

COMPORTAMENTO AO DESGASTE DE SUPERFÍCIE DO AÇO ABNT/SAE 1010 REVESTIDO POR AÇO INOXIDÁVEL ATRAVÉS DO PROCESSO DE ASPERSÃO TÉRMICA ARC SPRAY (AS) ¹

Cezar Henrique Gonzalez²
Caio Máximo Amorim de Souza²
Francisco Sinderlan dos Santos²
Paulo Rogério de Carvalho²
Severino Leopoldino Urtiga Filho²

Resumo

Neste trabalho foram analisados e comparados os revestimentos de aço inoxidável austenítico AISI 316L e aço inoxidável martensítico AISI 420 aplicados em um substrato de aço ABNT/SAE 1010 através do processo de aspersão térmica a Arco Elétrico (AS, *Arc Spraying*). A influência dos materiais utilizados durante a aspersão, a microestrutura, a caracterização das propriedades mecânicas quanto ao desgaste e eletroquímicas quanto à corrosão foram investigados.

Palavras-chave: Aspersão térmica; Desgaste; Aço inoxidável; Corrosão

BEHAVIOR TO THE SURFACE WEAR OF THE STEEL ABNT/SAE 1010 COATED BY STAINLESS STEEL THROUGH THE ARC SPRAY THERMAL PROCESS (AS)

Abstracts

In this work they had been analyzed and compared stainless steel coatings austenitic AISI 316L and stainless steel martensitic AISI 420 applied in a steel substratum ABNT/SAE the 1010 through the arc spray thermal process (AS, *Arc Spraying*). The influence of the materials used during the deposition, the microstructure, the characterization of the mechanical and electrochemical properties as to the wear and the corrosion they had been investigated.

Key words: Thermal spraying; Wear; Stainless steel; Corrosion

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530, Recife, Pernambuco, paulorog.carvalho@gmail.com, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Mecânica*

INTRODUÇÃO

Superfícies ou determinados componentes que eventualmente estejam expostos a ambientes agressivos e sujeitos a degradação por ação química ou eletroquímica (corrosão), por ação mecânica (desgaste), ou à ação combinada desses dois fenômenos podem, atualmente devido à evolução tecnológica, ser protegidos com elevada eficiência, aplicando-se um revestimento. O revestimento pode ser executado por várias técnicas e processos tais como eletrodeposição, pintura, soldagem ou ainda aspersão térmica.^[1,2]

A aspersão térmica consiste de um grupo de processos nos quais partículas finamente divididas de materiais de revestimento, metálicos ou não-metálicos, são depositadas sobre um substrato devidamente preparado, na condição fundida ou semifundida, para formar uma camada superficial.

Através da queima de um gás combustível ou da geração de um arco elétrico a partir de uma tocha de aspersão, é gerado o calor necessário para a execução da operação de revestimento.^[3]

As partículas aquecidas são aceleradas por um gás comprimido, confinadas num feixe, e dirigidas ao substrato. As partículas ao se chocarem com a peça solidificam e aderem pela interação mecânica e metalúrgica. Cada camada é interligada se sobrepondo à camada precedente. O processo continua até que a espessura revestindo desejada seja obtida.

O processo de aspersão térmica pode ser usado para aplicar revestimentos a equipamentos ou à peças estruturais para satisfazer a um número de exigências: reparar áreas de peças desgastadas ou danificadas no serviço; restaurar dimensões de peças; e aumentar a vida útil de uma peça otimizando as propriedades físicas da superfície.

As vantagens preliminares da aspersão térmica incluem a escala dos materiais quimicamente diferentes que podem ser aspergidos, a taxa de revestimento elevada de deposição permitindo que revestimentos mais espessos sejam aplicados e também a portabilidade do equipamento para aspersão.^[4]

Estes processos são agrupados em três categorias principais: processos a combustão (*Flame Spray Processes*), processos a arco elétrico (*Electric Arc Spray Processes*), e processos de aspersão térmica por plasma (*Plasma Arc Processes*).^[5]

O material de revestimento, que pode ser na forma de pó, vareta, cordão ou arame, proporciona diferenças na estrutura e composição química devido à sua natureza, à reação com gases do processo e à atmosfera em torno do material, enquanto no estado fundido.^[6]

Revestimento como alumínio e suas ligas, Al-25% SiC, titânio e suas ligas, WC-17% Co, aço inoxidável, níquel, cromo, cobre e suas ligas e misturas de pós metálicos são utilizados com sucesso no processo de aspersão térmica.

