

ENRIQUECIMENTO SUPERFICIAL COM CROMO E NITRETAÇÃO DO AÇO IF EM DESCARGA ELÉTRICA EM REGIME ANORMAL

S. R. Meira¹, E. A. Bernardelli², P. C. Borges¹

sabrina.r.meira@gmail.com

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Grupo de Materiais, Curitiba,
PR, Brasil

²Instituto Federal do Paraná, Laboratório de Materiais, Paranaguá, PR,
Brasil

RESUMO

O trabalho tem como objetivo, avaliar a influência do enriquecimento superficial do aço IF (Intersticial Free) com cromo, e da nitretação, na formação da camada nitretada. Desta forma, amostras de aço IF foram submetidas ao processo de enriquecimento superficial, utilizando-se como alvo o aço inoxidável 409, por pulverização catódica, seguido pela nitretação por plasma, ambos de acordo com uma descarga luminescente anormal DC. O procedimento de enriquecimento foi realizado a uma temperatura de 1200°C por 3h. Já a nitretação foi realizada a 510°C por 2h. Foi analisada a eficiência do processo de enriquecimento assim como o efeito deste na camada nitretada, por meio de microscopia óptica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios-X (DRX) e microdureza vickers (HV 0,05). Os resultados mostram que o processo de enriquecimento, além de ser eficiente para enriquecer a superfície de IF, melhora as características de nitretação, pois comparando o material enriquecido e nitretado, com este somente nitretado, observou-se uma maior presença de agulhas de nitretos, como também uma maior dureza, a qual está associada aos nitretos de cromo.

Palavras-chave: enriquecimento de superfície, nitretação, plasma.

INTRODUÇÃO

Os aços IF (do inglês *Interstitial Free*, livre de elementos intersticiais) são amplamente utilizados na indústria automobilística, devido principalmente à alta conformabilidade para fabricação de chapas, entretanto, a maior plasticidade adquirida é acompanhada de perda na resistência mecânica.

Modificações da composição e morfologia, por meio de tratamentos de superfície, são realizadas em muitas aplicações na indústria, para a adequação dos materiais às suas solicitações. Dentre os métodos comumente utilizados, estão os tratamentos realizados a plasma. A utilização de plasma apresenta algumas vantagens em relação aos processos convencionais, tais como: curto período, baixa temperatura, mínima distorção, amostras limpas, baixa energia e a possibilidade de controlar o tipo de camada formada. As propriedades que podem ser obtidas pela realização de algum tratamento de superfície a plasma podem ser de aumento de resistência mecânica, à corrosão, ao desgaste ou para diminuir o coeficiente de atrito.

O efeito da adição de nitrogênio em aços vem sendo amplamente estudado devido ao potencial de melhorar a resistência à corrosão, a resistência ao desgaste e a resistência mecânica. Um dos tratamentos realizados a plasma é a nitretação por plasma.

Embora os aços IF possuam facilidade na introdução de nitrogênio, sua capacidade de formar nitretos é inferior aos aços ligados principalmente ao cromo. Uma forma de adicionar elementos formadores de nitretos é pelo processo de enriquecimento a plasma.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o efeito do enriquecimento superficial a plasma com cromo na nitretação do aço IF. As características da camada obtida foram avaliadas por meio de técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difractometria de raios-X (DRX) e Microdureza.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um lingote do aço IF, com composição química apresentada na Tab 1, foi cortado em amostras de dimensões 30 mm x 30 mm x 7 mm, as quais foram lixadas até a grana de 600 e polidas em diamante 3 µm.

Tabela 1 – Composição química (% em peso) do aço IF.

C	Mn	P	S	Si	Al	Nb	Ti	N
0,0035	0,137	0,007	0,0069	0,085	0,024	0,035	0,037	0,0035

Para a realização do enriquecimento superficial por pulverização catódica, foi utilizada uma chapa laminada do aço AISI 409, cortada na dimensão de 100 mm x 100 mm x 5 mm, cuja composição química está indicada na Tab 2.

