XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

ESTUDO DA ADIÇÃO DE GLICEROL EM BANHOS PARA ELETRODEPOSIÇÃO A BASE DE COBRE

BARBOSA RS¹, DE SOUZA CAC² e NASCIMENTO MLF¹

¹ Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Programa de pós-graduação em Engenharia Industrial

² Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais

E-mail para contato: engmec.rafabarbosa@gmail.com

RESUMO – *A eletrodeposição de cobre utilizando banhos de cianeto é um processo muito utilizado industrialmente para a obtenção de revestimentos metálicos. Entretanto, nos últimos anos, as indústrias vêm buscando soluções para tornar seus processos ecologicamente corretos. Como alternativa ambientalmente sustentável, a eletrodeposição de cobre, a partir de um banho ácido de sulfatos, num substrato de aço AISI 1020, em temperatura ambiente, na presença e na ausência dos aditivos, foi estudada. A eficiência da deposição foi analisada através da diferença da massa teórica calculada e da massa real obtida do eletrodepósito, após a eletrodeposição. Os resultados mostraram que a adição de uma determinada concentração de glicerol, resulta no aumento da eficiência de deposição do banho.*

1. INTRODUÇÃO

A utilização do revestimento de cobre depositado por eletrodeposição é um procedimento amplamente utilizado na proteção contra a corrosão e na elevação da resistência ao desgaste por abrasão de ligas metálicas nas indústrias automobilística, aeroespacial, têxtil, e gráfica (WALSH e LOW, 2016). Entretanto, comercialmente a eletrodeposição de cobre é em grande parte baseada nos eletrólitos tóxicos cianeto, que resultam em problemas de preservação do meio ambiente e de segurança do trabalho (PANOSSIAN e VARGAS, 2010).

Atualmente, a indústria vem buscando soluções para o desenvolvimento sustentável, com intuito de tornar seus processos ecologicamente corretos (CNI, 2012). O banho ácido de sulfatos foi desenvolvido como uma alternativa promissora para mitigar o dano ambiental e de segurança das soluções contendo cianetos, porém seu rendimento ainda não se assemelha ao banho praticado comercialmente. Desse modo, a utilização de aditivos orgânicos em banhos de eletrodeposição de cobre vem sendo estudado, com intuito de combinar ganhos de produtividade e eficiência no uso dos recursos (PASQUALE *et al.*, 2008). Um fator importante para a elevação da relação custo/benefício do processo de eletrodeposição galvanostática é a eficiência da corrente de deposição, pois uma maior eficiência de corrente de deposição implica em um menor consumo de energia.

XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Neste contexto, realizamos a eletrodeposição de cobre em substratos de aço AISI 1020, a partir de um banho ácido de sulfatos, buscando entender como reage o processo com a adição de glicerol, um subproduto da produção de biodiesel, que é um recurso renovável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios, foram utilizados corpos de prova confeccionados com aço carbono AISI 1020 de face retangular com área entre 2-4 cm², aproximadamente, e duas faces expostas para deposição. O banho utilizado para eletrodeposição do cobre foi preparado com água destilada e composto por 200 g/L de CuSO₄.5H₂O como fonte de íons Cu²⁺, 50 g/L de H₂SO₄ como eletrólito de suporte, 142 g/L de Na₂SO₄ como eletrólito de fundo (KANANI, 2004; GRUJICIC E PESIC, 2002). Além disso, foi adicionado o aditivo glicerol nas concentrações entre 0,65 e 4,55 mol/L, onde todos os reagentes químicos foram de grau analítico. Uma densidade de corrente de 10 mA/cm² foi utilizada para alcançar todos os eletrodepósitos com 5μm de espessura, num período de 22 min e 30seg, obtido através da lei de Faraday (Equação 1). Todas as eletrodeposições foram realizadas à temperatura ambiente e sem agitação.

$$t = \frac{m \times v \times k}{A \times i} \quad (1)$$

Onde: A – massa atômica do elemento (g/mol); i – corrente transportadora (A); m – massa teórica do revestimento (g); v – valência do elemento (+ 2 para o Cu); k – constante de Faraday (C/mol); t – tempo (s).

A variável mt foi obtida através da Equação 2.

$$m_t = e \times A \times D_{\text{revestimento}} \quad (2)$$

Onde: mt – massa teórica do depósito (g); e – espessura do depósito (mm); A – área a ser depositada (mm²); D – Densidade do revestimento.

O cálculo da eficiência do processo de eletrodeposição galvanostática foi obtido através da diferença entre a massa teórica calculada do eletrodepósito e a massa real decorrente do eletrodepósito, após o processo de eletrodeposição. Antes do processo de deposição, os corpos foram pesados e, logo após, eletrodepositados e submetidos novamente à balança de precisão, onde, cada banho foi avaliado por meio de uma triplicata nas diversas variações de teores do aditivo, conforme a Equação 3.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{[1 - (M_t - M_e)] \times 100}{M_t} \quad (3)$$

Onde: mt é a massa teórica e me é a massa obtida no processo de eletrodeposição.

