

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Avaliação da Resistência á corrosão da Liga Ni-Mo, utilizada como Revestimento Metálico dos Materiais que Transportam Petróleo.

AUTORES:

Josiane Dantas Costa; Mikarla Baía de Sousa; Marcelo César D. Cunha; Ana Regina Nascimento Campos; Renato Alexandre Costa de Santana; Shiva Prasad.

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Campina Grande

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DA LIGA Ni-Mo, UTILIZADA COMO REVESTIMENTO METÁLICO DOS MATERIAIS QUE TRANSPORTAM PETRÓLEO.

Abstract

This work describes the optimization of operational parameters (current density and agitation mechanical) for the electrodeposition of Ni-Mo alloy with purpose of evaluating the corrosion resistance that this alloy has. For this purpose was successfully used an full factorial design 2^2 , employed to analyze the results of the experimental design. The study was conducted within the range of proposed variables, for the current density we used the range 20-100 mA/cm² mechanical agitation and the track was rated 30-70 rpm, optimum values were found, higher current density and little influence despite increased mechanical agitation, reaching a corrosion potential of -0696 V. As for the evaluation of the hardness of this alloy, it presented to 1240 Vickers, showing good adhesion and gloss.

Introdução

A corrosão é um problema frequente e ocorre em diversas atividades como, por exemplo, nas indústrias químicas e petroquímicas, construção civil e automobilística, meios de transportes (aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo e rodoviário), meios de comunicação (sistemas de telecomunicação), dentre outras, trazendo como consequências não somente prejuízos econômicos, mas também, podendo causar graves acidentes tanto para o homem quanto para a natureza, provocando incêndios e contaminação (Santana et. al, 2003).

O petróleo apresenta uma composição química bastante complexa, sendo formado por vários hidrocarbonetos, dos quais são extraídas várias substâncias utilizadas no dia-dia como o gás natural, GLP, gasolina, querosene, óleo Diesel, óleos lubrificantes e matérias-primas para a indústria petroquímica. Contudo, ele também apresenta em sua constituição diversas impurezas como compostos orgânicos sulfurados, nitrogenados, oxigenados, organometálicos, água, sais minerais e areia. Sendo estas impurezas capazes de conferir ao petróleo um elevado grau de corrosividade (Cosultchi, 2001; Turnbull e Griffiths, 2003).

A corrosão causada pelo petróleo é responsável por grande parte dos acidentes que vêm ocorrendo ultimamente, em especial no caso de corrosão de dutos, causando prejuízos incalculáveis ao meio ambiente. Diante desses aspectos faz-se necessário um estudo e aplicação de métodos para amenizar os efeitos causados pela corrosão.

Uma maneira encontrada é revestir os materiais metálicos com outros metais que apresentem características mais nobres, essa forma de proteção pode ser obtida através do processo de eletrodeposição, que consiste em codepositar dois ou mais metais para obtenção de ligas metálicas com propriedades específicas como densidade, dureza, resistência à corrosão, entre outras, superiores àquelas oriundas da eletrodeposição de um simples metal.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência à corrosão da liga Ni-Mo submetida ao meio corrosivo de NaCl. Recentes estudos mostraram que esta liga, apresentou brilho, homogeneidade, aderência e caráter metálico, além de uma ótima eficiência catódica, chegando a aproximadamente 92%.

Metodologia

Na preparação do banho eletroquímico, foram utilizados reagentes com elevado grau de pureza analítica, água bidestilada e deionizada. O banho eletroquímico utilizado na eletrodeposição da liga de Ni-Mo foi constituído dos seguintes reagentes, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do banho eletroquímico da liga Ni-Mo.

Reagente	Concentração/M	Função
Sulfato de Níquel	0,0105	Fonte de Ni
Molibdato de Sódio	0,175	Fonte de Mo
BPO₄	0,0728	Amorfizante
Citrato de Sódio	0,4000	Complexante
1 –Dodecilsulfato – Na	0,035 g/ l	Sulfactante

O pH do banho foi mantido constante com valor igual a 9,0 e ajustado adicionando-se hidróxido de amônio ou ácido sulfúrico.

