



PIBIC/CNPq/UFPG-2009

ESTUDO DOS COMPONENTES DO BANHO ELETROLÍTICO PARA ELETRODEPOSIÇÃO DA LIGA Ni-W-Mo

Thalita F.T.da Silva¹, Renato A. C. Santana², Shiva Prasad³, Gilmar T. Araújo⁴

RESUMO

O processo de corrosão está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e o desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam. Uma forma de se minimizar a corrosão em materiais metálicos é revesti-los com outros materiais. A eletrodeposição é um método muito utilizado na obtenção de revestimentos metálicos resistentes a corrosão e ao desgaste mecânico. Através da eletrodeposição é possível obter ligas metálicas. Dentro desta classe, o processo de formação de ligas à base de molibdênio é considerado um processo de eletrodeposição induzido. Um exemplo dessas ligas é a de Ni-W-Mo. Dessa forma, o estudo proposto teve como finalidade otimizar os componentes do banho (Tungstato de sódio e Molibdato de sódio) para eletrodeposição de ligas Ni-W-Mo em função da resistência à corrosão e polarização. Dessa forma, avaliou-se quantitativamente a influência das variáveis de entrada sobre a resistência à corrosão. Os valores ótimos encontrados para a liga Ni-W-Mo foi obtido com menores concentrações de tungstato de sódio e molibdato de sódio, nestas condições foi obtidos depósitos de boa qualidade, com aderências e melhor resistência a polarização.

Palavras-chave: Ni-W-Mo, eletrodeposição, corrosão.

STUDY OF THE COMPONENTS OF THE BATH ELECTROLYTIC FOR ELECTRODEPOSITION OF ALLOYS Ni-W-Mo

ABSTRACT

The corrosion process is constantly transforming the metallic materials in such a way that their durability and performance stop satisfying the purposes to which they are destined. A way to minimize the corrosion of metallic materials is to cover them with other materials. The electrodeposition is a method often applied to obtain metallic coverings resistant to corrosion and mechanical stress. Through electrodeposition it is possible to obtain metal alloys. Inside this class, the formation process of alloys through molybdenum is considered a process of induced electrodeposition. Inside this class, the formation process of alloys through molybdenum is considered a process of induced electrodeposition. An example of these alloys is the Ni-W-Mo. Thus, the proposed study optimizing the components of the bath (sodium tungstate and sodium molybdate) for alloy electrodeposition of Ni-W-Mo in terms of resistance to corrosion and polarization. Thus, it was evaluated quantitatively the influence of input variables on the corrosion resistance. The optimum values found for the Ni-W-Mo alloy were obtained with lower concentrations of sodium tungstate and sodium molybdate. In those conditions was obtained deposits of good quality, adherence and resistance to polarization.

Keywords: Ni-W-Mo, electrodeposition, corrosion.

[Digite texto]

¹ Aluna do curso de Engenharia Química, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: thalita_nanda@yahoo.com.br

² Engenharia Química, Pesquisador Doutor, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: renatoacs@deq.ufcg.edu.br

³ Engenharia Química, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: prasad@deq.ufcg.edu.br

⁴ Engenharia Química, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: gilmarrindade@deq.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

Os problemas de corrosão são freqüentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como por exemplo, nas indústrias químicas, petrolíferas, petroquímicas, navais, de construções civis, automobilísticas, nos meios de transportes: aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelho de prótese) na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas (PRASAD, 2000).

A consequência da corrosão pode ser apenas de ordem econômica como é o caso da corrosão de tubulações residenciais, veículos, eletrodomésticos, etc., acarretando prejuízo econômico devido à manutenção ou substituição dos materiais corroídos. Em outros casos a corrosão poderá ocasionar graves acidentes com consequências sérias, tanto para a preservação da natureza, quanto do homem, como por exemplo, perfuração de tubulações de condução de gases combustíveis podendo causar incêndios ou contaminação, queda de pontes e viadutos. Pode-se verificar, portanto, que a corrosão é importante tanto do ponto de vista tecnológico como do ponto de vista social (PRASAD, 1998).

