

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO AISI 420 DEPOSITADO POR PROCESSOS VARIADOS DE ASPERSÃO TÉRMICA

L.C. Casteletti¹, F.A.P. Fernandes¹, G.S. Takeya¹, C.A. Picon², G. Tremiliosi-Filho³

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística - SMM, 13560-250; São Carlos, SP.

** castelet@sc.usp.br*

¹Escola de Engenharia de São Carlos – EESC-USP, São Carlos – SP.

²Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP, Ilha Solteira – SP.

³Instituto de Química de São Carlos – IQSC-USP, São Carlos – SP.

ABSTRACT: *Among the techniques used to improve materials performance the deposition on the surface of components is a proper way of recovering worn elements. Thermal spraying processes were developed on last years and they are a very suitable method to obtain layers with high hardness for protecting or repairing the base component. Employing these processes it's possible to overlay metallic substrates with polymers, metals and ceramics. Among these cases are: HVOF, Arc-Spray and Flame-Spray. The selection of a particular type of stainless steel for an application involves some considerations as corrosion resistance of the alloy, mechanical properties, fabricability and cost. In this work were used samples of AISI 1045 steel, coated with stainless steel AISI 420, using the techniques of Arc-Spray, HVOF and Flame-Spray for the comparative study of their corrosion resistance in sea water, aimed at production of alternative pieces of lower costs, compared with massive pieces of steel. The best performances in terms of hardness, porosity levels and corrosion resistance of the layers occurred in the following sequence growing: Flame-Spray, Arc-Spray, and HVOF.*

Key words: Thermal spray; Corrosion; AISI 420.

RESUMO: *Dentre as várias técnicas utilizadas no melhoramento de desempenho de materiais, situa-se a deposição de materiais nas superfícies dos componentes, o que pode ser também uma maneira eficaz para recuperação de elementos desgastados. Os processos de aspersão térmica, devido a sua versatilidade quanto à aplicação, tipos de camadas produzidas e suas espessuras, constitui-se numa forma bastante adequada de se obter camadas de elevadas durezas para a proteção ou reparo do componente base, sendo possível revestir substratos metálicos com polímeros, metais ou cerâmicas. Dentre esses processos, destacam-se: HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), Arc-spray (arco elétrico) e Flame-spray (chama-pó). A seleção de um tipo particular de aço inoxidável para uma aplicação envolve algumas considerações como resistência à corrosão da liga, propriedades mecânicas, fabricabilidade e custo. Neste trabalho foram usados corpos de prova do aço AISI 1045, revestidos com o aço inoxidável AISI 420, por meio das técnicas de Arc-Spray, HVOF e Flame-Spray para o estudo comparativo de suas resistências à corrosão em água do mar, visando a produção de peças alternativas de menores custos, em comparação com peças maciças desse aço. Os melhores desempenhos em termos de dureza, níveis de porosidades e resistência à corrosão das camadas ocorreram na seguinte seqüência crescente: Flame-Spray, Arc-Spray, e HVOF.*

Palavras chave: Aspersão térmica; Corrosão; AISI 420.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais e processos é um dos principais desafios

tecnológicos industriais, uma vez que ocorre uma demanda incessante por componentes que atendam às necessidades crescentes quanto à

resistência ao desgaste e/ou a corrosão, com o menor custo possível.

Entre as várias técnicas utilizadas no desenvolvimento de novos materiais, encontra-se a deposição de materiais, com características superiores às do metal base, nas superfícies dos componentes, melhorando assim seu desempenho quanto ao desgaste e/ou à corrosão, além de ser uma maneira eficiente para a recuperação de elementos danificados, acarretando diminuição de custos [1-3]. Os processos de aspersão térmica, devido a sua versatilidade quanto à aplicação e os tipos de camadas produzidas e suas espessuras, são uma das formas de se obter camadas de elevadas durezas para a proteção ou reparo do componente base. Nesses processos, é possível revestir substratos metálicos com polímeros, metal ou cerâmica. Dentre esses processos, destacam-se: *HVOF* (High Velocity Oxygen Fuel) [1,4,5], *Arc-spray* (arco elétrico) [6] e *Flame-spray* (chama-pó) [7-9].

Vários trabalhos têm estudado o comportamento sob corrosão em água do mar de materiais depositados por aspersão térmica, os mais comuns são os *cermets* e ligas contra corrosão [10].