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 foi dividida em duas etapas: tratamento químico e polimento com lixas de diferentes granulações.

O substrato foi inicialmente polido com três tipos de lixas: 400, 600 e 1200 mesh e em seguida foi realizado o tratamento químico, onde o eletrodo foi introduzido em solução diluída de 10% de hidróxido de sódio para remover substâncias orgânicas e de 1% de ácido sulfúrico para ativar a superfície, lavando em seguida com água destilada e secando em estufa à 70°C.

A eletrodeposição foi conduzida através de um controle galvanostático e rotatório sobre um substrato retangular de cobre, este atuando como catodo que foi inserido no interior de um eletrodo cilíndrico de platina agindo este como anodo. Um potenciostato/galvanostato PG STAT30 da Autolab foi utilizado no controle da densidade de corrente. Um eletrodo rotatório EG&G PARC 616 foi usado para o controle da rotação catódica. A densidade de corrente foi controlada durante a eletrodeposição através de um potenciostato MQPG-01 da MicroQuímica. Todos os depósitos foram obtidos utilizando a mesma carga, tendo dessa forma espessura bem semelhantes.

Na eletrodeposição da liga Ni-Mo a temperatura foi mantida constante com valor igual a 70°C e controlada por um termostato MTA KUTESZ MD2.

As medidas eletroquímicas de corrosão foram executadas em uma célula convencional de três eletrodos. Foram realizadas as medidas de polarização potenciodinâmicas linear (PPL) utilizando um postentostato/galvanostato Autolab PG STATE 30 conectado aos softwares GPES. O eletrodo de trabalho foi o substrato de cobre revestido com a liga eletrodepositada Ni-Mo. O eletrodo de referência utilizado foi calomelano saturado. Todos os potenciais foram referidos a este eletrodo. O contra eletrodo foi uma lâmina de platina de 9,5 cm² de área superficial. As curvas de PPL foram obtidas com uma taxa de varredura de 1 mV s⁻¹. Todos os testes de corrosão eletroquímica foram conduzidos no meio corrosivo contendo 0,1M de NaCl em solução e temperatura ambiente ($\pm 30^\circ\text{C}$).

Os ensaios de microdureza Vickers foram realizados com um microdurômetro digital FM-700 Future Tech. Para cada ponto foram realizadas três medidas, e em cada amostra analisou-se sete pontos, utilizando uma carga de 25 (gf) por 30 segundos.

Resultados e Discussão

No intuito de obter as melhores valores dos parâmetros operacionais (densidade de corrente e agitação mecânica), realizou-se um planejamento fatorial completo 2^2 com 2 elementos no ponto central.

Na Tabela 2 encontram-se as variáveis utilizadas no planejamento fatorial da liga Ni-Mo, suas codificações e os níveis reais para cada variável. Já na Tabela 3 é apresentada a matriz do planejamento fatorial, utilizada como ferramenta no processo de aprimoramento dos parâmetros operacionais do sistema de eletrodeposição.

Tabela 3. Matriz do planejamento fatorial 2^2 .

Exp.	Densidade (mA/cm ²)	Agitação mecânica (°C)	E _{Corr} (V)
1	-1	-1	-0.724
2	1	-1	-0.73
3	0	0	-0.719
4	0	0	-0.742
5	-1	1	-0.686
6	1	1	-0.696

Considerando que um valor de probabilidade de 95% de confiança é satisfatório, foi possível estabelecer um modelo linear de 1ª ordem (Equação 1), onde x é a densidade de corrente, y é a agitação mecânica e xy é a interação entre a densidade de corrente e agitação mecânica, apresentando como resposta o efeito das variáveis de entrada no potencial de corrosão (E_{Corr}), cujos valores dos coeficientes foram obtidos pelo programa STATISTICA 5.0 .

$$E_{\text{Corr}} = \mathbf{-0,778} + 0,056x + 0,131y + 0,018xy \quad (1)$$

O modelo linear apresentou um coeficiente de regressão (R^2) igual a 72%. A análise de variância e de regressão demonstrou a significância estatística do modelo, justificando o emprego do modelo linear para análise estatística. Esta mostrou que o modelo matemático adotado é preditivo além de apresentar bom coeficiente de correlação. Os valores em negrito da Equação 1 correspondem aos efeitos significativos das variáveis estudadas.