A tarefa de escolher materiais para determinados equipamentos ou estruturas é bastante árdua, devido à grande variedade de materiais disponíveis, como por exemplo, os metais e suas ligas, os materiais poliméricos (plásticos e borrachas) e os materiais compósitos (cerâmica e madeira). O material ideal será aquele que apresentar as propriedades desejadas, com o menor custo possível e, ainda, uma maior durabilidade. As propriedades físicas e mecânicas como dureza, resistência ao impacto, ductilidade, condutividade elétrica e térmica, soldabilidade etc., são intrínsecas aos materiais e, de certa forma, previsíveis. Na maioria dos metais e suas ligas, estes dados podem ser facilmente encontrados em literaturas ou determinados experimentalmente. (PRASAD, 1993)

Entretanto, a durabilidade dos materiais, especificamente aqueles relacionados com a resistência à corrosão, depende tanto da natureza do meio em que os mesmos ficarão expostos, como das condições de exposição, sendo por isso de difícil previsão. (SANTANA, 2002)

Os problemas de corrosão são freqüentes e ocorrem nas mais variadas atividades. A consequência da corrosão pode ser apenas de ordem econômica como é o caso da corrosão de tubulações residenciais, veículos, eletrodomésticos, etc., acarretando prejuízo econômico devido à manutenção ou substituição dos materiais corroídos. Em outros casos a corrosão poderá ocasionar graves acidentes com consequências sérias, tanto para a preservação da natureza, quanto do homem. Pode-se verificar, portanto, que a corrosão é importante tanto do ponto de vista tecnológico como do ponto de vista social. (PRASAD, 1998)

O processo da corrosão ocorre na superfície do metal e nas suas estruturas sob a influência do meio ambiente. As camadas protetoras, por outro lado, constituem uma importante prevenção contra a corrosão, particularmente contra a corrosão atmosférica. A eletrodeposição, também conhecida como revestimento galvânico, aparece como um método muito utilizado na obtenção de revestimentos metálicos resistentes a corrosão e ao desgaste mecânico. Através desse processo é possível obter materiais metálicos com propriedades satisfatórias como dureza, resistência à corrosão, propriedades catalíticas, boa ductibilidade. (GÓMEZ et al., 2004; NASU et al., 2004)

Neste trabalho de pesquisa, estudaremos a obtenção de ligas à base de molibdênio, por este metal apresentarem características físicas bastante interessantes. O processo de formação de ligas à base de molibdênio é considerado um processo de eletrodeposição induzido. Isso se deve ao fato do

[Digite texto]

molibdênio não se depositar sozinho, uma vez que sua redução é incompleta em solução aquosa. Assim, a deposição do molibdênio só é possível na presença de outro metal, conhecido como indutor, o qual faz parte do grupo do ferro (Co, Fe, Ni). Um exemplo dessas ligas é a de Ni-Mo. (GÓMEZ et al.,2003; GÓMEZ et al.,2005; NIU et al.,1998; SUBRAMANIA et al.,2007; GÓMEZ et al.,2001; PELLICER et al.,2006).

Também foi realizada a impedância eletroquímica que é representada por um sinal alternado de potencial, de pequena amplitude, aplicado num sistema constituído de uma interface eletrodo/solução origina um sinal alternado de corrente como resposta. A razão entre a perturbação e a resposta corresponde à impedância do sistema. A técnica para determinar a impedância de um sistema eletroquímico é a espectroscopia de impedância. Essa técnica foi utilizada para confirmação dos teste de corrosão.

Este trabalho tem como finalidade obter a partir da eletrodeposição a liga Ni-W-Mo, variando a concentração dos elementos tungstato de sódio e molibdato de sódio no banho eletrolítico e avaliar sua resistência a corrosão.

METODOLOGIA

Preparação do banho eletrolítico

Na preparação das soluções foram empregados reagentes com elevado grau de pureza analítico, para isso foi utilizado água deionizada. O banho foi desenvolvido no Laboratório de Eletroquímica e Electroanalítica (LEEA) especialmente para o estudo, de acordo com a Tabela 01. O pH do banho foi ajustado para 8,5 adicionando-se hidróxido de amônio ou ácido sulfúrico.