Em geral, através desses processos, com os revestimentos depositados, pode-se obter diversas composições químicas e valores de dureza. Entretanto, é geralmente vantajoso obter-se uma superfície metálica com algum grau de ductilidade, pois dessa forma a ligação entre as partículas e substratos é favorecida.^[7]

Revestimentos de aço inoxidáveis produzidos por processos de aspersão térmica fornecem uma alternativa para proteger os componentes de aço em ambientes corrosivos. Entretanto, os revestimentos do aço inoxidável têm em alguns casos provado a incapacidade de proteger a superfície de aço em ambientes agressivos.^[8]

Neste estudo os revestimentos de aço inoxidável austenítico AISI 316L e aço inoxidável martensítico AISI 420 combinado com o AISI 316L foram produzidos usando o processo de aspersão a Arco Elétrico (*AS, Arc Spraying*). A influência dos materiais utilizados durante o processo de aspersão, a microestrutura, a caracterização das propriedades mecânicas e o comportamento do revestimento quanto ao desgaste e corrosão foram investigados. O comportamento do revestimento quanto a corrosão foi avaliado usando medidas eletroquímicas das curvas de Tafel em uma solução 3,5% NaCl.

MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolvimento do trabalho experimental, os materiais utilizados como revestimentos para proteção contra a corrosão e desgaste foram o aço inoxidável austenítico AISI 316L e o aço inoxidável martensítico AISI 420.

Antes da aplicação dos revestimentos de aço inoxidável foi depositada uma camada base (revestimento de Ni-4Al) na superfície preparada do substrato com a função principal de fornecer ancoramento mecânico, visto que este corresponde a um dos principais mecanismos de adesão entre o substrato e o revestimento de aço inoxidável a ser depositado.

Foram produzidos também, separadamente, corpos de prova do revestimento de Ni-4Al para análise comparativa aos revestimentos de aço inoxidável.

Os materiais foram utilizados na forma de arame com 1,6mm de diâmetro e combinados conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Aplicação de Arames

Revestimento	Arames
Base Ni-4Al (para todos revestimentos)	2 arames Ni-4Al
Aço Inoxidável AISI 316L	2 arames AISI 316L
Aço Inoxidável AISI 420	2 arames AISI 420
Aço Inoxidável AISI 420+316L	1 arame AISI 316L + 1 arame AISI 420

As composições químicas dos arames utilizados, fornecidas pelo fabricante, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição Química dos Arames Utilizados (%).

Base Ni-4Al (Fabricante Tafa, Concord, USA)								
C	Ni	Al	Mn	Cu	Ti	Co	S	Si
0,190	93,49	5,04	0,24	< 0,01	0,60	0,01	0,001	0,41
Revestimento Aço Inoxidável 316L (Fabricante Kestra)								
C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Si
0,014	18,1	0,07	1,85	2,61	12,49	0,017	0,008	0,5
Revestimento Aço Inoxidável 420 (Soldalnox Representações)								
C	Cr	Mn	Ni	Ti	P	S	Si	
0,35	12,2	0,45	0,27	0,24	0,023	0,04	0,55	

Os revestimentos foram aspergidos termicamente através do processo a arco elétrico (*AS, Arc Spraying*) empregando-se o sistema Tafa Model 8830 (Tafa, Concord, NH,EUA). Os parâmetros do processo de aspersão são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Parâmetros de Controle do Processo de Aspersão

Amostra	Pré-Aquec.	Distância ao Substrato (mm)	Velocidade m/min	Spray Pressure (psi) (KPa)
316L, 420 e 420 +316L	N/A	200	25	50 345
Base Ni-4Al	N/A	200	25	50 345

Tabela 4 - Parâmetros de Controle do Processo de Aspersão

Amostra	Wire feed Pressure (psi) (KPa)	Tensão (V)	Corrente (A)
316L, 420 e 420 +316L	50 345	30	150
Base Ni-4Al	50 345	30	150

Foi utilizado como substrato o aço SAE/ABNT 1010 sendo as dimensões dos corpos de prova produzidos apresentadas na tabela 5 para cada tipo de ensaio respectivamente. Todos os corpos de prova foram jateados com partículas de alumina (Al₂O₃ – faixa granulométrica de 20 a 40µm) a 200 mm de distância, pressão de 6 Kgf/cm² e vazão de 170m³/h, obtendo-se uma rugosidade R_a média de 8,500µm, imediatamente antes da operação de revestimento.

Tabela 5 – Dimensões dos Corpos de Prova.