Efeito da densidade de corrente

A densidade de corrente é a mais importante das variáveis operacionais. O processo de eletrodeposição de ligas poderia ser explicado pela teoria da difusão. Infelizmente, nenhuma explicação simples e semelhante pode esclarecer todo o mecanismo de sistemas de codeposição induzida com relação à densidade de corrente. Neste processo verificou-se que a densidade de corrente foi a variável que mais influenciou estatisticamente.

O efeito da densidade de corrente foi avaliado no intervalo de 20 a 100 mA/cm². Neste intervalo observou-se que os melhores potenciais de corrosão foram obtidos nos valores mais altos da faixa estudada. Para esta análise verifica-se que com aumento da densidade de corrente, mais nobre fica o potencial de corrosão. A Figura 1 mostra o comportamento do potencial de corrosão com relação à variação dos valores da densidade de corrente e agitação mecânica.

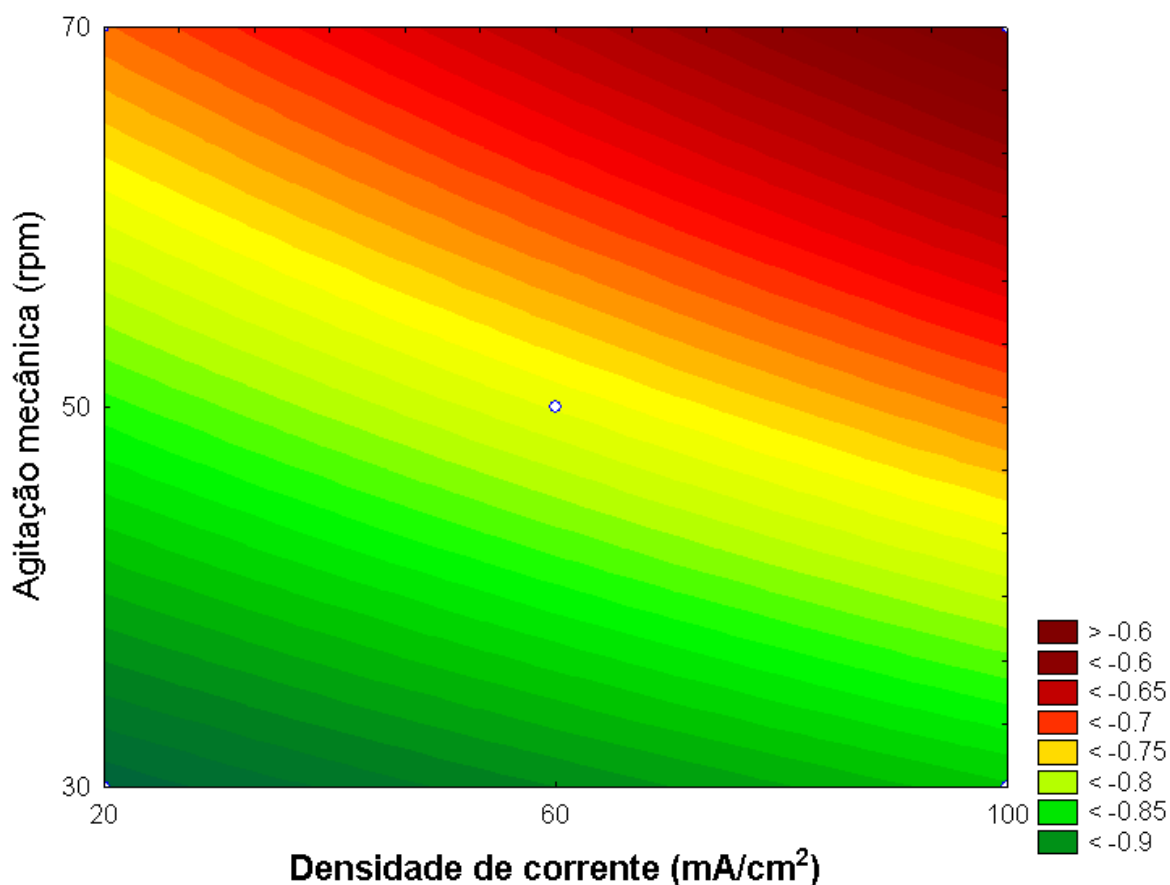


Figura 1. Superfície de contorno do potencial de corrosão em função da densidade de corrente e da agitação mecânica.

Efeito da agitação mecânica

No processo de eletrodeposição da liga Ni-Mo, variou-se a agitação mecânica numa faixa de 30 a 70 rpm. Dentro da faixa proposta, observou-se que a mesma não apresentou influência estatística significativa no processo, bem como sua possível interação com a densidade de corrente.

A Figura 1 mostra que à medida que a agitação mecânica aumenta há um aumento de nanos valores do potencial de corrosão, porém é de conhecimento que valores elevados de agitação mecânica favorecem a redução do metal molibdênio no depósito.

4.1.3 Medidas de Microdureza

Para verificar a faixa de dureza que a liga Ni-Mo apresenta, analisou-se a microdureza dos depósitos, este estudo foi realizado observando-se a influência da densidade de corrente e da agitação mecânica nos ensaios de microdureza realizados.

Diante dos resultados observou-se que o melhor valor de microdureza, isto é, a liga de maior dureza, foi àquela obtida com maior densidade de corrente e maior agitação mecânica. A Figura 5 mostra o comportamento da microdureza em função da variação da densidade de corrente e da agitação mecânica.

