

MODIFICAÇÃO SUPERFICIAL POR PLASMA EM AÇOS INOXIDÁVEIS APLICADOS EM BIOMATERIAIS E INSTRUMENTAÇÃO MÉDICA

Anderson Aparecido do Prado¹; Carlos Eduardo Pinedo²

Estudante do Curso de Bacharelado em Química; anderson.quimica@yahoo.com.br ¹
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Metalúrgicos da UMC, pinedo@heattech.com.br ²

Área do Conhecimento: Biomateriais e Materiais Biocompatíveis

Palavras-chave: aços inoxidáveis, nitretação sob plasma, biomateriais

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis constituem uma família com aplicação muito ampla, em biomateriais por sua excepcional resistência à corrosão é a principal propriedade exigida. Entretanto, em muitas aplicações a resistência mecânica destes aços não é suficiente para promover uma ótima resistência ao desgaste. Uma forma de elevar a resistência ao desgaste é a elevação de sua dureza superficial por meio do uso de tratamentos de superfícies, como a nitretação sob plasma. Dois são os principais aços inoxidáveis utilizados para aplicação biomédica, (i) o aço inoxidável austenítico tipo AISI 316L e (ii) o aço inoxidável martensítico tipo AISI 420. O aço tipo 316L é utilizado basicamente em implantes, próteses e órteses e o aço tipo 420 em instrumentação, tanto para a área médica quanto odontológica.

O desafio para elevar a resistência ao desgaste destes materiais, sem deteriorar a resistência à corrosão, é desenvolver processos que evitem a precipitação de nitretos de cromo. Estes nitretos diminuem a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis e podem tornar os materiais fontes geradoras para proliferação de bactérias. Com isso, os processos de endurecimento devem evitar a precipitação de nitretos de cromo para garantir a manutenção da biocompatibilidade com o corpo humano, evitando reações adversas que venham a causar infecções localizadas e até mesmo a rejeição de implantes, próteses.

Para o aumento da resistência ao desgaste os tratamentos de endurecimento por difusão têm mostrado potencialmente aplicáveis para os aços inoxidáveis, desde que utilizando o processo de plasma, dentre eles a nitretação. No caso de aços inoxidáveis austeníticos, quando o processo de nitretação é realizado em temperaturas superiores a 550°C a resistência à corrosão fica comprometida devido à intensa precipitação de nitretos complexos de cromo na zona de difusão (Dong,2010;Liang,2000). A precipitação dos nitretos eleva a dureza, mas diminui a resistência à corrosão nestes aços. Utilizando o processo de nitretação sob plasma é possível introduzir nitrogênio no aço a baixa temperatura, suficiente para formar uma fase metaestável de elevada dureza sem diminuir a resistência à corrosão. A literatura descreve esta fase como sendo uma solução sólida supersaturada de nitrogênio na austenita metaestável. De acordo com a literatura (Mingolo,2006;Souza,2009), esta fase encontra-se livre de nitretos, com reticulado cristalino CFC altamente expandido, conduzindo a um elevado estado de tensões residuais de compressão na camada nitretada, sendo denominada; “Fase-S” ou “Austenita Expandida – γN ”. A expansão volumétrica no reticulado CFC, associada à supersaturação em nitrogênio é observada pelo deslocamento dos picos de difração de raios-X para a esquerda, menores ângulos 2θ e pelo seu alargamento. No caso do uso de tratamentos superficiais é importante pontuar que estes tratamentos não devem comprometer a resistência à corrosão (Xi,2008;Li,2006).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é estudar a estrutura dos aços inoxidáveis após o tratamento de nitretação sob plasma em diferentes condições de processo. Para a avaliação da mudança microestrutural foi utilizada técnica de Difração de Raios-X. Para isso, foi necessário desenvolver técnica experimental para utilização do equipamento de Difração de Raios-X disponível na UMC e utilizado apenas para análises de materiais cerâmicos na forma de pó.