Tabela 2 – Composição química (% em massa) do aço inoxidável ferrítico AISI 409.

Elementos (% massa)										
	C	Cr	Co	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Ti
Certificado	0,006	10,9	0,017	0,022	0,21	0,038	0,21	0,029	0,001	0,172

O tratamento de enriquecimento superficial por pulverização catódica a plasma, do aço IF foi realizado em um reator do Laboratório de Materiais (LabMat) da Universidade Federal de Santa Catarina. Já os experimentos de nitretação a plasma foram efetuados no Laboratório de Plasma (LabPlasma) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Na etapa de enriquecimento superficial, foram dispostas doze amostras do aço IF ao longo de um suporte de tratamento, a chapa do aço AISI 409 foi posicionada na parte superior do suporte, desempenhando o papel de cátodo do sistema. Os parâmetros utilizados para o enriquecimento da superfície do aço IF, estão apresentados na Tab 3. Durante o tratamento houve o bombardeamento da superfície do aço IF pelos íons do alvo de aço AISI 409.

Tabela 3 – Parâmetros utilizados para o processo de enriquecimento superficial a plasma.

Parâmetros	Enriquecimento
Tempo (h)	3
Temperatura (°C)	1200
Fluxo de gases (cm ³ /min)	240
Atmosfera gasosa	80%Ar + 20%H ₂
Pressão (torr)	2
Tensão (V)	700
Ton (µs)	180

Foram submetidas ao tratamento termoquímico de nitretação a plasma, três amostras previamente enriquecidas superficialmente com o aço AISI 409, assim como três amostras do material base (IF), dentre as quais, duas foram posteriormente submetidas ao processo de enriquecimento superficial. Os parâmetros utilizados para a nitretação, podem ser observados na Tab 4, os quais foram os mesmos aplicados no estudo realizado por Berton (2014).

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para o processo de nitretação a plasma.

Parâmetros	Limpeza superficial	Nitretação por plasma
Temperatura (°C)	160±10	510±10
Tensão (V)	400	600
Pressão (torr)	1,5±0,2	3,0±0,2
Tempo (horas)	1	2
Atmosfera gasosa	H ₂	80%N ₂ + 20%H ₂
Ton (µs)	220-250	95-195
Toff (µs)	250	250

A análise metalográfica das amostras foi realizada conforme técnicas de metalografia. Efetuou-se o ensaio Vickers para a avaliação da microdureza, com carga de 0,05 kgf e tempo de aplicação de 10 s. Cada perfil de microdureza corresponde a uma média de três medições.

Para a identificação química qualitativa e quantitativa foi utilizado o processo de Difractometria de raios-X, com um ângulo de varredura de 2 θ .

RESULTADOS

Na Fig 1 é apresentada uma micrografia das amostras enriquecidas superficialmente. Observa-se pela Fig 1a que a espessura da camada enriquecida é de aproximadamente 105 µm, nesta camada foi observada uma grande quantidade de cromo.

