cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Influência da Densidade de Corrente na Obtenção de Revestimentos Eletrodepositados de Ni–Bi

José Wiron Barbosa Procópio[1]; Leonardo Facundo de Sousa[2]; Felipe Alexandre da Cunha Bispo[2]; Pedro Arthur Gomes Siqueira[2]; André Luciano Torres da Silva[2]; Josiane Dantas Costa[2]; Mathews Lima dos Santos[2]; Carlos José de Araujo[1]; Aureliano Xavier dos Santos[3]; Renato Alexandre Costa de Santana[2]

1. Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia de Materiais, Campina Grande, PB, Brasil,
2. Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Mecânica, Campina Grande, PB, Brasil,
3. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Cabo de Santo Agostinho, PE, Brasil.

Introdução

A corrosão de estruturas metálicas continua sendo um problema persistente de engenharia e econômico, com custos globais anuais estimados entre 3 e 4% do PIB [1,2]. Revestimentos protetores produzidos por eletrodeposição são amplamente utilizados para aumentar a vida útil de componentes expostos a ambientes agressivos, combinando taxas de deposição otimizadas, baixos custos operacionais e controle preciso sobre a composição e a espessura do filme [3]. A eletrodeposição de Ni e Bi é termodinamicamente exigente. Os potenciais padrão de redução dos dois metais diferem em aproximadamente 570 mV ($E°(Bi^{3+}/Bi)$ = +0,32 V vs. SHE; $E°(Ni^{2+}/Ni)$ = −0,25 V vs. SHE), então a deposição simultânea exige um eletrólito cuidadosamente equilibrado, incorporando agentes complexantes para reduzir a diferença de potencial efetiva [4].

Objetivos

Este trabalho tem o objetivo de abordar e investigar, pela primeira vez de forma sistemática, como a densidade de corrente aplicada (na faixa de 10 à 70 mA cm^{-2}) controla a composição da liga, a microestrutura, as características do filme passivo e, por fim, a resistência à corrosão de revestimentos binários de Ni–Bi em solução de NaCl 3,5%.

Metodologia

A eletrodeposição foi realizada sob condições galvanostática, em uma célula de dois eletrodos. O substrato de cobre (1,5 x 1,5 cm) serviu como cátodo, com ambas as faces expostas ao eletrólito. Como ânodo, uma malha cilíndrica de platina. A caracterização dos depósitos foi realizada por espectroscopia de energia dispersiva (EDS), microscopia eletrônica de varredura com mapeamento composicional (MEV/EDS), enquanto o comportamento eletroquímico foi avaliado pela técnica de polarização potenciodinâmica (PP).

Reagente	Concentração
$Na_3C_6H_5O_7$	0,2 mol L^{-1}
$NiSO_4.6H_2O$	0,1 mol L^{-1}
$Bi(NO_3)_3$	0,2 mol L^{-1}
$C_{12}H_{25}NaO_4S$	2,6 x 10^{-4} mol L^{-1}

Tabela 1 – Solução eletrolítica

Parâmetros	Condições
Temperatura da solução	55°C ±1
pH da solução	4.0
Tempo de deposição	20 min
Densidade de Corrente	10 mA cm^{-2}
	40 mA cm^{-2}
	70 mA cm^{-2}

Tabela 2 – Parâmetros experimentais

Resultados e Discussão

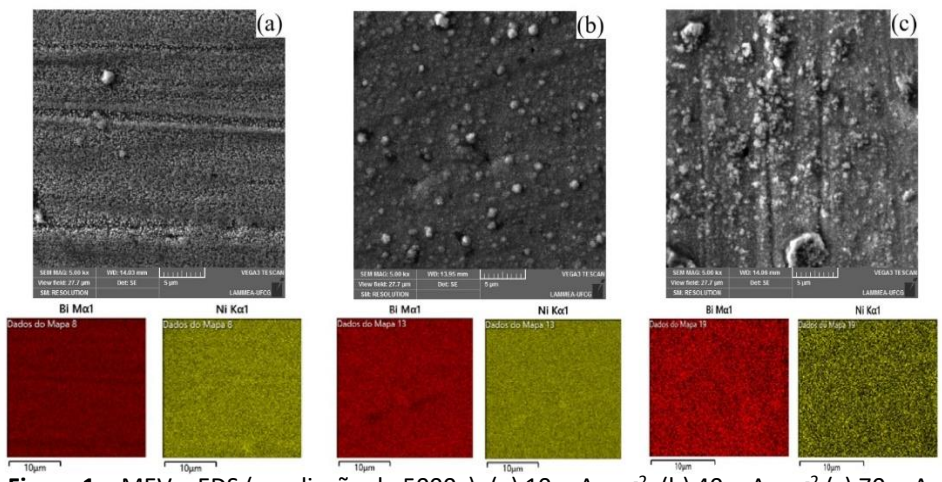


Figura 1 – MEV e EDS (ampliação de 5000x). (a) 10 mA cm^{-2}, (b) 40 mA cm^{-2} (c) 70 mA cm^{-2}