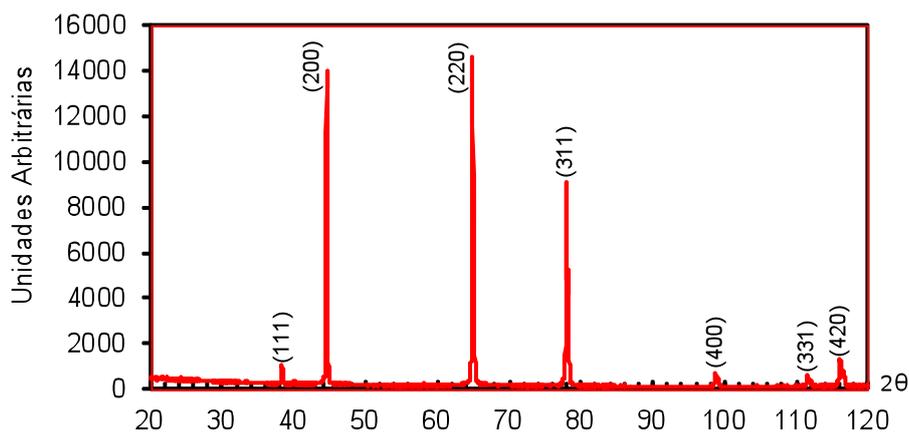
METODOLOGIA

Os estudos de Difração de Raios X (DRX) foram realizados na UMC em um Difractômetro Shimadzu 6000. A identificação de fases por Difração de Raios X utilizou radiação Cu-K α , comprimento de onda $\lambda = 0,1542$ nm e simetria geométrica $\theta/2\theta$ de Bragg-Brentano. A nitretação sob plasma foi realizada na empresa Heat Tech Ltda em um reator com fonte de tensão DC pulsada, marca ELTROPULS GmbH. Os tratamentos termoquímicos foram realizados a 400°C e a 550°C, ambos por 12 horas, utilizando mistura gasosa de composição 75%N₂:25%H₂.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

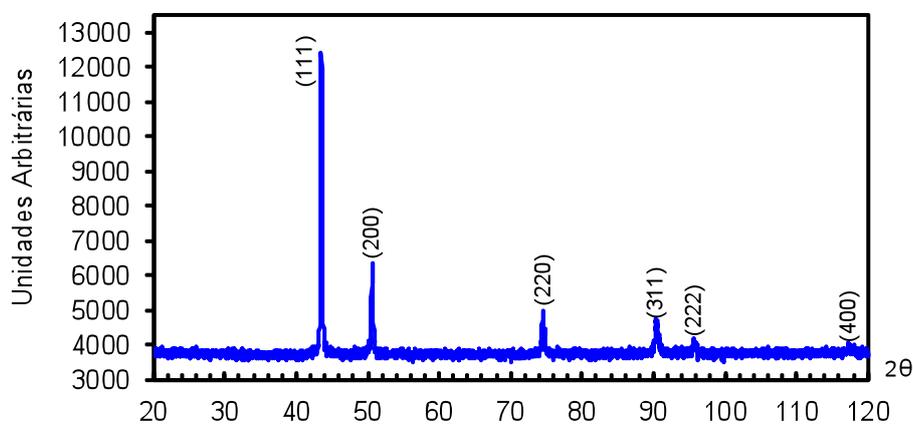
O resultado preliminar de DRX realizado diretamente no porta-amostra de alumínio forneceu um resultado dentro do esperado para o metal mostrando que o equipamento pode realizar análises em amostras metálicas sólidas. A Figura 1 mostra os resultados obtidos para o alumínio. Verifica-se que foram detectados cinco picos de DRX com interferência construtiva correspondendo ao reticulado Cúbico de Face Centrada (CFC). A indexação destes picos forneceu um parâmetro de reticulado igual a 4,064 Å, muito próximo ao apresentado pelo cartão da JCPDS, 4,06 Å.