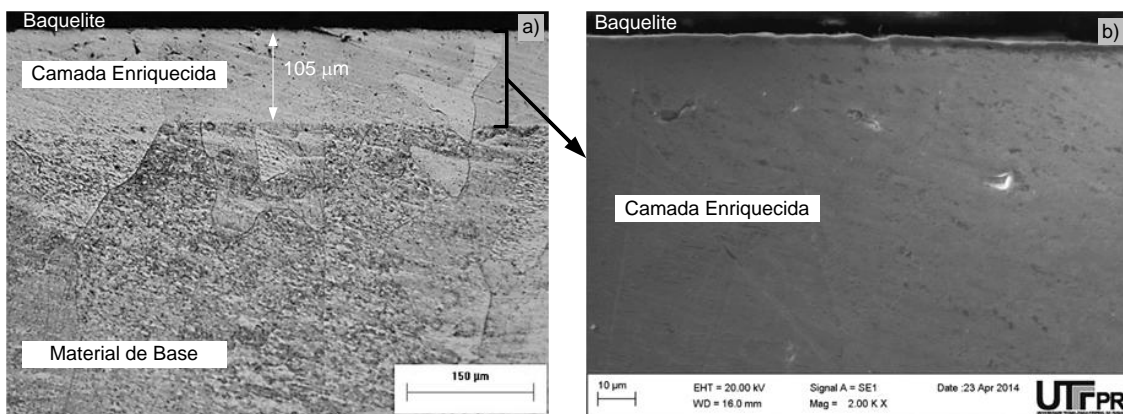


Figura 1. a,b) micrografia mostrando a camada enriquecida.

Na Fig 2 são apresentadas micrografias das amostras de IF nitretadas, e enriquecidas e nitretadas. Nestas observa-se que o processo de enriquecimento foi eficiente para obtenção de precipitados, nitretos.

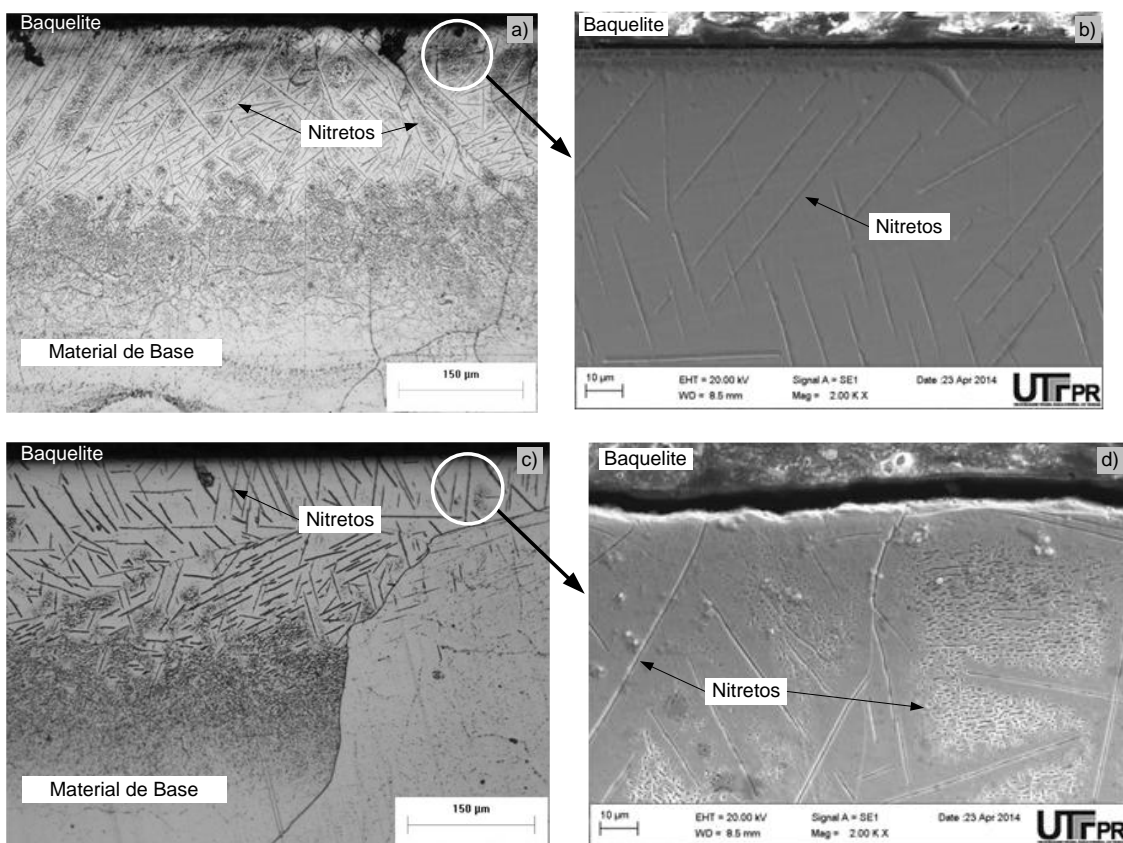
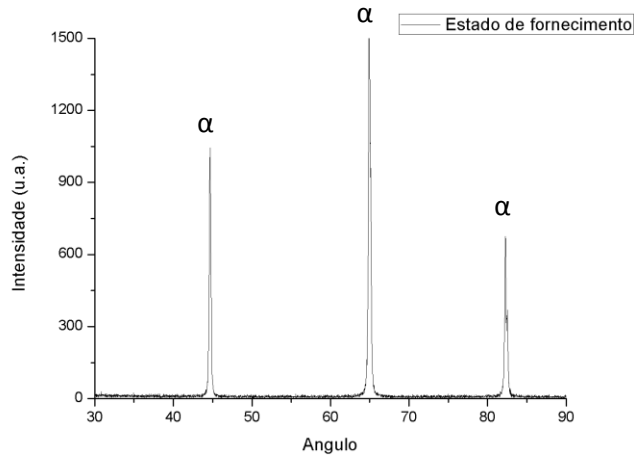
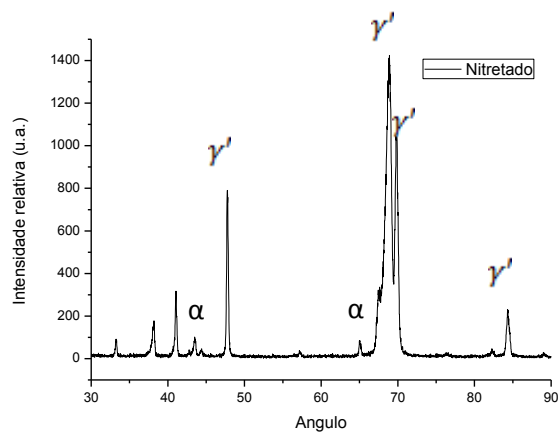