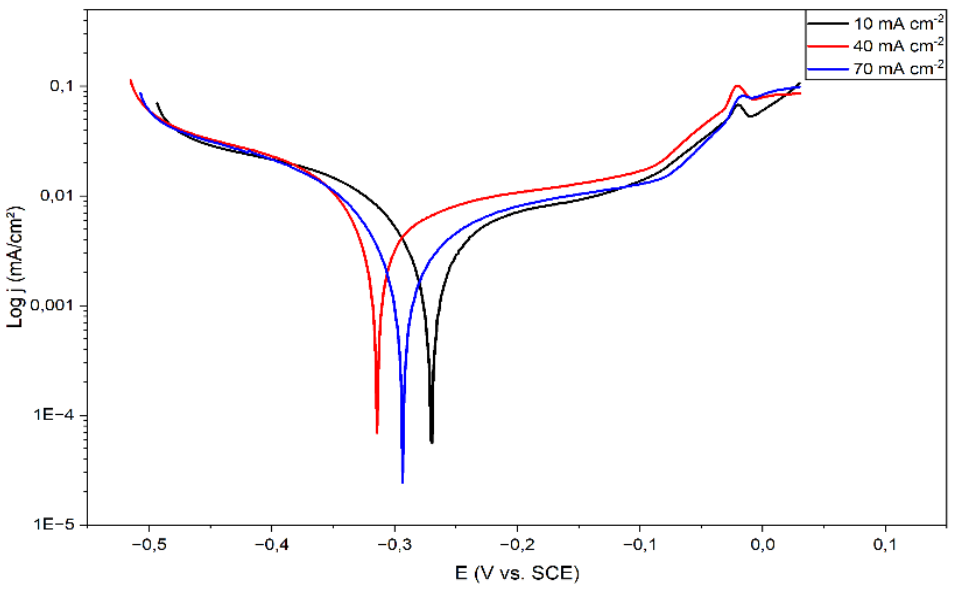


Figura 2 – Curvas de Polarização Potenciodinâmica (PP)

EXP.	Composição Química		Polarização Potenciodinâmica		
	Ni (at. %)	Bi (at. %)	Rp (KΩ)	I_{corr} (µA/cm²)	E_{corr} (V vs. SCE)
1	$77,6^{\pm0,6}$	$22,4^{\pm0,6}$	$17,7^{\pm1,2}$	$0,267^{\pm0,01}$	$-0,268^{\pm0,001}$
2	$87,1^{\pm0,5}$	$12,9^{\pm0,5}$	$13,1^{\pm0,9}$	$0,280^{\pm0,03}$	$-0,309^{\pm0,004}$
3	$73,9^{\pm0,8}$	$26,1^{\pm0,8}$	$22,3^{\pm0,5}$	$0,179^{\pm0,02}$	$-0,293^{\pm0,001}$

Tabela 3 – Resultados consolidados de Composição Química e PP

Conclusões

A densidade de corrente de deposição mostrou-se um parâmetro determinante para as propriedades dos revestimentos Ni-Bi, influenciando na incorporação de bismuto, na evolução microestrutural e no comportamento frente à corrosão. Entre as condições investigadas, o revestimento obtido a 70 mA·cm^{-2} apresentou a combinação mais favorável. No geral, esses resultados demonstram que ajustar finamente a densidade de corrente de deposição é uma estratégia eficaz para otimizar a estrutura do filme passivo misto de NiO/Bi_2O_3 e, consequentemente, melhorar a resistência à corrosão dos revestimentos de Ni Bi eletrodepositados em ambientes contendo cloretos.

Referências e Agradecimentos

[1] Liu H, Xu D, Yang K, Liu H, Cheng YF. Corrosion of antibacterial Cu-bearing 316L stainless steels in the presence of sulfate reducing bacteria. Corros Sci 2018;132:46–55. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2017.12.006.
[2] Kumaraguru S, Kumar GG, Shanmugan S, Mohan S, Gnanamuthu RM. Enhanced texture and microhardness of the nickel surface using Bi2O3 particles via electrodeposition technique for engineering application. J Alloys Compd 2018;753:740–7. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.03.350.
[3] Kumaraguru S, Sundaravadivel E. Direct electro-synthesis of rationally designed, sturdy Ni–P–Bi2O3 nanocomposite coatings: Tailoring the texture, microhardness, and corrosion prevention characteristics. Ceram Int 2022;48:28864–73. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.03.283.
[4] Tay SL, Yao C, Wei X, Chen W, Gao W. Ni–Bi composite coatings produced by ionic co-discharge electrodeposition. Surf Coat Technol 2014;260:279–83. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.06.063.