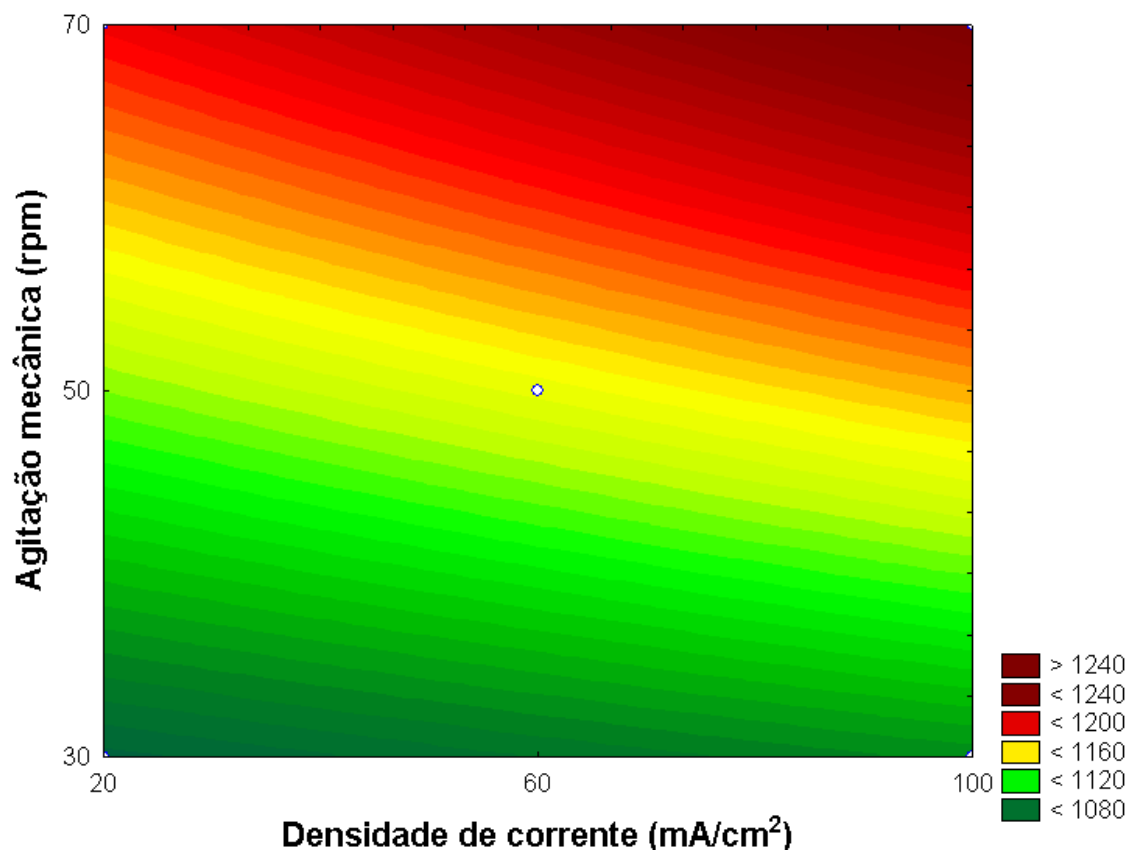


Figura 1. Superfície de contorno da microdureza em função da densidade de corrente e da agitação mecânica.

Conclusões

Os melhores resultados de potencial de corrosão para a liga Ni-Mo foram obtidos com os maiores valores de densidade de corrente e agitação mecânica. A microdureza mostrou o mesmo comportamento obtido pelo potencial de corrosão.

Agradecimentos

Ao PRH-25 ANP pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho

A todos os colegas do Laboratório de Eletroquímica e Eletroanalítica pelo apoio.

Referências Bibliográficas

- COSULTCHI, A., GARCIAFIGUEROA, E., GARCIA-BORQUEZ, A., REGUERA, E., YEE-MADEIRA, H., 2001, **“Petroleum Solid Adherence on Tubing Surface”**. Fuel, vol. 80, pp. 1963-1968.
- GENTIL, VICENTE. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2007
- HASHIMOTO, K.; SASAKI, T.; MEGURO, S.; ASAMIB, K.. **Nanocrystalline electrodeposited Ni-Mo-C cathodes for hydrogen production**. Materials Science and Engineering A, 375–377(2004), p. 942–945.