Tabela 01: Composição do banho eletrolítico da liga de Ni-W-Mo

Reagentes	Concentrações(M)		
Citrato de Sódio	0,3		
Sulfato de Amônio	0,05		
Tungstato de Sódio	0,05	0,15	0,25
Molibdato de Sódio	0,025	0,05	0,075
Sulfato de Níquel	0,03		
Dodecil Sulfato de Sódio	0,030g/L		

Preparação do substrato

A preparação da superfície dos substratos sobre os quais se deseja efetuar eletrodeposição é extremamente importante para a obtenção de depósitos aderentes, compactas e homogêneas. Inicialmente é fundamental para o êxito da deposição que a superfície do substrato esteja perfeitamente limpa.

O eletrodo de trabalho utilizado foi um substrato de cobre, cortado na forma de um quadrado 2 x 2 cm com área superficial de 8 cm².A preparação do eletrodo de cobre pode ser dividido em duas etapas:

- ✓ Tratamento químico
- ✓ Polimento com lixas de granulações diferentes.

O tratamento químico consistiu em mergulhar o eletrodo numa solução de 10% de hidróxido de sódio, para desengraxar a superfície do material, lavá-lo com água destilada e logo depois mergulhá-lo em uma solução de 1% de ácido sulfúrico para ativar a superfície do eletrodo para o processo de eletrodeposição.

[Digite texto]

Para o polimento foram utilizadas três lixas com diferentes granulometrias, a saber: 400, 600 e 1200 mesh.

Planejamento experimental

Para a otimização do processo de eletrodeposição das ligas de Ni-W-Mo foi realizado um planejamento fatorial 2^2 . Todos os experimentos foram realizados em triplicata. Avaliou-se quantitativamente a influência das variáveis de entrada (concentrações tungstato de sódio e do molibdato de sódio) sobre a resistência de polarização, bem como suas possíveis interações, com a realização mínima de experimentos, utilizando os parâmetros operacionais otimizados em estudos anteriores: temperatura do banho de 40°C e densidade de corrente de 85 mA/cm². A agitação mecânica, sob a forma de rotação catódica, foi mantida constante em 60 rpm. Os experimentos foram realizados em ordem aleatória, para evitar o erro sistemático.

Para a obtenção dos dados relacionados com o presente trabalho, a Tabela 02 mostra as variáveis utilizadas no planejamento fatorial, suas codificações e os níveis reais para cada variável. Cada variável independente foi investigada para um nível alto (+1) e um baixo (-1). Os experimentos do ponto central (0) foram incluídos na matriz e na análise estatística, para identificar o efeito de cada variável em função da eficiência catódica [HU,2000]. As análises de regressão dos dados experimentais foram interpretadas utilizando o software matemático para estimar as respostas das variáveis dependentes.

Tabela 02: Níveis reais e codificados das variáveis do planejamento fatorial 2^2 da liga de Ni-W-Mo

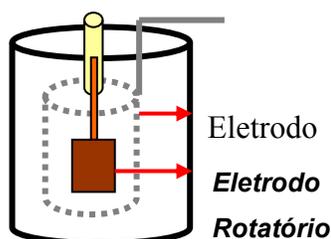
Variáveis	-1	0	+1
Concentração de Tungstênio(M)	0,05	0,15	0,25
Concentração de Molibdênio(M)	0,025	0,05	0,075

Eletrodeposição

Antes de se iniciar o processo de eletrodeposição, o substrato de cobre foi pesado e anotado sua massa inicial.

O sistema de eletrodeposição utilizado consistiu em colocar o catodo (substrato de cobre) centralizado no interior do anodo (malha cilíndrica de platina) e mergulhar no banho eletrolítico com uma temperatura de 40 °C, a qual foi controlada por um termostato MTA KUTESZ MD2. Então, conectou-se o eletrodo de referência de platina e colocou-se o catodo para rotacionar a 60 rpm. A agitação mecânica foi conferida na forma de rotação catódica, mediante o uso de um eletrodo rotatório EG&G PARC 616. A densidade de corrente utilizada foi de 85mA/cm², sendo controlada durante a eletrodeposição através de um potenciostato MQPG-01 da MicroQuímica, esse procedimento é representado na figura 01 e 02.

Depois de terminado o processo de eletrodeposição, o substrato de cobre foi seco em estufa, resfriado em dessecador e pesado. Dessa forma, a massa depositada sobre o substrato foi obtida. A partir da massa depositada e da composição química do filme depositado foi calculada a eficiência de deposição utilizado a lei de Faraday.