Ensaio	Dimensões
Microscopia Ótica	10 x 10 x 3 mm
Desgaste	Ø 8 x 18 mm
Corrosão e demais ensaios	50 x 50 x 3 mm

Os revestimentos foram sempre depositados logo após a operação de jateamento, objetivando minimizar o efeito degradativo de uma possível re-oxidação da superfície recém-preparada.

A preparação metalográfica das amostras para a análise por microscopia ótica (MO) consistiu em embutimento a quente da amostra retirada posicionada de forma para uma análise de sua secção transversal, em uma prensa Arotec modelo Pré 30Mi com resina do tipo baquelite.

Foi realizado lixamento manual em operação seqüenciada com papéis abrasivos de granulometria 180, 320, 400, 600 e 1200, seguidos de polimento manual utilizando-se pastas de diamante de 3, 1 e 0,25µm.

Para a medição da rugosidade superficial dos revestimentos utilizou-se do método de ensaio de acordo com a Norma NBR ISO 4287.^[9] Foram realizadas cinco medidas de rugosidade para cada experimento através de um rugosímetro digital de bancada com contato mecânico Mitutoyo SJ-400.

As microestruturas dos revestimentos foram examinadas conforme a norma ASTM E 1920-03,^[10] com o auxílio de um microscópio ótico Olympus BX51M equipado com uma câmera fotográfica Olympus PM20 e câmera digital Sony ExwaveHAD.

A análise da composição química dos revestimentos foi analisada através de um espectrômetro de fluorescência de raios-X modelo RIX 3000, equipado com tubo de Rh.

Na medição dos percentuais volumétricos da porosidade nos revestimentos foram quantificados percentualmente através de contagem de pontos em fotografias obtidas com o auxílio de um microscópio ótico, sob um aumento de 200x, de acordo com a Norma ASTM E 562-02.^[11] As medidas foram realizadas sobre as secções transversais dos revestimentos após aspergidos.

A medição da espessura dos revestimentos foi realizada com análise visual direta da secção transversal dos revestimentos sendo estimada por microscopia ótica conforme Norma ASTM B 487-02.^[12] Foram realizadas cinco medições ao longo de toda a secção da amostra, obtendo-se um valor médio.

A determinação da microdureza Vickers dos revestimentos foi realizada através de um microdurômetro digital Shimadzu modelo HMV-2 instalado em um microscópio ótico. Foram realizadas dez medições diretamente sobre a secção transversal das amostras metalográficas, obtendo-se então um valor médio. A carga aplicada na superfície polida da amostra foi de 2,942N durante vinte segundos produzindo uma microscópica deformação plástica na forma de um losango.

O ensaio de desgaste adotado foi o de desgaste abrasivo, conforme a Norma ASTM G 99-04,^[13] utilizando-se de um abrasômetro do tipo pino sobre disco, a três corpos, onde os corpos de prova com o revestimento aplicado com 6 mm de diâmetro foi forçado a deslizar sobre um abrasivo # 180 e 320, sob a carga de 880 e 660g, num percurso de 18 m. Para cada condição do ensaio foram ensaiados três corpos de prova.

Os parâmetros adotados na caracterização dos revestimentos de aço inoxidável e do substrato, quanto à resistência ao desgaste, foram a variação no comprimento do corpo de prova (L) em função da distância percorrida no deslizamento e o volume total de material removido depois de completado o percurso. Foi definido um índice de desgaste (ou de abrasão), I_d , como sendo o volume de material removido por comprimento do percurso.

O volume de material removido durante o ensaio foi estimado com base na redução do peso.

A caracterização eletroquímica foi realizada, conforme Norma ASTM G59-03.^[14] Nas curvas de Tafel obtidas, nos ensaios de polarização, o eletrodo de trabalho foi polarizado potenciodinamicamente na faixa e $-250\text{mV} \leq E_{\text{corr}} \leq +250\text{mV}$, a uma taxa de 0,2 mV/s (10 mV/min), com relação ao eletrodo de referência de Ag/AgCl (KCl saturado). A corrente de corrosão (I_{corr}) foi medida, ao mesmo tempo, com relação a um contra-eletrodo de platina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo do estudo dos revestimentos utilizados foi de se observar e comparar os arames utilizados (316L) bem como suas combinações em uso (420+316L).

Os valores obtidos a partir da caracterização mecânica e microestrutural são mostrados nas tabelas, gráficos e figuras seguintes.

As fotografias mostradas nas Figuras 1 a, b, c e d) apresentam a micrografia dos revestimentos aplicados, base de Ni-4Al e base mais as ligas AISI 316L, AISI 420, e mistura das duas ligas citadas, respectivamente.