Este trabalho tem como objetivo analisar e comparar o comportamento, sob corrosão em água do mar natural, de revestimentos de aço inoxidável 420 aplicado por três diferentes processos de aspersão térmica: *Arc-spray*, *Flame-spray* e *HVOF*, sob substrato de aço AISI 1045.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram usados corpos de prova com camadas de revestimentos de aço inoxidável AISI 420 sobre o aço AISI 1045, sendo que as camadas foram depositadas pelos seguintes processos: *Arc-Spray*, *Flame-Spray* e *HVOF*.

Para os revestimentos, foi utilizado pó do aço inoxidável AISI 420, cuja composição química nominal está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química do material utilizado.

Material	% Peso dos elementos				
	C	Mn	Si	Cr	Fe
AISI 420	0,15	1,00	1,00	13,00	Bal.

As medidas de dureza foram realizadas em um equipamento BUEHLER com carga de 100gf aplicada por 10s.

As camadas obtidas foram fotomicrografadas após preparação micrográfica convencional, com lixamento e polimento. Não foi usado ataque para a observação.

As medidas de porosidade foram efetuadas de modo automático, utilizando-se um software, de acordo com a norma ASTM E 2109.

A célula eletroquímica utilizada para a obtenção das curvas de polarização potencioestáticas, consta de um eletrodo de referência de calomelano saturado (ECS) e um eletrodo auxiliar de platina. O eletrólito empregado foi água do mar natural (PH 8,0) obtida em alto mar da praia da Boa Viagem em Recife-PE. Foi empregado também um potenciostato modelo Autolab-VGSTAT - 302, para monitoramento do potencial e corrente. As curvas de polarização anódicas dos aços foram obtidas com uma velocidade de varredura de 1mV/s. As correntes de corrosão foram calculadas no intercruzamento das curvas anódica e catódica linearizadas, na região do potencial de corrosão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas micrografias ópticas da seção transversal de cada processo de aspersão. Por meio das micrografias percebem-se diferenças significativas entre os métodos empregados, tais como o tamanho da partícula aspergida.

Na Tabela 2 apresenta-se os resultados de dureza média e porosidade das camadas obtidas nos três processos de aspersão.

Tabela 2: Resultados de dureza Vickers e porosidade das amostras.

Parâmetro	Amostra		
	Arc-Spray	Flame-Spray	HVOF
Dureza, Hv	544(80)	414(75)	615(55)
Porosidade	13(5)	17(3)	6(2)

Por meio da Tabela 2, pode-se observar que pelo processo *HVOF* conseguiu-se um revestimento com a maior dureza e menor porosidade, indicando que a porosidade influencia negativamente na dureza final da camada.