Figura 2 a,b) IF nitretado e, c,d) IF enriquecido e nitretado.

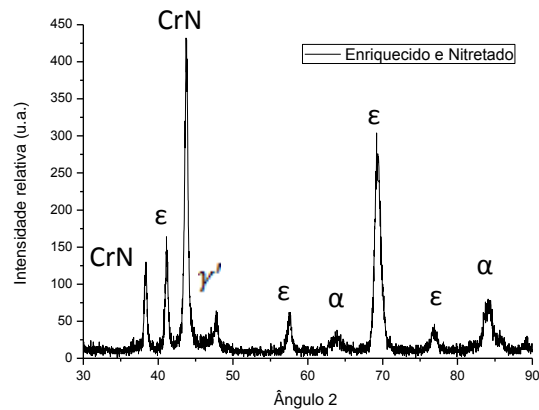
Na Fig 3 são apresentados os difratogramas de raios-X das condições IF em estado de fornecimento, nitretado e enriquecido e nitretado. Onde se pode observar para a Fig 3a, somente picos de ferro alfa, para Fig 3b, há picos da fase gama' (Fe_4N) e na Fig 3c, foi analisada a presença de nitretos de cromo (CrN) e das fases gama' (Fe_4N) e épsilon ($Fe_{2-3}N$).



a)



b)



c)

Figura 3. a) IF no estado de fornecimento, b) IF nitretado e, c) IF enriquecido e nitretado.

Os resultados da avaliação de microdureza Vickers, estão apresentados na Fig 4. Observa-se que as amostras nitretadas apresentaram um valor de dureza de aproximadamente duas vezes maior do que as amostras em estado de fornecimento ou enriquecidas. Já as amostras enriquecidas e nitretadas

apresentaram um valor de dureza na superfície de aproximadamente quatro vezes maior do que as amostras somente nitretadas.

