

Efeito do ângulo de impacto na microdureza de revestimentos compósitos CuZn–Al₂O₃ eletrodepositados de soluções alcalinas contendo EDTA

Impact angle effect on microhardness of CuZn–Al₂O₃ composite coatings electrodeposited from alkaline solutions containing EDTA

Fallconny Rodrigues Sensato Oliveira
fallconny@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Paulo Cezar Tulio
pauloctulio@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi obter e avaliar propriedades de revestimentos compósitos de matriz metálica CuZn e fase dispersa de Al₂O₃. A obtenção foi por eletrodeposição a partir de solução alcalina contendo EDTA como complexante e partículas cerâmicas duras de Al₂O₃ dispersas na mesma. Foram realizadas avaliações das aderências e microdurezas dos revestimentos em duas situações de ângulo de impacto da solução de eletrodeposição à superfície do eletrodo. As eletrodeposições foram realizadas a densidades de correntes constantes com variações de concentração de partículas duras na solução. O fluxo das partículas foi direcionado paralelamente e ortogonalmente à superfície do eletrodo. Os revestimentos foram aderentes em todas as situações analisadas. A incorporação de Al₂O₃ à matriz CuZn não parece estar ocorrendo em revestimentos com fluxo paralelo, pois não foi verificado aumento da microdureza desta para eletrodeposições com a presença de Al₂O₃. Para revestimentos com fluxo ortogonal à superfície, houve um aumento significativo da microdureza em alta densidade de corrente em todas as concentrações de partículas. Nesse trabalho evidenciou-se a importância do ângulo de impacto na eletrodeposição de revestimentos compósitos.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos de matriz metálica. Revestimento. Eletrodeposição. CuZn-Al₂O₃.

ABSTRACT

The aim of this work was to obtain and characterize metal-matrix composite coatings of CuZn and disperse phase of Al₂O₃ by electrodeposition from alkaline solutions containing EDTA as complexing agent and dispersed hard ceramic particles of Al₂O₃. Adherence and microhardness were evaluated for two impact angles of electrodeposition solution to electrode surface. Electrodepositions were conducted at two constant current densities, with distinct Al₂O₃ concentrations and impact angles of the solution parallel and normal to the electrode surface. For all the conditions, coatings were adherent. For parallel impact angle, occlusion of Al₂O₃ particles seems not to occur, since no increase in microhardness values was observed. Yet, in normal impact angles, significant increase in microhardness was observed, especially for higher current densities and for all concentrations of Al₂O₃ in the solution. It was evidenced the importance of impact angle on the electrodeposition of composite coatings.

KEYWORDS: Metal-matrix composites. Coating. Electrodeposition. CuZn-Al₂O₃.

Recebido: 31 ago. 2018

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.





INTRODUÇÃO

Na indústria, as máquinas e componentes por onde os diversos processos ocorrem necessitam de integridade mecânica para se assegurar a segurança, qualidade e lucratividade dos mesmos. Neste contexto, o controle da corrosão com erosão é imprescindível para garantir esses requisitos. Tubulações, bombas e rotores são componentes mecânicos que comumente estão expostos a estes riscos. Em tubulações de aço carbono de baixa liga, utilizadas na produção de gás e óleo, na indústria petroquímica, encontra-se areia nas correntes de produção que podem causar corrosão com erosão prejudicando flanges e válvulas (GOMES, 2005). Estes componentes metálicos necessitam então, de proteção contra a corrosão e a erosão como, por exemplo, a aplicação de revestimentos superficiais.

Existem diversos métodos de aplicação de revestimentos. A eletrodeposição é uma das formas de se obter revestimentos. A eletrodeposição é a técnica fundamental da indústria da galvanoplastia, que engloba tratamentos superficiais de proteção do metal base (LOWENHEIM, 1974). Os tratamentos superficiais presentes na galvanoplastia como: o processo de zincagem, cromoagem e niquelagem, revelam-se de grande importância para minimizar as perdas por corrosão, pois estas representam perdas equivalentes a uma parcela significativa do PIB em qualquer país do mundo.