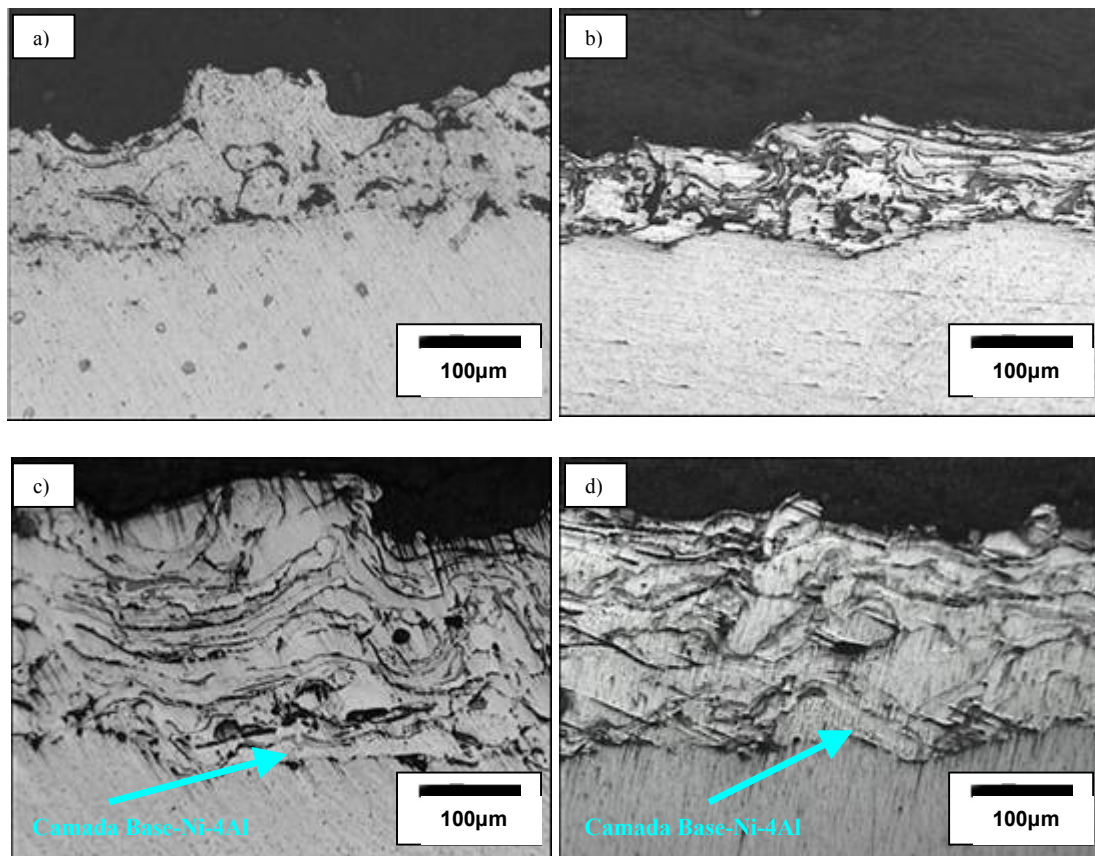


Figura 1 a) Base Ni-4Al; b) Revestimento 316L; c) Revestimento 420 d) Revestimento 420+316L (200X).

Em todos os revestimentos aplicados, são observadas estruturas típicas deste tipo de revestimento, que é depositado em camadas na forma de lamelas. Estas lamelas evidenciam a boa fusão dos arames no processo de aspersão.

Com a função de fornecer ancoramento mecânico, o revestimento base de Ni-4Al mostrou-se menos evidente nas micrografias dos revestimentos de aço inoxidável 316L devido principalmente ao processo de deposição que consistiu em uma pulverização aplicada em apenas dois passes, produzindo uma camada com espessura relativamente pequena.

Pela análise das micrografias dos revestimentos e nas observações realizadas ao microscópio óptico, pôde-se notar que existe boa aderência entre o substrato e o revestimento, evidenciado pela inexistência de partículas não fundidas e pela pouca incidência de formação de óxidos na interface revestimento substrato. Também, o nível de porosidade do revestimento mostrou-se bastante baixo, como será posteriormente mostrado.

A Tabela 6 apresenta a composição química do metal depositado para cada tipo de revestimento, em especial pode-se observar os valores elevados para os elementos de liga Cr e Ni.

Tabela 6 - Composição Química do Metal Depositado (%).