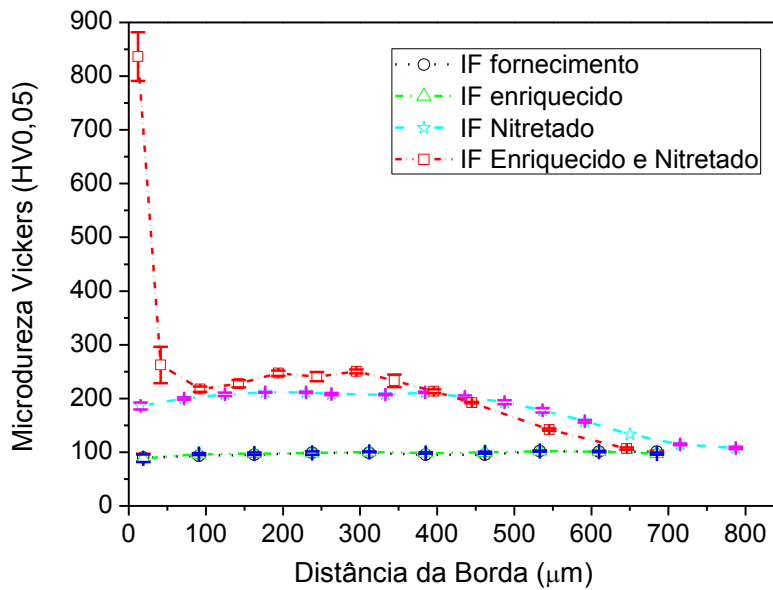


Figura 6. Microdureza Vickers das amostras processadas.

CONCLUSÃO

Com o presente trabalho pode-se concluir que:

- O processo de enriquecimento superficial por pulverização catódica com cromo é eficiente para o enriquecimento da superfície do aço IF;
- A baixa quantidade de elementos intersticiais do aço IF favorece o processo difusional do tratamento de nitretação por plasma, ocorrendo a formação de nitretos finamente dispersos, os quais distorcem a rede ferrítica do aço IF, levando a um aumento da dureza na região nitretada;
- A dureza da camada nitretada sofre grande influência da presença de elementos de liga, tais como o cromo, provenientes do enriquecimento superficial, aumentando conforme a concentração do ligante, devido principalmente ao fenômeno de precipitação de nitretos de cromo.

REFERÊNCIAS

BENDO, T. **Nitreção por plasma de ferro puro enriquecido superficialmente com molibdênio.** 2009. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BERTON, E. M. **Efeito das temperaturas de têmpera e de revenido na resistência à corrosão da camada martensítica de alto nitrogênio produzida por SHTPN sobre o aço AISI 409.** 2014. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FIETO, B. M. **Evolução da microestrutura e das propriedades mecânicas de aços IF tratados termomecanicamente.** 2013. Projeto de Graduação. Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SURFACE ENRICHMENT WITH CHROME AND NITRIDING OF IF STEEL UNDER AN ABNORMAL GLOW DISCHARGE

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the influence of surface enrichment of IF steel with chrome, and nitriding, the formation of the nitrated layer. Thus, IF steel samples were subjected to surface enrichment process, using 409 stainless steel as a target for sputtering, followed by plasma nitriding, both under a dc abnormal glow discharge. The enrichment treatment was operated at 1200 ° C for 3h. The nitriding treatment was operated at 510 ° C for 2 h. The influence of the treatments on the layers formed was studied through optical microscopy (OM), scan electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and Vickers microindentation. The results show that the enrichment is effective to enrich the IF surface, furthermore, improves the characteristics of nitriding, comparing nitriding samples to nitriding and enriched, was observed needles of nitrides, as well as a higher hardness, which is associated with the nitrides of chrome, on the nitriding and enriched samples.

Keywords: surface enrichment, nitriding, plasma.