CORROSÃO DE AÇOS INOXIDÁVEIS EM FUNÇÃO DA RUGOSIDADE

Eurico Fernando de Miranda [(1)]

Susana Marraccini Giampietri Lebrão [(2)]

Margarete Cristina Moreira [(3)]

(1)Eng° Metalurgista da ArcelorMittal São Paulo Serviços, mestrando do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

(2)Profª. Drª. do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

(3)Técnica sênior do Laboratório de metalografia do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

RESUMO

A aplicação dos aços inoxidáveis na fabricação de equipamentos e tanques em geral para a produção de biodiesel é cada vez maior. Os tipos mais utilizados são os austeníticos, destacando-se o tipo AISI 304. Os aços inoxidáveis ferríticos contendo em liga o elemento cromo e outros mais como; molibdênio, nióbio, titânio, também apresentam boa resistência à corrosão. Os tipos mais destacados AISI 439 e 444 estão disponíveis no mercado consumidor, com vantagens econômicas e benefícios técnicos. Por outro lado, os equipamentos podem ser fabricados com acabamentos superficiais lixados, que aumenta a rugosidade superficial, dificulta a higienização como também propicia a aderência de impurezas ou de produtos corrosivos. Estamos propondo apresentar os resultados quanto ao comportamento do aço inoxidável austenítico, AISI 304, e os ferríticos, AISI 439 e 444 (ASTM A 240-M-05a - UNS S43932), considerando as rugosidades oriundas do acabamento superficial 2B, obtido a partir da laminação a frio, seguido de um leve passe no laminador de encruamento, e acabamento lixado, lixa 220 mesh, avaliando as suas respectivas perdas de massas em $FeCl_3$.

Palavras chaves: Corrosão; Rugosidade; Aços Inoxidáveis

ABSTRACT

The stainless steel application in manufacture equipment and tanks for the biodiesel production is growing. The austenitic, mainly AISI 304, are the most used. The ferritic stainless steel containing chromium and other alloys elements such, molybdenum, niobium, titanium, also have good corrosion resistance. The ferritic, mainly AISI 439 and 444, are available with economic advantages and technical benefits. Moreover, the equipment

can be manufactured with sanding surface finishing, which increases the surface roughness, makes sanitizing difficult and also provides the impurities grip or corrosive products. The propose of this paper is present the behaviour results of austenitic stainless steel AISI 304 and ferritic stainless steels , AISI 439 and 444 (ASTM A 240-M-05th - UNS S43932), with 2B finishing, obtained from cold rolling followed by temper mill, and 220 mesh sanding finishing, estimating their volume losses in $FeCl_3$.

Key–words: Roughness; Corrosion; Stainless Steel

1. INTRODUÇÃO

O estudo de fontes alternativas tornou-se muito importante para a humanidade, considerando-se os sintomas de esgotamento futuro das reservas de petróleo. O óleo vegetal é uma das alternativas para substituição.

Estudos produzidos até 1997 demonstram que o biodiesel e as misturas contendo biodiesel produzem significativas reduções na poluição: materiais particulados, -10,1 % (MP); monóxido de carbono, -11,0% (CO); hidrocarbonetos, - 21,0% (THC). Entretanto, produz um aumento na emissão de óxido nitroso, + 2,0% (NOX) em motores de carga pesada.

Quanto maior a rugosidade superficial, maior será a retenção de produtos corrosivos, favorecendo a corrosão.

Nos aços inoxidáveis a corrosão por pites é uma das formas mais comuns encontradas, principalmente quando em contato com soluções de cloretos, fluoretos, brometos e iodetos, etc., principalmente quando imersos em soluções estagnadas e em elevadas temperaturas, condições que favorecem a corrosão. As superfícies polidas, com menor rugosidade, portanto mais lisas e homogêneas apresentam maior resistência à corrosão por pites.

A importância do estudo do acabamento superficial aumenta na medida em que cresce a precisão de ajuste entre as peças e onde houver desgaste, atrito, corrosão, aparência, resistência à fadiga, transmissão de calor, propriedades óticas, escoamento de fluidos e superfícies de medição.

A rugosidade revela sulcos e marcas deixadas pela ferramenta ou lixa na superfície da peça e desempenha um papel importante nos componentes mecânicos. Apresenta grande influência na: qualidade de deslizamento; resistência ao desgaste; possibilidade de ajuste forçado; resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluidos e lubrificantes; qualidade de aderência que a estrutura oferece às camadas protetoras; resistência à corrosão e à fadiga; na vedação; na aparência.