Com isso, foi desenvolvido um novo sistema de porta amostra e de fixação das amostras desta pesquisa. Com o novo sistema de porta amostra foram realizadas todas as análises. A Figura 2 mostra, como exemplo, o resultado de DRX para o aço AISI 316L sem tratamento, mostrando que os resultados encontram-se dentro do especificado para este material. Verifica-se que, como no alumínio, também foram detectados cinco picos de DRX com interferência construtiva correspondendo ao reticulado Cúbico de Face Centrada (CFC). A indexação destes picos forneceu um parâmetro de reticulado igual a 3,062 Å, muito próximo ao apresentado pelo cartão da JCPDS, 3,06 Å.



2 θ	senθ	d _{calculado} (Å)	d _{JCPDS} (Å)	h	k	l	a (Å)	d _{recalculado} (Å)
38,28	0,327	2,349	2,080	1	1	1	4,069	2,346
44,58	0,379	2,031	1,800	2	0	0	4,062	2,032
64,88	0,536	1,436	1,270	2	2	0	4,062	1,437
77,96	0,629	1,224	1,083	3	1	1	4,061	1,225
98,56	0,757	1,016	0,900	4	0	0	4,065	1,016
Média =							4,064	
Desvio Padrão =							0,003	
a JCPDS :							4,600	

Figura 1. Difratograma de DRX e análise para o porta-amostra em Al.



2 θ	senθ	d _{calculado} (Å)	d _{JCPDS} (Å)	h	k	l	a (Å)	d _{recalculado} (Å)
43,52	0,371	2,078	2,080	1	1	1	3,599	2,074
50,62	0,428	1,802	1,800	2	0	0	3,604	1,796
74,46	0,605	1,273	1,270	2	2	0	3,601	1,270
90,36	0,709	1,086	1,083	3	1	1	3,602	1,083
95,62	0,741	1,040	1,037	2	2	2	3,601	1,037
117,32	0,854	0,902	0,900	4	0	0	3,608	0,898
Média =							3,602	
Desvio Padrão =							0,003	
a JCPDS :							3,600	

Figura 2. Difratograma de DRX e análise para o aço AISI 316L sem tratamento.

CONCLUSÕES

Os objetivos iniciais do projeto de pesquisa foram plenamente alcançados. Foi possível desenvolver a técnica experimental para utilizar o equipamento de DRX disponível na UMC para análise de amostras sólidas metálicas. Com isso, foi possível acompanhar a mudança microestrutural ocorrida nos aços inoxidáveis; austenítico AISI 316L e martensítico AISI 420, após os tratamentos superficiais de nitretação sob plasma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DONG, S-Phase Surface Engineering of Fe-Cr, Co-Cr and Ni-Cr Alloys, *International Materials Reviews*, v. 55, p. 55-98, 2010
- W. LIANG, X. BIN, Y. ZHIWEI, S. YAQIN, *Surface and Coatings Technology*, v. 130, p. 304 – 308, 2000.
- N MINGOLO, A.P. TSCHIPTSCHIN, C.E. PINEDO, On the Formation of Expanded Austenite During Plasma Nitriding of an AISI 316L Austenitic Stainless Steel, *Surface and Coatings Technology*, v. 201, p. 4215-4218, 2006.
- R.M. SOUZA, M. IGNAT, A.P. TSCHIPTSCHIN, C.E. PINEDO, Structure and properties of Plasma Carburized Austenitic Stainless Steel, *Surface and Coatings Technology*, v. 204, p. 1102-1105, 2009.
- Y.XI, LIU, D., HAN, “Improvement of Corrosion and Wear Resistances of AISI 420 Martensitic Stainless Steel Using Plasma Nitriding at Low Temperature”, *Surface and Coatings Technology*, v. 202, p. 2577-2583, 2008.
- C.X. LI, T. BELL, “Corrosion Properties of Plasma Nitrided AISI 420 Martensitic Stainless Steel in 3.5% NaCl and 1% NaCl Aqueous Solution”, *Corrosion Science*, v. 48, p. 2046-2049, 2006.