- MARINHO, F.A.; SANTANA, F.S.M.; VASCONCELOS, A.L.S.; SANTANA, R.A.C.; PRASAD, S.; **Optimization of operational parameters and bath control for electrodeposition of Ni-Mo-B amorphous alloys**. Journal of the Brazilian Chemical Society, 13(2002), p. 522-528.
- MONTINE DOS SANTOS RIBEIRO, OTÁVIA. **Desenvolvimento e otimização de um banho para eletrodeposição de ligas Co-Mo resistentes à corrosão**. Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Química. Campina Grande, 2008. Dissertação (Mestrado).
- PANOSSIAN, ZEHBOUR. **Corrosão e Proteção contra Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas**. v. 1, São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993, p. 2-3.
- SANTANA, R.A.C.; CASCIANO, P.N.S.; OLIVEIRA, A.L.M.; NASCIMENTO, I.O.; SILVA, T.F.T.; CAMPOS, A.R.N.; PRASAD, S. **Otimização dos constituintes do banho eletroquímico da liga Ni-Mo obtida por eletrodeposição**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.5.2 (2010). P.01-11.
- TURNBULL, A., GRIFFITHS, A., 2003. **“Corrosion and Cracking of Weldable 13 wt-%Cr Martensitic Stainless Steels for Applications in the Oil and Gas Industry”**. Corrosion Engineering, Science and Technology. Vol. 38, Nº 1, pp.21-49.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.