Quanto à aparência, os aços inoxidáveis autenítico e ferríticos apresentam brilho e textura diferentes quando laminados com o mesmo acabamento 2B, dando a errônea impressão, a primeira vista, de tipos de acabamento distintos e, portanto, condições de resistências à corrosão também distintas em relação ao acabamento superficial.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a influência da rugosidade na corrosão por pite do aço inoxidável austenítico AISI 304 e ferríticos AISI 444 e 439.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nas tabelas n° 1, 2 e 3 apresentamos as características gerais das amostras de aços inoxidáveis que foram testadas:

Tabela 1. Tipo dos aços inoxidáveis, unidades metálicas, acabamentos superficiais e espessuras.

MATERIAIS TESTADOS				
CÓDIGO	AÇO AISI	UNIDADE METÁLICA	ACAB. SUP.	ESP. mm
1	304	744554G 2000B	2B	1,2
2	444	707530B 3000B	2B	1,2
3	439	607364G 2000B	2B	1,2

A rastreabilidade das amostras pode ser verificada através da unidade metálica, cujo significado é:

Primeiro número (**7**44554G 2000B): Ano de fabricação ou produção da corrida.

Segundo número (7**4**4554G2000B): N° do forno de processamento.

Terceiro ao sexto número (74**4554**G2000B): Número seqüencial de corridas fabricadas ou produzidas.

Letra (744554**G**2000B): Digito verificador

Numero final (744554G**2000**B): Número seqüencial das placas.

Letra B (744554G 2000**B**): Bobina

Tabela 2. Composição química dos aços estudados.

Composição química	AÇO AISI		
	304	444	439
C	0,041	0,008	0,013
Cr	18,14	17,69	17,06
Ni	8,01	0,18	0,17
Mo	0,038	1,894	0,009
N_2 ppm	422	108	120
Ti	0,003	0,145	0,167
Nb	-	0,178	0,199

Tabela 3. Propriedades mecânicas dos aços estudados.

Aço	Propriedades mecânicas			
	L.E. MPa	L.R. MPa	AL. %	HRB
304	316	703	55	82
444	350	350	32	80
439	205	415	34	79

Para avaliação da resistência à corrosão, os corpos de prova, com dimensão de 1,20 x 50,80 x 50,80 mm, foram preparados em triplicatas, por tipo de aço, acabamentos 2B e

lixados 220 mesh, furados, medidos, pesados identificados e dispostos em solução de 100g de cloreto férrico hexa-hidratado (FeCl3 x 6H2O) em 900 ml de água destilada, conforme a norma ASTM G48 (prática A). O tempo de ensaio foi de 72 horas para todas as amostras com temperatura da ordem de 24°C.

O acabamento superficial das amostras está conforme a norma ASTM A 480: - 2B, acabamento obtido por um processo de laminação a frio, recozimento, decapagem e seguido de um leve passe no laminador de encruamento (skin-pass); - Lixado 220 mesh, obtido através do processo de lixamento manual utilizando lixa de 220 mesh.

As amostras para metalografia foram preparadas conforme ASTM E112 seguidas de ataque eletrolítico em solução de ácido oxálico (10g de ácido oxálico e 90 ml de água em 1 A / cm² de área) e visualização da microestrutura em microscópio ótico com 100X e 200X de aumento.

3. RESULTADOS

Na tabela 4 podem ser vistos os valores obtidos de perdas de massas para os três tipos de aços nas duas condições de acabamentos superficiais.

Tabela 4. Resultados de perdas de massa em cloreto férrico.

Aço	Acabamento	Rugosidade (µm)	Perda de Massa (g/cm^2)
304	2B	0,13	0,0049
	Lixado	0,39	0,0129
444	2B	0,20	0,0072
	Lixado	0,36	0,0217
439	2B	0,15	0,0851
	Lixado	0,46	0,1002

Optou-se por não efetuar a proteção das bordas com verniz em virtude da corrosão em fresta, cujo efeito poderia ser maior na avaliação da perda de massa, afetando os resultados finais.

Nas figuras de 1 a 3 podemos observar a microestrutura dos três aços estudados.

Figura 1. micrografia do aço AISI 304. Apresenta estrutura austenítica, maclas e linhas de deformação.

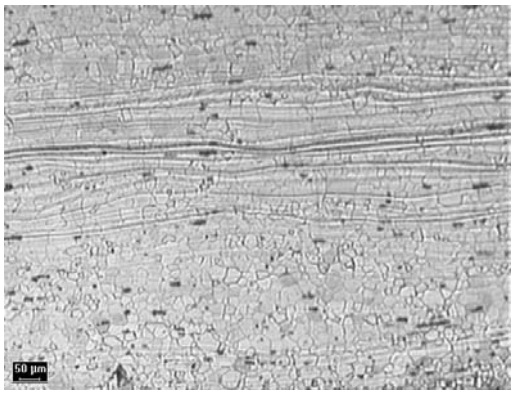

Figura 2 micrografia do aço AISI 439. Apresenta estrutura ferrítica, linhas de deformação no sentido solicitado, grãos arredondados e precipitados dispersos de forma aleatória de carbonitretos de cromo, titânio e nióbio.