No contexto da proteção contra a corrosão com erosão, revestimentos superficiais que possuem combinação de resistência à corrosão e alta dureza são altamente desejáveis para proteção do metal base. Revestimentos compósitos de matriz metálica com fases dispersas de partículas cerâmicas duras possuem estas características e podem ser obtidos por eletrodeposição (HOVESTAD; JANSSEN, 1995) e (MUSIANI, 2000). Estes revestimentos são conhecidos como eletrocompósitos.

Dado isto, o objetivo deste trabalho foi a obtenção de revestimentos compósitos de matriz metálica CuZn com partículas duras de Al_2O_3 que apresentem alta microdureza. A obtenção se dá por eletrodeposição a partir de banhos com o complexante EDTA (etilenodiamino tetra acético sal disódico). Em trabalhos anteriores, utilizando banhos contendo sorbitol como complexante, revestimentos compósitos CuZn- Al_2O_3 foram obtidos e apresentaram tal característica (ALMEIDA et al., 2016a).

METODOLOGIA

PREPARO DA SOLUÇÃO DE ELETRODEPOSIÇÃO

A solução de eletrodeposição foi: $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,06 M + $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0,14 M + NaOH 3 M + EDTA 0,35 M (ALMEIDA et al., 2016b). Foram adicionadas à solução partículas de Al_2O_3 (99,85%) com diâmetro médio de 3,4 μm . Duas relações de massa por volume ($C_{Al_2O_3}$) de Al_2O_3 foram utilizadas: 10g/L e 20g/L. Também foram realizadas deposições com solução sem partículas ($C_{Al_2O_3} = 0g/L$) para fins de comparações e análises posteriores. A solução com as partículas duras era previamente agitada por meio de um agitador magnético, por um período mínimo de 12 horas.

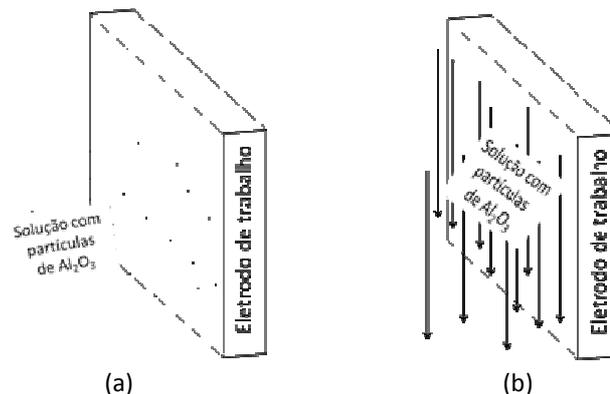
Os eletrodos de trabalho (ET) consistiram em chapas retangulares de aço 1020 com 5mm de espessura, contendo uma face e suas laterais isoladas com tinta à base de epóxi, restando assim, apenas uma região delimitada da face exposta à solução, com uma área de 225mm². Antes da imersão do eletrodo, realizava-se um pré-tratamento através do lixamento da superfície exposta com lixas de granulação 200, 400 e por fim 600, e ainda, desengraxa com acetona. O ânodo era composto de cobre eletrolítico (99,9%) em forma cilíndrica.

As eletrodeposições foram realizadas a densidade de correntes catódicas constantes (i_g) de 10mAcm⁻² e 20mAcm⁻². As espessuras dos depósitos foram estimadas em 30µm e a densidade de carga para esta espessura, utilizando-se as leis de Faraday, foi de 32,1 C/cm².

Durante as eletrodeposições a solução ficou sob agitação magnética para impedir que as partículas de Al₂O₃ sedimentem no fundo da célula. O mesmo procedimento foi realizado em C_{Al₂O₃} = 0g/L, para que houvesse padronização das eletrodeposições.

Para avaliar a influência do ângulo de impacto do fluido com partículas de Al₂O₃ sobre a superfície do ET, duas condições foram analisadas como mostra a Figura 1.

Figura 1 – (a) face do ET paralela e (b) ortogonal às linhas de fluxo da solução com partículas



Fonte: Autoria Própria (2018).

Pela baixa concentração de Zn²⁺ na solução, calculou-se a perda (em massa) de zinco, e após cada eletrodeposição esta quantidade era reposta.

