Revestimento NiCr metalizado por Arco Elétrico com gás de mistura reduz corrosão por DAM

Gustavo Savi Freitas, Rodrigo Cardoso Costa
gu_savi@hotmail.com, rodrigo.costa@satc.edu.br,

No setor de extração de carvão mineral é comum observar falha do material metálico por corrosão, tanto nos equipamentos de lavra[1], quanto nos de beneficiamento desse minério. O desgaste químico de corrosão por ácido sulfúrico e óxi-hidróxidos metálicos ocorre uma vez que o material ferroso estrutural (substrato) entra em contato com a solução líquida chamada de DAM (Drenagem Ácida de Mina). (Mello *et al*, 2014)

A corrosão também é observada em casos especiais, onde o substrato foi revestido superficialmente por galvanização ou pintura. Isso decorre da fácil remoção desses tipos de revestimentos da superfície do substrato. A remoção acontece por vários motivos, dentre eles está a remoção mecânica provocada pelo atrito das partículas sólidas suspensas na DAM, isso porque a galvanização e pintura convencional não oferecem boa resistência aos mecanismos de desgaste mecânico como: risco, sulcamento e lascamento.

Esse trabalho busca analisar a resistência à corrosão do substrato por DAM, cuja superfície foi revestida por aspersão térmica. A metodologia consiste em depositar uma camada de revestimento duro à base de NiCr de forma convencional e com a adição do gás Argônio (Ar) na pluma de aspersão, direto sobre o substrato, para avaliar as microestruturas e o comportamento de proteção contra o ataque químico da solução DAM.

Para esse estudo foi selecionado como material do substrato, o tubo de aço SAE 1020 SCH-40, com as seguintes dimensões nominais: Ø60 x 3,91 x 100 mm. A área planificada estimada para análise é 18950 mm². Já o revestimento utilizado foi o Inconel 625 do fabricante Sulzer Metco com a seguinte composição química nominal: 58% Ni, 22% Cr, 8% Mo, 5% Fe, 3.15% Nb, 1% Co, 0.50% Mn, 0.50% Si, 0.40% Al, 0.40% Ti, 0.10% C.

No Laboratório de Engenharia de Soldagem (LAENS), da Faculdade SATC de Criciúma-SC, foi executada a preparação superficial dos substratos (amostras) por jateamento com óxido de alumínio marrom. No mesmo laboratório, foram realizadas as deposições dos revestimentos, as quais ocorreram em um torno de bancada dedicado para a função de metalização. Todos os grupos de amostras foram metalizados com os mesmos valores operacionais de rotação do tubo (1019 rpm), velocidade de deslocamento da tocha (1428 mm/min) e distância da tocha à peça (90 mm). A tabela 1 apresenta os parâmetros de aspersão térmica de cada grupo estudado.

Tabela 1: Parâmetros de Aspersão Térmica.

Nº Amostra	Identificação	Tensão Nominal (V)	Corrente Nominal (A)	Pressão de ar comprimido		Vazão Argônio (l/min)
				Principal (bar)	Auxiliar (bar)	
1	NiCr (convencional)	26	100	4	-----	-----
2	NiCr+ Ar + ar aux				4	40

Revestimento NiCr metalizado por Arco Elétrico com gás de mistura reduz corrosão por DAM

Na metalização foi utilizado o equipamento de aspersão térmica a arco elétrico modelo Eutronic ARC SPRAY 4 do fabricante EUTECTIC. A metalização convencional ocorreu com a tocha original Eutectic Arc Spray Gum 4, e a metalização com gás de mistura deu-se por meio do protótipo do Cabeçote Arc Spray. O cabeçote desenvolvido foi acoplado à tocha original e apresenta duas funções: alimentar um fluxo de ar comprimido auxiliar e gás de mistura à pluma de aspersão térmica. Na figura 1, pode ser observado o protótipo utilizado, assim (L1) é a linha ar comprimido principal, (L2) é a linha de ar comprimido auxiliar e (L3) é a linha de alimentação do gás de mistura Argônio.

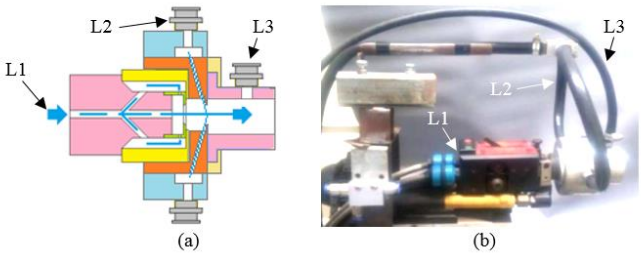

Figura 1: Protótipo do cabeçote Arc Spray.
(a) Esquema de funcionamento.
(b) Montagem sobre a tocha original.

Após a metalização, cada grupo de amostra recebeu um isolamento interno em resina poliéster deixando somente a camada de revestimento exposta ao meio corrosivo durante o ensaio de imersão em DAM.

