+25%H<sub>2</sub> atmosphere. The microstructure of the as received material is composed by ferrite and austenitic stringers, aligned in the roll direction. Light optical microscopy (LOM), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and electron-backscattered diffraction (EBSD) were used to characterize the microstructure. Microhardness and scratch tests were carried out in order to assess the surface properties. The plasma nitrided (LTPN) layer was composed by expanded ferrite ( $\alpha_N$ ) and expanded austenite ( $\gamma_N$ ), with microhardness of 1509 HV and 1362 HV, respectively. Scratch tests showed that during the first stage of scratching, plastic deformation of the nitrided layer occurs at the border regions of the scratch, indicating dislocation movement in both expanded phases. The friction coefficient (COF) remained stable and was very small ~0.05. During the second stage small microcracks were observed, the amount of microcracks increasing with increasing depth of scratch. During this stage, the friction coefficient (COF) increases linearly with the depth of scratch,*

*reaching a stable value ~0.16 at the third stage. The scratch test of the untreated specimens resulted in intense plastic deformation, no cracks were observed and the friction coefficient always increased reaching a stable value at the end of the test ~21.*

**Keywords:** Duplex Stainless Steel, Plasma Nitrided, Expanded Austenite, Expanded Ferrite.

#### Tarde / Afternoon

14h

25803

#### AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE ARGÔNIO À ATMOSFERA DE NITRETAÇÃO SOB PLASMA SOBRE A RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Amanda de Angelis Vitoi – Heat Tech

Carlos Eduardo Pinedo – IFES

Adonias Ribeiro Franco Júnior – Heat Tech

Neste trabalho foi estudado o efeito da adição de argônio à atmosfera de nitretação sob plasma sobre a resistência à corrosão do aço inoxidável austenítico AISI 316L. As nitretações foram realizadas em reator a plasma pulsado, a 420°C, por 6 h, adicionando-se 0%, 5% e 10% de argônio à mistura gasosa. Os resultados mostraram que a adição de 5% de argônio promove um aumento na espessura da camada de austenita expandida em relação ao material nitretado sem argônio. Com o aumento da concentração de argônio de 5 para 10%, no entanto, verificou-se a formação de camadas de austenita expandida mais finas e de baixa resistência à corrosão devido à presença de nitreto de cromo em sua estrutura.

**Palavras-chave:** Nitretação sob plasma; Aço inoxidável austenítico AISI 316L; Austenita expandida; Argônio; Corrosão.

**Programa Oficial / Livreto de Resumos**  
*Official Program / Abstracts Booklet*

# 69<sup>o</sup> congresso anual da abm

69<sup>th</sup> abm international annual congress



**Pan American Materials  
Conference 2014**

**1<sup>st</sup> Brazilian-German Symposium on  
Materials Science and Engineering**

**DGM**

**Workshop de tratamentos de superfícies  
de ligas resistentes à corrosão**

*Workshop on surface treatments of corrosion resistant alloys*

## 14<sup>o</sup> ENEMET

**Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia  
Metalúrgica, de Materiais e de Minas**

**21 a 25 de julho / July 21<sup>st</sup> to 25<sup>th</sup>, 2014**

**Centro de Convenções Frei Caneca**

**Frei Caneca Convention Center**

**São Paulo - Brasil**



**abm**

Associação Brasileira de  
Metalurgia, Materiais e Mineração



anos