A medida de microdureza de revestimentos na escala Vickers foi realizada em um equipamento *Microhardness Tester* modelo HV-1000B. As medidas foram realizadas perpendicularmente à superfície da amostra, como no mínimo 10 medições em cada depósito. As cargas aplicadas foram de 300 e de 500gf.

RESULTADOS

AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA

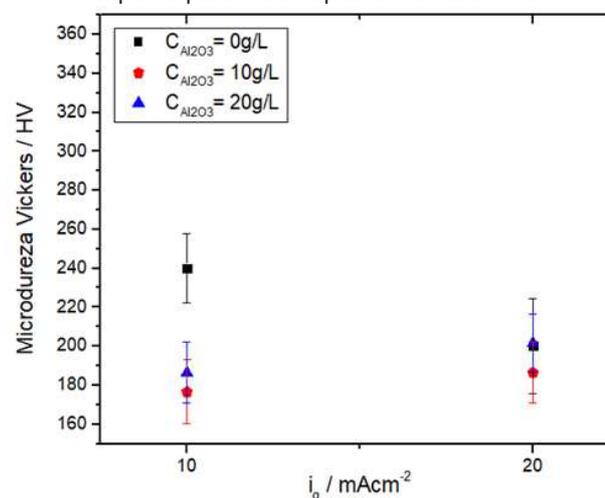
Para todas as condições de eletrodeposição analisadas neste trabalho, i_g de 10 e 20mAcm⁻² e C_{Al₂O₃} de 0, 10 e 20g/L os depósitos foram aderentes. Esta

observao importante, pois nem todas as solues para eletrodeposio de filmes CuZn sobre ao fornecem depósitos aderentes. O complexante EDTA e o meio alcalino asseguram a aderncia e posterior anlise sem a necessidade de tratamentos adicionais antes da eletrodeposio de CuZn. A caracterstica de depósitos aderentes foi independente do ngulo de impacto da soluo contendo as partculas. Porém, no fluxo ortogonal com concentraes de Al_2O_3 observaram-se regies de alta rugosidade nas bordas laterais e inferiores do eletrodo de trabalho.

AVLIAO DA MICRODUREZA

Na Figura 2 esto mostrados os resultados de microdureza para as diferentes i_g e $C_{Al_2O_3}$ para condies de ngulo de impacto paralelo a superfcie. Em densidade de corrente de 10mAcm^{-2} , houve uma diminuio da microdureza comparando-se com depósitos obtidos em solues sem Al_2O_3 . O mesmo comportamento pode ser observado em 20mAcm^{-2} . Isto indicaria que nessas condies no se est obtendo o revestimento composto. Este resultado foi inesperado, sendo pela primeira vez observado em eletrodeposies de CuZn de solues alcalinas. Em trabalhos anteriores, com o complexante sorbitol, em fluxo paralelo, as microdurezas foram sempre superiores aos depósitos sem Al_2O_3 (ALMEIDA et al., 2016a). Entretanto como mostra a Figura 2, este mesmo resultado no foi alcanado utilizando EDTA. Devido a este comportamento uma nova varivel foi analisada: o ngulo de impacto do fluido com a superfcie do eletrodo.

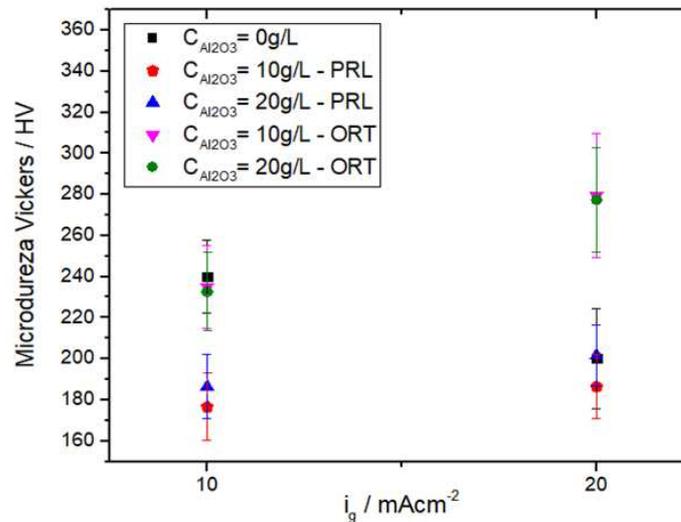
Figura 2- Variao da microdureza em funo de i_g , e concentraes Al_2O_3 para ngulo de impacto paralelo a superfcie do eletrodo



Fonte: Autoria prpria (2018).