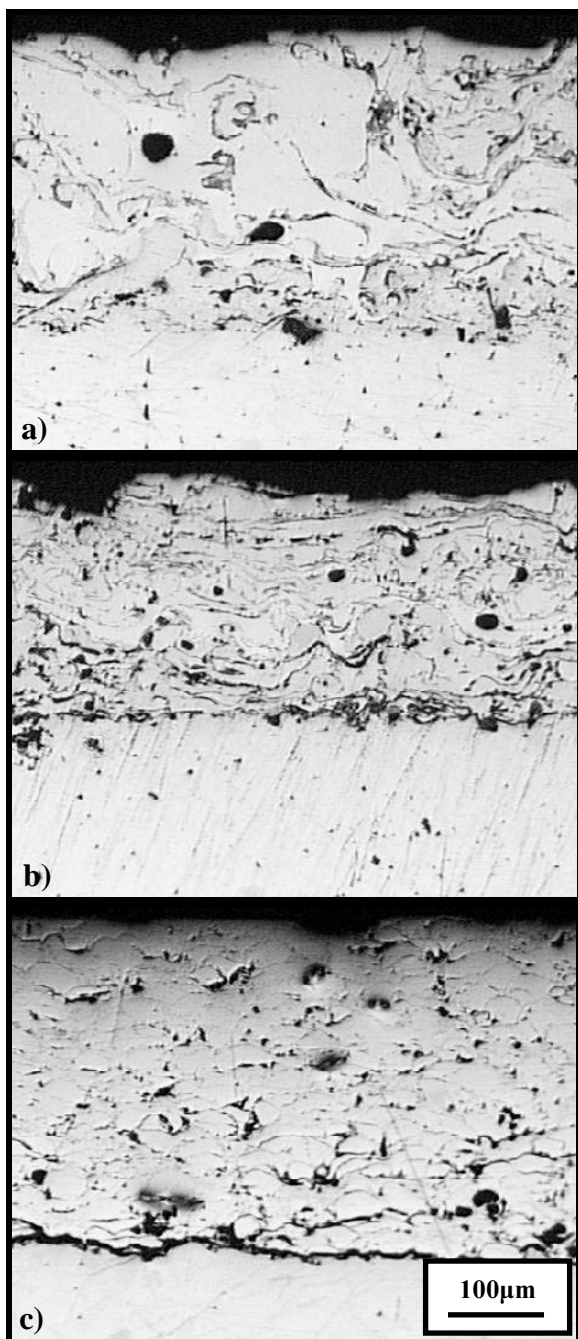


Figura 1: Camada do aço inoxidável AISI 420 depositada pelo processo: a) Arc-Spray; b) Flame-Spray; c) HVOF.

Na Figura 2 constam as curvas de polarização potenciodinâmicas referentes aos ensaios das três camadas e do substrato. A curva obtida para

o material depositado pelo processo HVOF apresenta o potencial de corrosão mais anódico (-492mV) quando comparado com os revestimentos obtidos pelos processos Arc-Spray (-528mV) e Flame-Spray (-547mV). Observa-se ainda que as camadas depositadas pelo diferentes processos, apresentam um potencial de corrosão situado entre 150 e 200mV mais anódico que o potencial de corrosão do substrato (-696mV), indicando uma boa proteção para o substrato. Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros coletados a partir das curvas de corrosão do substrato e para cada uma das amostras recobertas pelos métodos de aspersão empregados. Com base nos valores conjuntos do potencial e da corrente de corrosão pode-se inferir que a camada obtida pelo processo HVOF apresenta o melhor desempenho frente à corrosão. As demais camadas apesar de apresentarem um potencial de corrosão mais anódico que o do substrato, exibem maiores correntes de corrosão.

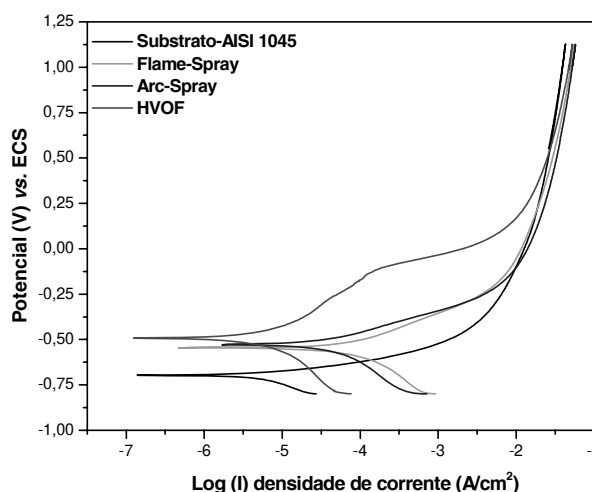


Figura 2: Curvas de polarização potenciodinâmicas das amostras.

Tabela 3: Potenciais e correntes de corrosão das amostras estudadas.

Parâmetro	Amostra			
	Substrato	Arc-Spray	Flame-Spray	HVOF
Potencial de corrosão, mV	-696	-528	-547	-492
Corrente de corrosão $\times 10^{-7}$, A/cm ²	1,4	16,9	4,7	1,2

Na Figura 3 são apresentadas as imagens obtidas por microscopia óptica das superfícies resultantes da corrosão em água do mar para as camadas produzidas por cada um dos métodos de aspersão empregados.