[Digite texto]

Figura 01: Representação esquemática da célula eletrolítica

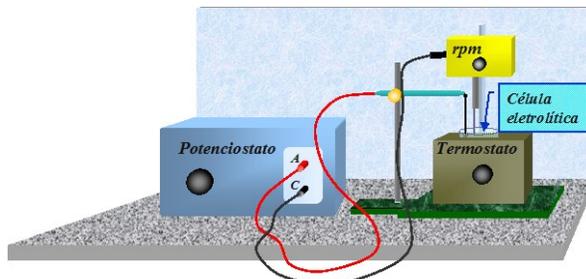


Figura 02: Esquema da bancada para eletrodeposição

Ensaio de corrosão

Para realização dos ensaios eletroquímicos, utilizou-se uma célula eletroquímica composta de três eletrodos empregando uma solução de cloreto de sódio de concentração 0,1 M. O eletrodo de calomelano saturado foi utilizado como eletrodo de referência, um eletrodo de folha de platina como contra eletrodo e um eletrodo de cobre revestido com a liga Ni-Mo-W como eletrodo de trabalho.

A técnica de polarização potenciodinâmica linear (PPL) foi utilizada para determinar os potenciais de corrosão e resistência à polarização dos revestimentos de Ni-Mo-W, em meio NaCl 0,1 M. As curvas de PPL foram obtidas com uma taxa de varredura de 1 mVs^{-1} através de um potenciostato/galvanostato Autolab PG STATE 30 conectado a um computador pelo software GPES-4 (*General Purpose Electrochemical System*).

Todos os testes de corrosão eletroquímica foram conduzidos em meio corrosivo a temperatura ambiente e área exposta do eletrodo de trabalho nesta solução de $1,8 \text{ cm}^2$.

Impedância Eletroquímica

A impedância de um circuito representa o nível de dificuldade pelo qual um sinal elétrico (potencial ou corrente) enviado a esse circuito encontra ao percorrê-lo. Quando uma voltagem alternada for aplicada a um circuito, a corrente resultante pode ser determinada utilizando a lei de Ohm ($V = IR$) através da substituição da resistência R pela reatância X de cada elemento passivo em questão. Dessa forma é possível representar qualquer reatância, ou a impedância Z de uma combinação de reatâncias, como um vetor em um plano real-imaginário, de acordo com o diagrama de Argand.

Uma forma de representar a variação da impedância com a frequência é o diagrama de Nyquist (Figura 03), utilizando a frequência como uma variável.

[Digite texto]

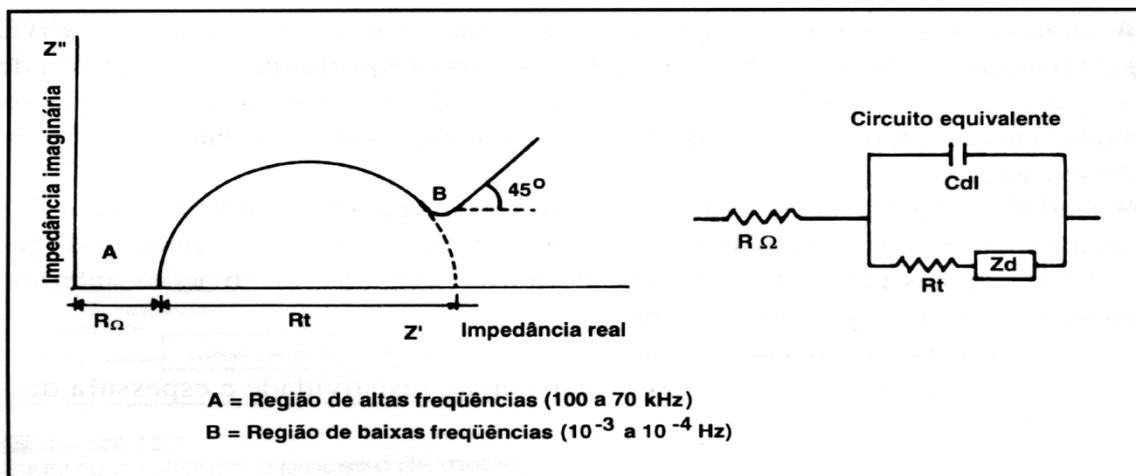


Figura 03: Diagrama de Nyquist, com o seu circuito equivalente.