Revestimento 316 L							
Fe	Na	Cr	Mn	Mo	Si	V	Co
70,1	0,07	18,1	5,76	0,31	0,54	0,10	0,08
P	Nb	Ni	Cu	Al	Ca	Cl	Mg
0,03	0,02	4,67	0,12	0,06	0,01	0,04	0,02
Revestimento 420							
Fe	Cr	Mn	Mo	Si	V	P	Nb
85,2	13,6	0,30	0,04	0,33	0,05	0,02	0,01
Ni	Cu	Al	Ca	Cl	K		
0,30	0,03	0,05	0,01	0,04	0,01		
Revestimento 420 + 316 L							
Fe	Na	Cr	Mn	Mo	Si	V	K
86,3	0,14	12,1	0,27	0,09	0,44	0,06	0,02
P	S	Ni	Cu	Al	Ca	Cl	Mg
0,04	0,05	0,18	0,03	0,19	0,03	0,08	0,04

A Tabela 7 apresenta a espessura média do metal depositado. A camada do revestimento 316L apresenta uma menor espessura comparada aos outros revestimentos, o que não afetou os resultados dos ensaios de corrosão a serem mostrados posteriormente.

A preparação do substrato corresponde a uma etapa crítica do processo de aspensão térmica, pois a força de adesão entre o revestimento e o substrato advém da interação mecânica entre os materiais. Essa adesão do revestimento está diretamente relacionada à limpeza e ao perfil da superfície (rugosidade) do substrato.

As medidas da rugosidade mostraram-se satisfatórias ao desempenho do depósito. As médias obtidas, na superfície dos revestimentos são mostradas na Tabela 7.

A melhor qualidade dos revestimentos metálicos depositados sobre superfícies metálicas, é verificada através da quantidade de poros existentes no revestimento. A porosidade do revestimento pode ser reduzida quando a aspensão térmica é realizada em atmosferas de baixa pressão ou em processo com maior velocidade de projeção das partículas.^[15] O processo de aspensão térmica baseado no equipamento a arco elétrico, embora não possibilite elevadas velocidades de projeção de partículas, como o processo HVOF (High Velocity Oxy Fuel), tem-se mostrado bastante eficiente na aplicação de revestimentos metálicos devido à simplicidade de aplicação, baixo custo e nível de porosidade aceitável industrialmente.

O processo de aspensão térmica a arco elétrico empregado na aplicação dos revestimentos estudados, com os parâmetros adotados no desenvolvimento dos experimentos, mostrou ser capaz de produzir revestimentos metálicos com porosidade relativamente baixa, cujos valores médios estimados, medidos de conformidade com norma técnica específica, são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Porosidade do Metal Depositado (%)

Revestimento	Espessura (µm)	Rugosidade Ra (µm)	Porosidade (%)
Base Ni-4Al	188,37	18,446	3,3%
316 L	88,78	21,411	7,6%
420	298,28	20,585	6,7%
420+316 L	257,06	15,225	7,2 %

A Figura 2 apresenta os resultados do ensaio de microdureza mostrados onde é possível observar o comportamento esperado com relação ao revestimento 420 que apresentou uma dureza maior por se tratar de um aço inoxidável de estrutura martensítica. O revestimento de aço inoxidável AISI 316L depositado, de estrutura austenítica, apresentou uma dureza inferior comparado ao revestimento 316L+420 e superior a base Ni+4Al.

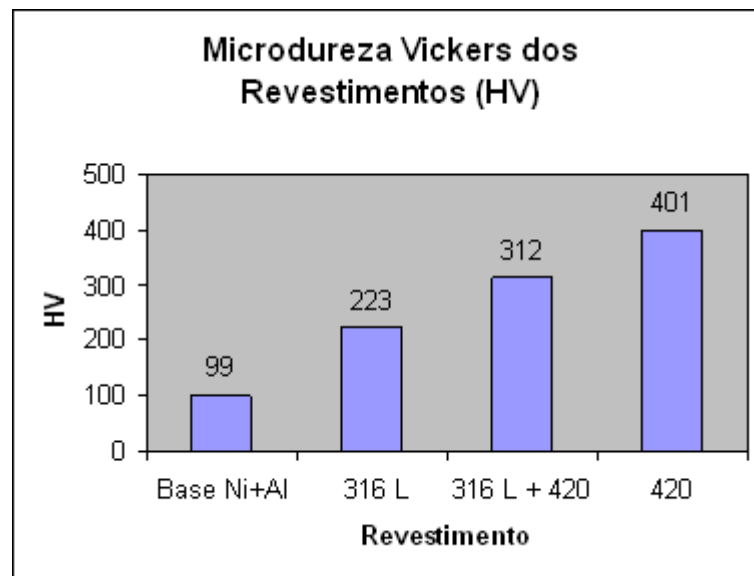


Figura 2 – Microdureza Vickers dos Revestimentos (HV)