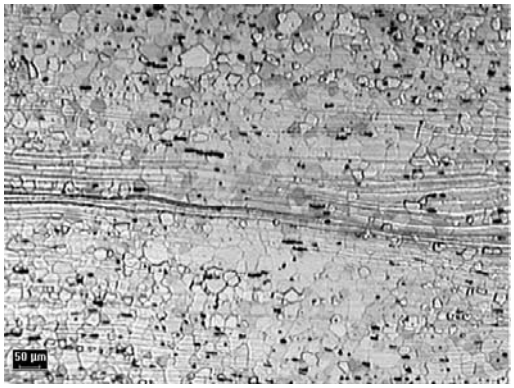

Figura 3 micrografia do aço AISI 444. Apresenta estrutura ferrítica, linhas de deformação no sentido solicitado, grãos arredondados e precipitados dispersos de forma aleatória de carbonitretos de cromo, titânio e nióbio.

Considerando-se apenas o tipo de acabamento superficial, a taxa de corrosão foi maior em todas as amostras lixadas, conforme indicado na literatura (PANOSSIAN,1993). Além disso, os aços com acabamento lixado apresentaram, de maneira geral, maior efeito de borda e dispersão dos resultados.

Quanto ao tipo de aço, o AISI 304 apresentou os melhores resultados nas condições testadas e o AISI 439 apresentou os piores resultados em termos de perda de massa, em ambas as condições de acabamento superficial. Era de se esperar que o aço AISI 444, contendo molibdênio, apresentasse uma resistência à corrosão, em meio contendo cloreto, superior ao AISI 304. Este resultado, aparentemente antagônico, também foi observado por BELLEZZE (2008) para aços AISI 304 e AISI 444 em ensaios de perda de massa em cloreto férrico, sem que o autor apresentasse uma justificativa clara para este efeito.

Embora o AISI 444 apresente uma perda de massa intermediária, a exemplo dos aços ferríticos, sua resistência à corrosão depende muito do seu filme passivo, sendo sua qualidade melhorada em função do molibdênio presente em liga. Entretanto, quando rompido por ação de um meio fortemente agressivo, o ataque corrosivo ou a perda de massa aumenta abruptamente. Essa mudança se verifica quando os aços ferríticos estão sujeitos a meios específicos e concentrações elevadas, como por exemplo: ácido sulfúrico; hidróxido de sódio; cloreto férrico.

Deve-se também levar em consideração os níveis de precipitação de carbonitretos em cada amostra. Pode-se observar, pelas figuras

2 e 3, que a quantidade de tais precipitados dispersos na matriz é maior nos aços ferríticos que no autenítico, figura 1. Estas regiões, onde se destacam a presença dos precipitados são preferencialmente anódicas, favorecendo a formação de pites nos aços inoxidáveis podendo intensificar a perda de massa do aço AISI444 durante ensaio em $FeCl_3$ (ASTM G48).

6. CONCLUSÕES

- O AISI 439 apresenta uma maior taxa de corrosão, independentemente do tipo de acabamento superficial, como também um maior efeito de borda.
- O AISI 444 apresenta uma taxa de corrosão moderada e intermediária, nas condições de teste em um meio de cloreto férrico, alta concentração e agressividade.
- O AISI 304 apresenta uma taxa de corrosão moderada e a menor obtida nas condições testadas.
- As amostras com acabamentos lixados apresentam as maiores taxas de corrosão e os maiores efeitos nas bordas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, E., M. KONCAR, M. MITTELBACH, AND R. MARR, **"A Low Waste Process for the Production of Biodiesel",** Separation Science and Technology, V. 30 V. 7 - 9, pp. 2021 - 2023, 1995.

ASTM A 240/A240M - 05a - American Society for Testing and Materials - **Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications** (2006).

DONALD PECKNER; I. M. BERNSTEIN - Copyright 1977 by McGraw-Hill, Inc. - **Handbook of Stainless Steels.**

FONTANA, MARS G. **Corrosion Engineering.** 3. ed. Singapura: McGraw-Hill, 1986.

GENTIL, VICENTE. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

NIDI- NICKEL DEVELOPMENT INSTITUTE; Avesta Sheffield Ltd - 2 January 1999 Issue 1 (Page 1 to 53) - IGN 4 - 2-25-0 - **Applications for Stainless Steel in the Water Industry.**

PANOSSIAN, ZEHBOUR. **Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas**. São Paulo: IPT, 2v. 1993.

T. BELLEZZE, A. QUARANTA, G. ROVENTI, R. FRATESI. **Studio della corrosione interstiziale degli acciai inossidabili AISI 316L, AISI 304L e AISI 444, la Metallurgia Italiana,** n. 1, janeiro 2008.