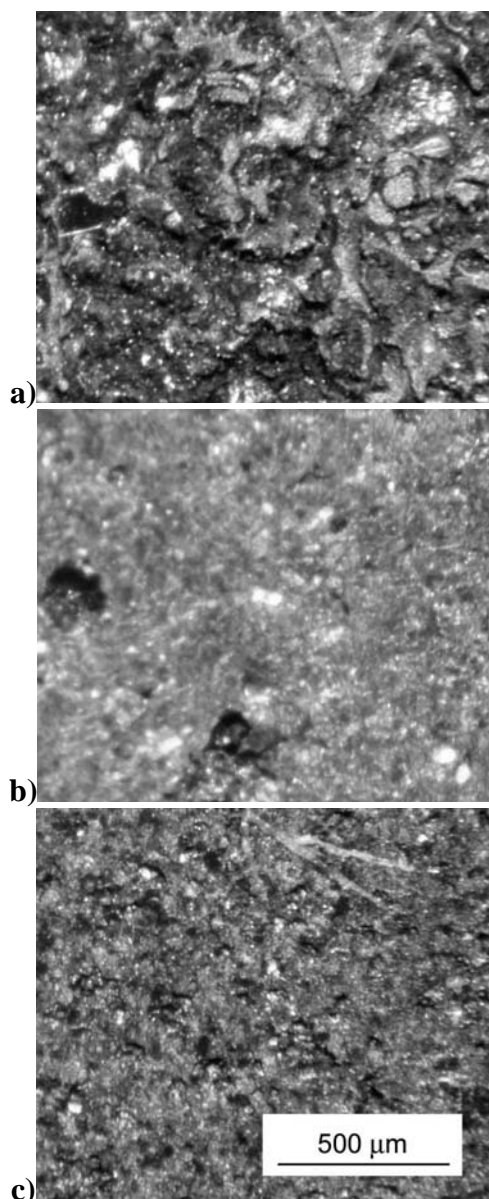


Figura 3: Aspecto superficial dos recobrimentos após teste de corrosão: a) Arc-Spray; b) Flame-Spray; c) HVOF.

Verifica-se que o processo corrosivo foi mais intenso no caso da camada produzida por *Arc-spray*, apesar de seu potencial de corrosão ser semelhante ao da camada obtida por *Flame-spray*. Entretanto, sua corrente de corrosão é cerca de quatro vezes maior, acentuando significativamente o processo corrosivo.

4. CONCLUSÕES

Foi observado que, dentre os métodos de aspersão empregados, o processo por *HVOF* resultou em um revestimento com a maior dureza e menor nível de porosidade, indicando que a dureza está associada ao índice de porosidade, e maior resistência à corrosão.

Os revestimentos produzidos por *Arc-spray* e *Flame-spray* apresentaram desempenhos intermediários entre os do revestimento *HVOF* e o do substrato.

Portanto, a deposição por aspersão térmica de pó do aço inoxidável AISI 420 constitui-se numa maneira bastante promissora de produção de peças resistentes à corrosão a custos inferiores aos das peças maciças do material.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] SHIPWAY, P. H.; MCCARTNEY, D. G.; SUDAPRASERT, T. Sliding wear behaviour of conventional and nanostructured HVOF sprayed WC-Co coatings. *Wear*, v. 259, n. 7-12, p. 820-827, 2005.
- [2] SOUZA, V. A. D.; NEVILLE, A. Corrosion and synergy in a WC-CoCr HVOF thermal spray coating understanding their role in erosion-corrosion degradation. *Wear*, v. 259, n. 1-6, p. 171-180, 2005.
- [3] GIL, L.; STAIA, M. H. Microstructure and properties of HVOF thermal sprayed NiWCrBSi coatings. *Surface and Coatings Technology*, v. 120-121, p. 423-429, 1999.
- [4] SCRIVANI, A. *et al.* A contribution to the surface analysis and characterisation of HVOF coatings for petrochemical application. *Wear*, v. 250, n. 1-12, p. 107-113, 2001.
- [5] SIDHU, T. S.; AGRAWAL, R. D.; PRAKASH, S. Hot corrosion of some superalloys and role of high-velocity oxy-fuel spray coatings-a review. *Surface and Coatings Technology*, v. 198, n. 1-3, p. 441-446, 2005.
- [6] NEWBERY, A. P.; GRANT, P. S.; NEISER, R. A. The velocity and

temperature of steel droplets during electric arc spraying. *Surface and Coatings Technology*, v. 195, n. 1-3, p. 91-101, 2005.

- [7] GEDZEVICIUS, I.; VALIULIS, A. V. Analysis of wire arc spraying process variables on coatings properties. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 175, n. 1-3, p. 206-211, 2006.
- [8] LIN, L.; HAN, K. Optimization of surface properties by flame spray coating and boriding. *Surface and Coatings Technology*, v. 106, n. 2-3, p. 100-105, 1998.
- [9] GUO, D. Z. *et al.* Effects of post-coating processing on structure and erosive wear characteristics of flame and plasma spray coatings. *Surface and Coatings Technology*, v. 73, n. 1-2, p. 73-78, 1995.
- [10] COLLAZO, A.; NÓVOA, X.R.; PÉREZ, C. Corrosion behaviour of cermet coatings in artificial seawater, *Electrochimica Acta*, v.44, p. 4289-4296, 1999.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e FAPESP e F.A.P. Fernandes agradece a CAPES pela bolsa concedida.