Comportamento semelhante ao da dureza foi verificado nos resultados de ensaio de desgaste (materiais mais duros com desgaste menor e materiais mais macios apresentando maior desgaste), onde também não foram observadas variações significativas em relação às condições, embora tenham sido verificadas variações destes resultados quando comparados com a resistência ao desgaste dos revestimentos aplicados.

O revestimento de aço inoxidável AISI 420, por se tratar de um revestimento martensítico apresentou uma maior resistência ao desgaste comparado a todos os revestimentos e principalmente ao substrato de aço ABNT/SAE 1010 sem aplicação dos revestimentos, com exceção à condição de ensaio de menor granulometria do abrasivo e menor carga aplicada.

O substrato de aço ABNT/SAE 1010 sem aplicação dos revestimentos, também apresentou menor resistência ao desgaste à condição de ensaio de maior granulometria do abrasivo e maior carga aplicada comparado aos revestimentos de aços inoxidáveis AISI 316L, AISI 420 e combinação destes, conforme observado na Figura 3.

Já o revestimento Base Ni+4Al apresentou um comportamento de maior desgaste em todas as condições de ensaio. Os revestimentos de aço inoxidável AISI 316L e combinação dos revestimentos (AISI 316L + AISI 420) apresentaram comportamento intermediário aos revestimentos AISI 420 e base Ni-4Al.

A Tabela 8 mostra a perda de massa (Id) do revestimento em função da distância percorrida de 18m e do abrasivo utilizado (g/m).

Tabela 8 - Perda de Massa (Id) em função da distância percorrida e do abrasivo utilizado (g/m)

Revestimento	#180 880g	#320 880g	#180 560g	#320 560g
Base Ni-4Al	0,083	0,072	0,074	0,054
316 L	0,068	0,052	0,064	0,044
420	0,053	0,046	0,050	0,038
316 L + 420	0,066	0,048	0,058	0,038
Substrato	0,069	0,048	0,050	0,033