O diagrama de Nyquist é a forma mais usada para expressar os resultados obtidos através da técnica de impedância. Este consiste de uma série de pontos, cada um representando a grandeza e a direção do vetor de impedância para uma frequência particular. Este diagrama é um plano complexo (real-imaginário) de coordenadas cartesianas, onde se tem nas abscissas a parte real (termos resistivos) e nas ordenadas a parte imaginária (termos capacitivos ou indutivos).

Tanto a mudança de fase quanto a amplitude são dependentes da frequência e os dados de impedância para uma determinada amostra são, obtidos sob uma larga variação de frequência (100 kHz a 10 mHz) dessa forma produzindo o diagrama de Nyquist (ALTUBE *et al.*, 2003).

Quanto maior for a impedância do sistema tanto mais passivo será este sistema, ou seja, maior será a restrição do referido sistema à condução de corrente, significando que a taxa de corrosão ou densidade de corrente de corrosão ao longo do sistema de análise, será a mais baixa possível (ES-SALAH *et al.*, 2004). No processo inverso, igualmente, quanto menor a impedância tanto menor será a restrição à passagem corrente, corrente esta que está associada ao processo eletroquímico de corrosão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de eletrodeposição, as propriedades do filme podem ser modificadas dependendo das condições de deposição utilizadas. O estudo da composição do banho é imprescindível na deposição de ligas. Pequenas mudanças na concentração dos reagentes podem alterar demasiadamente as propriedades do depósito. Os parâmetros do banho englobam a concentração dos reagentes e o pH.

Planejamento Experimental – Avaliação das condições ótimas de deposição

O estudo dos efeitos principais e de interação sobre a eficiência catódica do sistema foi realizado por meio da metodologia de superfícies de respostas (MSR). Através das superfícies de respostas, fez-se uma busca para encontrar o ponto ótimo de deposição da liga de Ni-W-Mo.

A Tabela 03 é a matriz do planejamento utilizado no processo de otimização dos parâmetros do banho do sistema de eletrodeposição.

[Digite texto]

Tabela 03: Matriz do planejamento fatorial 2² da liga de Ni-W-Mo

Exp.	Concentração de Tungstênio(M)	Concentração de Molibdênio(M)	E _{corr} (V)	R _p (Ω)	R _p ' (Ω)
01	-1	-1	-0,569	1,789 x 10 ³	8,02146 x 10 ³
02	-1	+1	-0,716	3,955 x 10 ³	2,4614 x 10 ³
03	+1	-1	-0,623	4,189 x 10 ³	1,0384 x 10 ³
04	+1	+1	-0,722	3,053 x 10 ³	1,7097 x 10 ³
05	0	0	-0,659	3,951 x 10 ³	4,2980 x 10 ³
06	0	0	-0,693	3,483 x 10 ³	2,9056 x 10 ³

Considerando que um valor de probabilidade de 95% de confiança é satisfatório ($P < 0,05$), foi possível estabelecer um modelo mostrando a influência das variáveis em função da resistência à polarização. A resistência de polarização (R_p) pode ser expressa na forma de função dos fatores independentes por um modelo matemático de 1ª ordem representado pela equação 01, onde x é a concentração tungstato de sódio e y é a concentração do molibdato de sódio, cujos valores dos coeficientes foram tratados matematicamente. Os valores em negrito nesta equação correspondem aos valores significativos e são mostrados a seguir:

$$R_p = \mathbf{3402,4} - 1222,1x - \mathbf{1934,1}y + 1557,6xy \quad (01)$$

ANOVA é uma técnica estatística que subdivide a variação total em um conjunto de dados em partes de componentes associadas com fontes específicas de variação com a finalidade de testar hipóteses dos parâmetros do modelo. A análise de variância (ANOVA) para o modelo foi realizada com um nível de confiança de 95% para $P < 0,05$ (MURAT,2002). O ajuste do modelo também foi expresso pelo coeficiente de regressão (R^2), que foi igual a 0,97 para resistência de polarização. Segundo Barros Neto et AL.,1995, o valor de R^2 é melhor quanto mais próximo da unidade. A análise de variância e de regressão dos dados demonstrou a significância estatística do modelo, justificando desta forma o uso do modelo de 1º ordem para o estudo estatístico. Avaliação estatística do modelo foi determinada pelo teste de Fisher para análise de variância dos resultados mostrados na Tabela 03. A análise de variância e de regressão demonstrou a significância estatística do modelo, justificando o emprego do modelo linear. O valor de P é usado para calcular se F é grande o bastante para indicar significância estatística. Um valor de P menor que 0,05 indica que o modelo é considerado estatisticamente significativo (MURAT,2002). Os resultados da ANOVA, listados na Tabela 04, demonstram que os modelos estatísticos não são significativos nem preditivos para $P < 0,05$.

Tabela 04: Resultados ANOVA para a Eficiência Catódica para a liga Ni-W-Mo

Fontes	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	F	P
(1) Tungstato de sódio	5974114	1	5974114	11.38972	0.077703
(2) Molibdato de Sódio	14962971	1	14962971	28.52708	0.033313
(3) Interação	9704471	1	9704471	18.50168	0.050028
Erro Puro	1049036	2	524518		
Soma Total	31690592	5			

[Digite texto]

Efeitos da Concentração de Molibdato de Sódio

O processo de formação de ligas à base de molibdênio é considerado um processo de eletrodeposição induzido. Isso se deve ao fato do molibdênio não se depositar sozinho, uma vez que sua redução é incompleta em solução aquosa.

Foi estudado o efeito da concentração do molibdato de sódio em um intervalo de 0,025 a 0,75M. A melhor eficiência de deposição foi obtida com a menor concentração de molibdato de sódio.

Efeitos da Concentração de Tungstato de Sódio

Foi estudado o efeito da concentração do tungstato de sódio em um intervalo de 0,05 a 0,25M. A Figura 04 mostra a superfície de resposta da resistência de polarização do sistema em função das concentrações de tungstato de sódio e do molibdato de sódio. Foi observado que à medida que as concentrações diminuem são obtidos os maiores valores de resistência a polarização, consequentemente maior resistência à corrosão. O mesmo comportamento foi observado para os valores do potencial de corrosão.

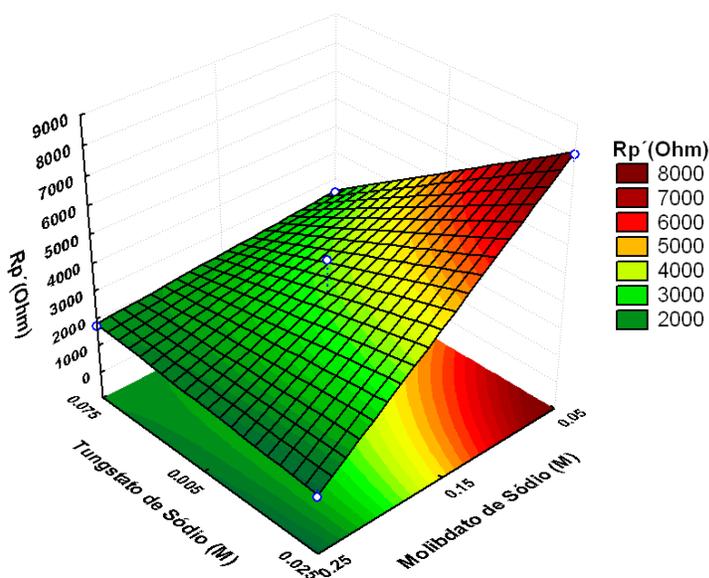


Figura 04 – Superfície de resposta da resistência a polarização do sistema em função das concentrações de tungstato de sódio e do molibdato de sódio.

De acordo com a análise estatística a concentração de tungstato de sódio foi a variável que apresentou menor influência estatística, apresentando uma maior influência ao interagir com a concentração de molibdato de sódio.

As ligas obtidas com concentrações menores de tungstato de sódio e molibdato de sódio apresentaram melhores resistências à polarização.

[Digite texto]

Resistência à Corrosão

Resistência a corrosão é a propriedade que o material tem de evitar danos causados por outros materiais que possam deteriorar o material estudado.