Dado isto, investigou-se se o fluxo ortogonal (ORT) a superfcie do ET poderia aumentar a microdureza. Nesta condio de eletrodeposio percebeu-se, como mostrado na Figura 3, um aumento significativo na microdureza do material para i_g de 20mAcm^{-2} em ambas $C_{Al_2O_3}$. Para 10mAcm^{-2} no houve aumento com relao a situao sem Al_2O_3 . Porém, assim como em 20mAcm^{-2} , com fluxo ortogonal, maiores microdurezas so obtidas em comparao ao fluxo paralelo.

Figura 3- Variação da microdureza em função de i_g e concentrações de Al_2O_3 , com ângulos de impacto ortogonal (ORT) e paralelo (PRL) ao eletrodo



Fonte: Autoria própria (2018).

A medida de microdureza seria um indicativo de que a oclusão de Al_2O_3 estaria ocorrendo na matriz de CuZn, desde que houvesse grande variação na mesma comparada à matriz pura de CuZn. Os resultados da Figura 3 indicam que, como fluxo paralelo, em todas as condições, não estaria havendo oclusão. No caso de eletrodeposições realizadas com fluxo ortogonal, percebe-se que em 20mAcm^{-2} , pelo valor mais elevado de microdureza estaria havendo oclusão de Al_2O_3 na matriz de CuZn. A análise da oclusão será verificada posteriormente.

CONCLUSÕES

Eletrodeposições de filmes CuZn a partir de uma solução alcalina contendo EDTA como complexante com partículas micrométricas de Al_2O_3 forneceram revestimentos aderentes em todas as condições analisadas.

Em revestimentos obtidos com fluxo paralelo à superfície do eletrodo, o comportamento da microdureza indicou que esta condição não favoreceria a incorporação das mesmas à matriz CuZn com complexante EDTA.

Nas condições de obtenção com fluxo ortogonal à superfície do eletrodo observou-se um aumento significativo da microdureza em alta i_g , podendo haver a incorporação da Al_2O_3 na matriz CuZn.

A incorporação de Al_2O_3 em matrizes CuZn obtidas de soluções contendo EDTA mostrou-se dificultosa comparada a outros complexantes, como o sorbitol. No entanto estas dificuldades foram contornadas trabalhando-se com a variável de obtenção ângulo de impacto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. P. R. et al. Reinforcement of CuZn coatings obtained by electrodeposition from a free-of-cyanide alkaline solution containing Al_2O_3 hard particles. In: **2nd INTERNATIONAL SEMINAR ON INDUSTRIAL INNOVATION IN ELECTROCHEMISTRY**, 2016a, Curitiba. São Paulo: Blucher, 2016a, p. 35–42.



ALMEIDA, M. R. H. et al. Electrodeposition of CuZn films from free-of-cyanide alkaline baths containing EDTA as complexing agent. **Surface And Coatings Technology**, [s.l.], v. 287, p.103-112, fev. 2016b. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.12.079>.

GOMES, A. C. T. **Análise da corrosão e da erosão-corrosão do aço carbono em meio com NaHCO₃ e CO₂**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa Interdisciplinar de Pós-graduação em Engenharia (pipe), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HOVESTAD, A.; JANSSEN, L. J. J. Electrochemical codeposition of inert particles in a metallic matrix. **Journal Of Applied Electrochemistry**, [s.l.], v. 25, n. 6, p.519-527, jun. 1995. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00573209>.

LOWENHEIM, F. A. **Modern electroplating**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons - A Wiley-Interscience Publication, 1974.

MUSIANI, M. Electrodeposition of composites: an expanding subject in electrochemical materials science. **Electrochimica Acta**, [s.l.], v. 45, n. 20, p.3397-3402, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0013-4686\(00\)00438-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0013-4686(00)00438-2).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pela bolsa, e o CNPq e a UTFPR pelo suporte material e financeiro, o que possibilitou a realização deste trabalho.