A eficiência de deposição é um parâmetro fundamental no processo de eletrodeposição, já que uma maior eficiência de deposição implica em um menor consumo de energia do processo. A variável *Consumo de energia* foi obtida através da Equação 4.

$$\text{Consumo de energia} = \frac{VM \times 8 \times 10^5}{10 \text{ CE}} \quad (4)$$

XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Onde: VM – potencial médio, para $Cu=0,25V$; CE – eficiência de deposição (%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi avaliado o comportamento do banho ácido para eletrodeposição de sulfato de cobre, sofrendo variação da concentração de glicerol nos teores entre 0,65 e 4,55 mol/L, com intuito de analisar a eficiência de deposição e o consumo de energia.

Analisando os resultados representados na Tabela 1, foi constatada que, com a adição de glicerol, a eficiência de deposição é máxima para concentração de 3,25 mol/L, resultando, consequentemente, no menor consumo de energia. No entanto, para determinadas concentrações de glicerol não é observado o aumento da eficiência de deposição, culminando inclusive na diminuição da eficiência de deposição, como ocorreu com depósitos obtidos nas concentrações de 0,65 e 4,55 mol/L. No trabalho realizado por PEDROZA *et al.*, (2012), que estuda a presença de glicerol no banho de eletrodepósitos de Zn-Ni, para concentrações de glicerol entre 0,14 e 0,34 mol/L, ocorre a diminuição na eficiência da deposição. Desse modo, concluímos que o glicerol só influencia positivamente a eletrodeposição quando utilizado em uma determinada faixa de concentração.

A eficiência de deposição pode ser afetada pela condutividade do banho, sendo que um maior grau desta tende a elevar a eficiência da corrente de deposição, por favorecer a condutividade iônica. No entanto, no presente trabalho, foi constatado que, embora a adição de glicerol tenha elevado o valor do pH e diminuído a condutividade do banho de deposição, a eficiência desta aumenta com a presença do aditivo em uma determinada faixa de concentração, o que indica que outros fatores predominaram sobre a condutividade do banho.

Neste estudo, a adição de glicerol pode ter afetado a eficiência da corrente de deposição, através do deslocamento do potencial de deposição do cobre. É possível que a adição de glicerol nos teores que resultam em uma eficiência de corrente de deposição máxima, tenha deslocado o potencial de deposição do Cu para a faixa de sobrepotencial, no qual a eficiência de deposição é máxima. O efeito da referida adição deve ser analisado através de estudos baseados na polarização potenciodinâmica, a ser feito num trabalho futuro.

Tabela 1 - Eficiência de deposição do banho e seu consumo de energia

Banho	Glicerol (mol/L)	Eficiência máx. (%)	Eficiência mín. (%)	Eficiência méd. (%)	pH	Condutividade ($\mu S/cm$)	Consumo (KWH/TON)
A	0	93,92	92,81	93,50	0,59	157090	22459,89
B	0,65	93,34	93,18	93,25	0,67	134802	22520,10
C	1,3	94,85	94,11	94,73	0,68	113113	22168,26

XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP

XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

Banho	Glicerol (mol/L)	Eficiência máx. (%)	Eficiência mín. (%)	Eficiência méd. (%)	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Consumo (KWH/TON)
D	1,95	95,22	95,03	95,10	0,72	97408	22082,01
E	2,6	95,59	95,40	95,50	0,80	83645	21989,52
F	3,25	95,77	95,40	95,65	0,81	72713	21955,04
G	3,9	94,12	93,34	93,80	0,83	61779	22388,05
H	4,55	92,26	90,77	92,10	0,84	53885	22801,30

4. CONCLUSÕES

A adição de determinadas concentrações de glicerol em um banho de depósito de sulfato de Cu eleva a eficiência da corrente de deposição, com a consequente diminuição do consumo de energia. Foi constatada a presença de uma concentração, em torno de 3,25 mol/L, na qual a eficiência de deposição é máxima passando a diminuir para concentrações mais elevadas.

5. REFERÊNCIAS

- CNI. Confederação Nacional da Indústria. Avanços da indústria brasileira rumo ao desenvolvimento sustentável: síntese dos fascículos setoriais. Brasília, DF, 2012. 51p.
- GRUJICIC D, PESIC B. Electrodeposition of copper: the nucleation mechanisms. *Electrochimica Acta*, v. 47, p. 2901-2912, 2002.
- KANANI N. *Electroplating: Basic Principles Processes and Practice*. São Paulo: 1st Edition, 23rd November 2004.
- PANOSSIAN Z, VARGAS CP. Estudo do mecanismo de eletrodeposição do cobre a partir do HEDP por meio da técnica eletroquímica de medição do potencial de circuito aberto. Congresso brasileiro de corrosão, INTERCORR-ABRACO, Fortaleza. 2010.
- PASQUALE MA, GASSA LM, ARVIA AJ. Copper electrodeposition from an acidic plating bath containing accelerating and inhibiting organic additives. *Electrochimica Acta*, v. 53, p. 5891–5904, 2008.
- PEDROZA GAG, SOUZA CAC, CARLOS IA, ANDRADE LIMA LRP. Evaluation of the effect of deposition bath glycerol content on zinc–nickel electrodeposits on carbono steel. *Surface & Coatings Technology*, v. 206, p. 2927–2932, 2012.
- WALSH FC, LOW CTJ. A review of developments in the electrodeposition of tin-copper alloys. *Surface and Coatings Technology*, v. 25, p.246-262, October 2016.