O estudo da resistência à corrosão da liga de Ni-W-Mo sobre o substrato de cobre com as condições de operação ótimas foram realizadas utilizando curvas de polarização potenciodinâmica linear (PPL). As medidas de corrosão foram realizadas em solução de NaCl 0,1M. Foi observado que o depósito obtido com menor concentração de tungstato de sódio e molibdato de sódio obtiveram potencial de corrosão mais positivo (nobre). A Figura 05 mostra a curva de polarização linear da liga Ni-W-Mo para o experimentos com menores concentrações de tungstato de sódio e molibdato de sódio.

Os valores de potencial de corrosão e de resistência de polarização obtidos para esta ligas são inferiores quando comparados com outras ligas de molibdênio e tungstênio, mostrando assim que o estudo para obtenção desse filme se faz necessário.

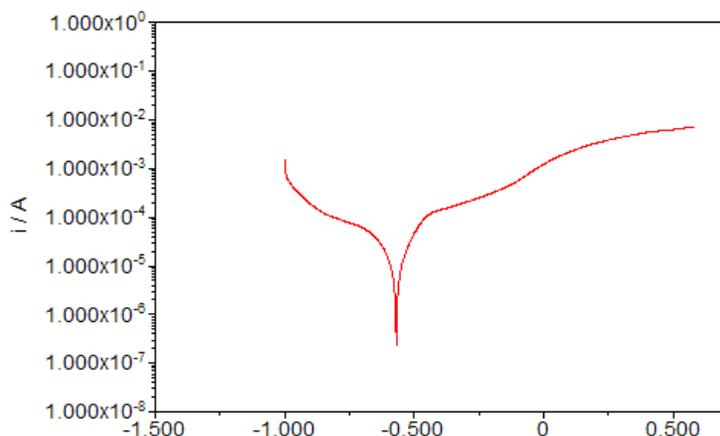


Figura 05 – Curva de polarização linear da liga Ni-W-Mo

Impedância Eletroquímica

Foram realizadas medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica para obter informações detalhadas sobre a resistência a corrosão e confirmar os resultados obtidos pelas curvas de PPL do estudo da liga de Ni-W-Mo.

A técnica de impedância eletroquímica utilizada neste trabalho foi para o estudo das reações de corrosão, medições das taxas de corrosão e resistência a polarização. Segundo a literatura temos que uma das limitações do método é que a impedância determina somente a resistência de polarização; os declives de Tafel têm que ser determinados por outro método. (WOLYNEC, 2003). A maioria dos resultados publicados até o momento tem sido de caráter mais qualitativo, mostrando a necessidade do desenvolvimento de modelos que possam explicar o comportamento observado da impedância em função da frequência. (WOLYNEC, 2003)

[Digite texto]

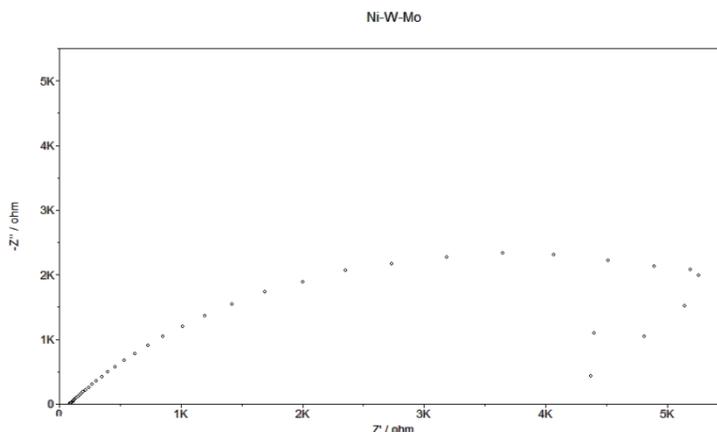


Figura 06 – Diagrama de impedância da liga de Ni-W-Mo.