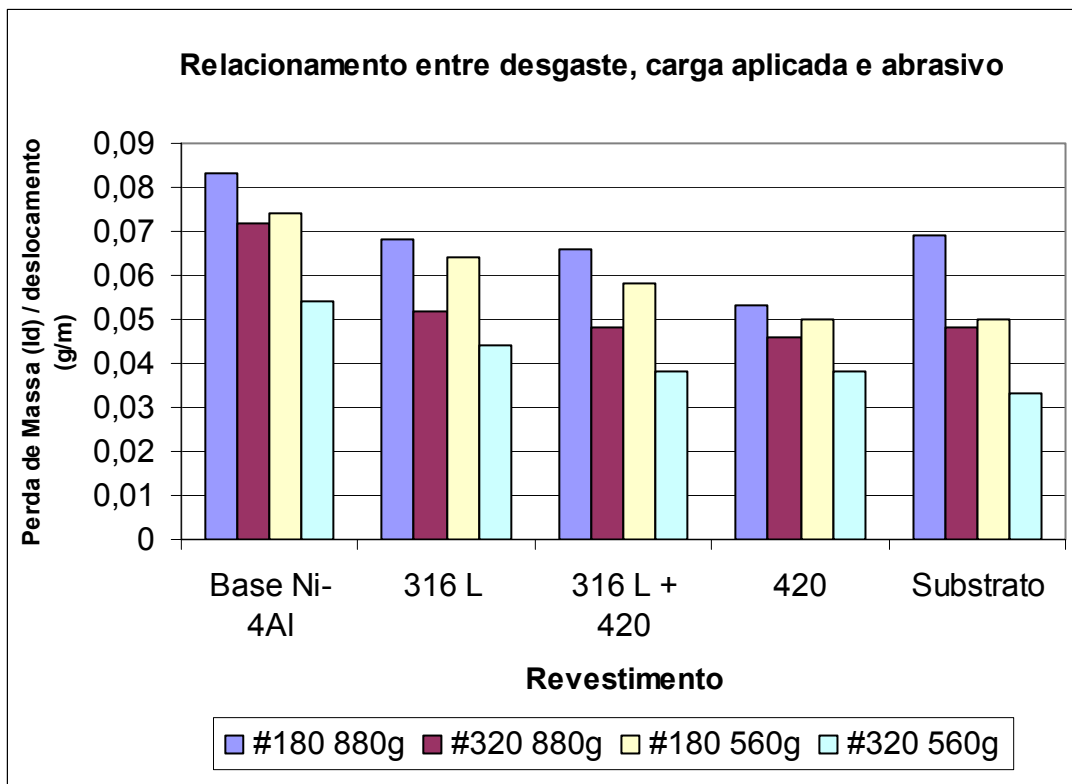


Figura 3 – Relacionamento entre desgaste, carga aplicada e abrasivo.

A avaliação de resultados experimentais com relação à resistência ao desgaste realizado através do dispositivo pino sobre disco, visualizado na Figura 3, mostra que o desgaste é função da carga aplicada e da granulometria do abrasivo, evidenciando que a taxa de perda de massa ou índice de desgaste é linearmente dependente das condições em que foi submetido o ensaio.^[16]

Comparados ao ensaio de polarização para o aço inoxidável 316L maciço, os revestimentos aplicados apresentaram comportamento inferior devido às características microestruturais. É possível observar no ensaio para o 316 maciço

que para potenciais superiores ($\sim 0,50$ V) há um acréscimo progressivo da densidade de corrente, devido à dissolução dos componentes da liga. O mesmo comportamento não foi observado para os revestimentos depositados, pois nesta região de potenciais (com valores de potenciais inferiores de aproximadamente $-0,45$ V), é verificado um lento aumento na densidade de corrente em um amplo intervalo de potencial ($\sim 1,0$ V). Essa diferença de comportamento pode estar associada a maior heterogeneidade na estrutura, que dificulta a formação de um filme protetor.

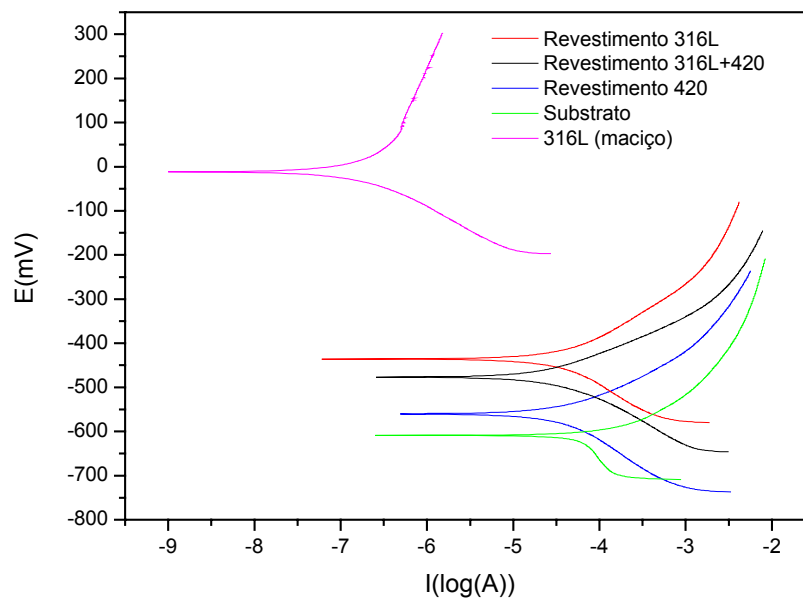


Figura 4 – Curvas de Tafel – Comparação entre revestimentos utilizados, substrato e aço 316L maciço.

Como pode ser visualizado no gráfico acima o revestimento 316L apresenta uma maior resistência à corrosão mesmo apresentando uma espessura de camada depositada inferior, comportamento contrário ao revestimento 420 facilmente observado pela corrente de dissolução maior consumida durante o processo de dissolução. O revestimento de aço inoxidável 316L+420 apresentou um comportamento intermediário devido à mistura dos dois materiais mesmo com uma camada de revestimento menor comparada ao revestimento 420.

O substrato de aço ABNT/SAE 1010 sem revestimento apresentou menor resistência à corrosão comparada aos substratos revestidos com os aços inoxidáveis AISI 316L, AISI 420 e combinação destes.

Os resultados dos ensaios de desgaste e corrosão dos revestimentos depositados demonstram claramente o efeito do aumento no desempenho do substrato revestido, devendo-se, entretanto, analisar-se a aplicação industrial desse substrato aliando o poder protetor contra a corrosão e a resistência ao desgaste desses revestimentos, tornando assim, este processo economicamente viável.