O líquido para o ensaio de imersão foi coletado pelo Laboratório de Análise e Ensaio de Carvão (LAEC) da Faculdade SATC, em uma carbonífera da região de Criciúma-SC. Nesse estudo, foram utilizados 5 litros de água contaminada do subsolo. Todas as amostras foram pesadas antes e depois do ensaio, as quais ficaram dentro do mesmo recipiente e imersas na solução DAM de ph 3 (médio) por 1340 horas (8 semanas).

A análise microestrutural mostra que a figura 2b apresenta uma microestrutura com maior coesão lamelar em comparação com a camada de revestimento da figura 2a. A atmosfera protetora do gás inerte (Argônio), conjugada com o acréscimo de velocidade da partícula atomizada proporcionada pela ação do ar comprimido auxiliar, contribuiu para o melhor ancoramento do revestimento ao substrato, além da maior deformação das partículas pulverizadas. Sendo assim, a aspersão térmica com o protótipo Cabeçote Arc Spray apresenta uma microestrutura com menor índice de porosidade e partículas não fundidas.

Observando a figura 3a, fica evidente que as falhas microestruturais da metalização pela técnica de aspersão térmica convencional permitiram um maior contato do substrato com a solução DAM. Isso acarreta na corrosão de uma maior área por ácido sulfúrico em relação à figura 3b. Haja vista que é observada uma

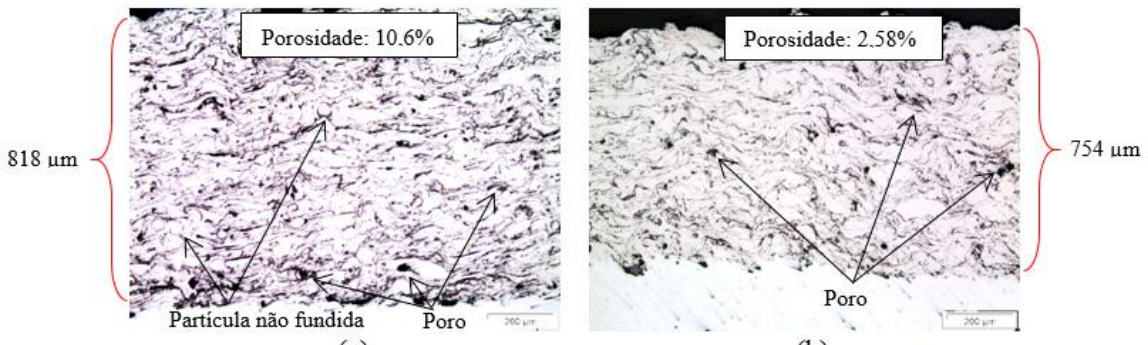

Figura 2: Microestrutura revestimento *Arc Spray*: (a) NiCr convencional. (b) NiCr + Ar + ar aux.

Revestimento NiCr metalizado por Arco Elétrico com gás de mistura reduz corrosão por DAM

grande área de cor laranja sobre o revestimento à base de NiCr metalizado por Arc Spray convencional em relação à aspersão térmica com o Cabeçote Arc Spray.

Figura 3: Resistência à corrosão por DAM. (a) NiCr convencional. (b) NiCr + Ar + ar aux.

Outro aspecto analisado após o ensaio de imersão em DAM foi a diferença de massa das amostras. Um aumento de massa ocorreu devido à ferrugem do substrato, que evolui na forma de hidróxido de ferro. A amostra 1 apresentou um ganho de massa de aproximadamente 0,56 g, já a amostra do grupo 2 apresentou um aumento de aproximadamente 0,43 g. Estima-se com essa análise que a aspersão térmica do revestimento a base NiCr executado pelo protótipo Cabeçote Arc Spray apresenta uma eficiência de proteção contra a corrosão por DAM, na ordem de 30%.

A eficiência de proteção pode chegar a 100%, caso for metalizado o material alumínio (Al) como camada base, entre o revestimento duro e o substrato. Uma vez que o revestimento duro (NiCr) atua de forma a aumentar a resistência contra o desgaste mecânico provocado pelo atrito das partículas sólidas suspensas na DAM, enquanto que o revestimento dúctil (Al) assume a função de anodo de sacrifício.

Nesse contexto, o revestimento de alumínio realizará a proteção catódica do substrato e isso elevará a resistência à corrosão por ácido sulfúrico, principal agente agressor da DAM.

[1] São exemplos de equipamentos de lavra: equipamentos de perfuração e/ou desmonte; equipamentos de carregamento; escavadeiras; equipamentos de transporte.

O autor...

Rodrigo Cardoso Costa

Possui Pós-graduação de Mestre em Engenharia (UFRGS) e Psicopedagogia Institucional (UCB). O mesmo também possui graduação em Tecnologia em Eletromecânica (UNESC). Atualmente é professor da escola Técnica em tempo integral da Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina -SATC. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Processo de Soldagem.