CONCLUSÕES

Foi obtidos depósitos de boa qualidade e com aderências da liga Ni-W-Mo. Para a variação de concentrações dos metais tungstato de sódio e molibdato de sódio para o banho eletrolítico, os depósitos que obtiveram melhores características: brilho, homogeneidade, aderência e caráter metálico, além da maior resistência de polarização foram os que apresentaram menores concentrações.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTUBE, A.; TAKENOUTI, H.; BEAUNIER, L.; KEDDAM, M.; JOIRET, S.; BORENSZTAJN, S.; PILLIER, F.; PIERNA, A.R.. A microscopic and impedance spectroscopy study of Finemet–Co amorphous alloys. **Corrosion Science**, 45(2003), p. 685–692.

Barros Neto, B. de; Scarmínio, I. S.; Bruns, R. E.; *Planejamento e otimização de experimentos*, Ed. da UNICAMP: Campinas, 1995.

ES-SALAH, K.; KEDDAMB, M.; RAHMOUNIA, K.; SRHIRI, A.; TAKENOUTI, H. Aminotriazole as corrosion inhibitor of Cu–30Ni alloy in 3% NaCl in presence of ammoniac. **Electrochimica Acta**, 49(2004), p. 2771–2778.

[Digite texto]

GÓMEZ, E.; PELLICER, E.; VALLÉS, E. An approach to the first stages of cobalt-nickel-molybdenum electrodeposition in sulphate-citrate medium. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, 580, p. 222-230, 2005.

GÓMEZ, E.; PELLICER, E.; VALLÉS, E. Electrodeposited cobalt-molybdenum magnetic materials. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 517, p. 109-116, 2001.

GÓMEZ, E.; PELLICER, E.; VALLÉS, E. Electrodeposition of soft-magnetic cobalt-molybdenum coatings containing low molybdenum percentages. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 568, p. 29-36, 2004.

GÓMEZ, E.; PELLICER, E.; VALLÉS, E. Influence of the bath composition and the pH on the induced cobalt-molybdenum electrodeposition. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 556, p. 137-145, 2003.

GÓMEZ, E.; PELLICER, E.; VALLÉS, E. Influence of the bath composition and the pH on the induced cobalt-molybdenum electrodeposition. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 556, p. 137-145, 2003.

HU, C.-C.; WENG, C.-Y.; **Journal of Applied Electrochemistry**. 30(2000), 499.

MURAT, E. Response surface methodological approach for inclusion of perfluorocarbon in actinorhodin fermentation medium. **Process biochemistry**. 38(2002) 667-673.

NASU, T.; SAKURAI, M.; KAMIYAMA, T.; USUKI, T.; UEMURA, O.; TOKUMITSU, K.; YAMASAKI, T. Structural comparison of M-W (M=Fe, Ni) alloys produced by electrodeposition and mechanical alloying. **Materials Science & Engineering A**, v. 375-377, p. 163, 2004.

NIU, Z.-J.; YAO, S.-B.; ZHOU, S.-M. In situ surface Raman investigation on induced-codeposition of an Fe-Mo alloy. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, 455, p. 205-207, 1998.

PRASAD, S.; Eletrodeposição de camadas de ligas Níquel-Tungstênio e Determinação de Níquel por voltametria Quadrada. **Tratamento de superfícies**. 58, 23-28(1993).

PRASAD, S.; Eletrodeposição de Ligas Amorphas de Tungstênio. **Tratamento de Superfícies**. 87, 32-38 (1998).

PRASAD, S.; SILVA, L. B.; A comparative Study on Electrodeposition of Fe-W-B and Fe-Mo-B Alloys. **Journal of Indian Chemical Society**, Calcutta, India, 77(6), 311-313, (2000)

PELLICER, E.; GÓMEZ, E.; VALLÉS, E. Use of the reverse pulse plating method to improve the properties of cobalt-molybdenum electrodeposits. **Surface and Coatings Technology**, v. 201, p. 2351-2357, 2006.

[Digite texto]

SANTANA, F.S.M.; Novos Materiais Resistentes à Corrosão de Dutos. **Monografia UFPB, CCT, DEQ, Campina Grande, PB** (2002).

SUBRAMANIA, A.; PRIYA, A. R. S.; MURALIDHARAN, V. S. Electrocatalytic cobalt-molybdenum alloy deposits. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 32, p. 2843-2847, 2007.

WOLYNEC, S. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão. São Paulo**, edusp, 2003. 1ª Edição. p. 115-142.