CONCLUSÃO

As comparações apresentadas nesse estudo não evidenciaram diferenças significativas com respeito às caracterizações das propriedades mecânicas por se tratarem de valores médios.

Os parâmetros do processo de aspersão utilizados por serem iguais contribuíram para essa ocorrência.

A microestrutura lamelar obtida apresentou evidenciou uma boa fusão dos arames no processo de aspersão. Através da análise das micrografias dos revestimentos observou-se uma boa interação entre o substrato e o revestimento, evidenciado pela inexistência de partículas não fundidas e pela pouca incidência de formação de óxidos na interface revestimento substrato.

Os valores de porosidade e rugosidade evidenciaram que o processo de aspersão térmica a arco elétrico, com os parâmetros definidos, apresentou um resultado satisfatório para a utilização dos arames AISI 316L e 420+316L.

A avaliação de resultados experimentais com relação à resistência ao desgaste realizado através do dispositivo pino sobre disco evidenciou que o desgaste é função da carga aplicada e da granulometria do abrasivo, evidenciando que a taxa de perda de massa é linearmente dependente das condições em que foi submetido o ensaio.

O comportamento quanto à corrosão apresentou valores satisfatórios para os revestimentos 316L, 420 e 420+316L. As curvas de Tafel apresentaram boa sensibilidade na detecção das diferenças na composição das ligas dos revestimentos analisados, através de variações no potencial de início das reações e diferenças nas densidades de corrente.

Os revestimentos depositados pelos processos de aspersão térmica a arco elétrico mostraram-se adequados na proteção do substrato, uma vez que não foram encontrados sinais de que a corrosão degradou significativamente o substrato de aço.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CTPETRO-FINEP, Rede 08 – REMUT pelo apoio financeiro, ao CNPq e a CAPES pelo incentivo com e bolsa de IC e de Mestrado, a METALIZA IND. COM. LTDA – Jaboatão dos Guararapes – PE, pelo uso de equipamento, e ao PPGEM/DEMEC/UFPE.

REFERÊNCIAS

- 1 Clara, M. S. **Manual de Tecnologia de Fabricação e Soldagem** - Soldagem de Revestimentos. São Paulo, FATEC, 2002, Mód. 2, p. 2-16.
- 2 SCHIEFLER Fo, M.F.O. **Estudo microestrutural e eletroquímico de revestimentos metálicos depositados por aspersão térmica**. Florianópolis, 2004. 281p. (Doutorado – Departamento de Engenharia Mecânica / UFSC).
- 3 MARQUES, P.V. **Aspersão Térmica**. Infosolda. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/artigos/prosol05.pdf>> Acesso em: janeiro de 2006.
- 4 DORFMAN, M.R., NOVINSKI, E. **Let's talk thermal spray, the basics of thermal spraying**. Metco/Perkin Elmer, Westbury / New York, march 1993.
- 5 DAVIS, J. R., **Handbook of Thermal Spray Technology** . OHIO, USA: ASM International. 2004 cap.1.

- 6 LIMA, C.R.C., TREVISAN, R.E. **Aspersão térmica – fundamentos e aplicações**. São Paulo, Artiber, 2002, 148p.
- 7 INTRATER, J. **A new metal spray option**. Welding Journal, v.81, No11, 2002.
- 8 ZHAO, L., LUGSCHEIDER, E. **Influence of the spraying on the properties of 316L stainless steel coatings**. Surface and Coatings Technology, 162, 6-10, 2002.
- 9 NBR ISSO 4287 02. **Especificações geométricas de produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Termos, definições e parâmetros da rugosidade**.
- 10 ASTM E1920 03. **Standard Guide for Metallographic Preparation of Thermal Sprayed Coatings**.
- 11 ASTM E562 02. **Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count**.
- 12 ASTM B487 02. **Standard Test Method for Measurement of Metal and Oxide Coating Thickness by Microscopical Examination of a Cross Section**.
- 13 ASTM G99 04. **Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-disk Apparatus**.
- 14 ASTM G59-97. **Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements**.
- 15 KENNETH, H., MATTHEWS, A. **Tribological Properties of Metallic and Ceramic Coatings**. In: STOLARSKI, T.A. Modern Tribology Handbook. Great Britain, Butterworth-Heinemann, 2000. cap 23.
- 16 DUAN, D.L., LI, S., DUAN, X.H., LI, S.Z. **Wear behavior of thermally sprayed coatings under different loading conditions**. Tribology Transactions, V.48, No1, jan/mar 2005.