

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Comportamento eletroquímico de uma solda a fricção do tipo alumínio-cobre tratada com 3- Glicidoxi-propil-trimetoxi silano

Vitor G. Arrussul^a, Rafaela Spengler^b, Suelen W. Cendron^c, Aldoni G. Wiedenhöft^d, Denise S. Azambuja^e, Sílvia M. Tamborim^f

Abstract

3-Glycidoxypropyl-trimethoxy-silane was used as a preventive measure for corrosion control in 6060-T5 aluminum alloy (AA 6060-T5) and ASTM-B110 copper (Cu ASTM-B110) joined by friction stir welding (FSW). The substrates of the AA 6060-T5/Cu ASTM-B110 stir welding joint were cut using a precision cutting machine (ISOMET 2000) and etched with two different solutions: H₂O : NH₄OH : H₂O₂ (0.45:0.45:0.1 v/v) at the copper ASTM-B-110 joint surface and 0.5% (v/v) HF at the aluminum AA 6060-T5 joint. The effect of the 3-glycidoxypropyl-trimethoxy-silane deposited on the surfaces of these materials following immersion in 0.05 mol L⁻¹ NaCl was investigated by electrochemical methods. The results, mainly the inductive behavior at low frequencies, show that the coating of the alloys AA 6060-T5 and Cu ASTM-B110 and the welding joint (AA 6060-T5/Cu ASTM-B110) with 3-glycidoxypropyl-trimethoxy-silane leads to a decrease in the corrosion rate on exposure to a chloride solution in comparison with non-coated materials. This feature characterizes this treatment as an alternative approach to retarding corrosion processes, particularly the strong galvanic corrosion that commonly occurs at the AA 6060-T5/Cu ASTM-B110 welding joint.

Keywords: Friction stir welding, copper, aluminium, corrosion.

Resumo

3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano foi utilizado como um método preventivo no controle da corrosão em juntas soldadas por fricção (do inglês friction stir welding- FSW) de alumínio (AA6060-T5) e cobre (Cu ASTM- B110). As juntas de alumínio AA 6060-T5 e cobre ASTM-B110 utilizadas nas soldas à fricção foram cortadas utilizando-se uma máquina de precisão ISOMET 2000 e atacadas com duas soluções diferentes: uma contendo H₂O:NH₄OH:H₂O₂ (0,45:0,45:0,1 v/v) na superfície da junta de cobre ASTM-B-110 e a outra contendo 0,5% (v/v) HF na superfície da junta de AA 6060-T5. O efeito do 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano depositado sobre a superfície destes materiais e seguida da imersão destes em solução de NaCl 0,05 mol L⁻¹ foi investigada por métodos eletroquímicos. Os resultados, principalmente o comportamento indutivo na região de baixas frequências, indicam que o tratamento da junta soldada AA6060-T5/Cu ASTM-B110 com 3- Glicidoxipropil-trimetoxi-silano leva a uma diminuição na velocidade de corrosão comparada as amostras não tratadas. Este fato sugere que este tratamento pode ser uma eficiente alternativa para retardar processos corrosivos, particularmente a forte corrosão galvânica que comumente ocorre em juntas soldadas a fricção do tipo AA6060-T5/Cu ASTM-B110.

Palavras-chave: Junta soldada à fricção, cobre, alumínio, corrosão.

Introdução

Juntas soldadas à fricção configuram um processo de soldagem relativamente novo e que apresenta considerável interesse, pois evita problemas associados ao resfriamento da fase líquida, produzindo pequenas concentrações de defeitos além de unir ligas antes consideradas impróprias para soldagem permitindo a união de materiais dissimilares (1-3).

A deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio podendo desta forma, estar ou não correlacionada a esforços mecânicos, é denominada de corrosão (4, 5).

Os efeitos da corrosão em regiões soldadas são tão notórios que facilmente se observa soldas que apresentam falhas em meio corrosivos. A corrosão do tipo galvânica e intergranular são as mais comuns em soldas. Segundo Panossian (6), este tipo de corrosão é devido a formação de microcélulas de corrosão vicinais nos contornos de grãos. Essas microcélulas geralmente se originam em virtude de:

- presença de precipitados de segunda fase nos contornos de grão;
- presença de segregações em contorno de grão;
- enriquecimento de uma fina zona adjacente aos contornos por um dos elementos de liga;
- empobrecimento de uma fina zona adjacente aos contornos por um dos elementos de liga;

Apesar da quantidade de metal oxidado ser pequena este tipo de corrosão é bastante deletéria uma vez que as características mecânicas do material são modificadas pelas fissuras produzidas em profundidades (6). Recentemente bons resultados têm sido relatados para o 3-glicidoxi-propil-trimetoxi-silano quando utilizado como tratamento anticorrosivo para ligas de alumínio (7-11).

Neste sentido, tratamentos à base de 3-glicidoxi-propil-trimetoxi-silano, que é um monosilano funcionalizado contendo um anel epóxi em sua estrutura química, podem constituir uma boa proposta para mitigar de forma simples os processos corrosivos superficiais em juntas soldadas do tipo alumínio – cobre.

Metodologia

As amostras de liga de alumínio 6060-T5, de cobre ASTM-B-187 C110-Têmpera ½ DURO e da junta soldada FSW AA 6060-T5 e cobre ASTM-B-187 C110-Têmpera ½ DURO foram desengorduradas usando-se uma mistura (1:1 v/v) de álcool etílico e água.

As amostras foram lixadas com lixa de #200 a 2000, seguido por uma lavagem com água destilada, usado banho de ultra-som, e por fim uma secagem sob ar quente.

O banho de 3-glicidoxipropil-trimetoxi-silano consistiu em uma mistura silano: etanol: água (4 : 50 : 46% v/v). Esta mistura foi agitada durante uma hora a temperatura ambiente e mantida durante 3 dias em repouso antes de fazer a deposição sobre os substratos. Todos os substratos permaneceram imersos durante 15 minutos no banho de silano, seguido de cura a 90° C por 1 hora em estufa. Ensaio eletroquímico como potencial de circuito aberto (PCA), espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e curvas de polarização foram realizados, além de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Energia dispersiva de raios-X (EDS).

^a Engenheiro mecânico - UNIPAMPA

^b Graduanda em Engenharia Química - UFRGS

^c Mestre em Química – UFRGS

^d Professor Engenharia Mecânica – Unipampa

^e PHD, Engenharia Química – UFRGS

^f PHD, Ciências dos Materiais - UFRGS

Resultados e discussão

Os ensaios de EIE (Diagramas de Bode – Figura 1) apresentaram uma melhora nas propriedades anticorrosivas em todas as amostras tratadas com 3-glicidoxipropil-trimetoxi-silano. As amostras tratadas apresentaram maiores valores no módulo de impedância a baixas frequências o que se atribui ao aumento das propriedades barreiras na superfície do metal (Fig.1-A). Além disso, as amostras tratadas apresentaram um comportamento mais capacitivo (Fig. 1 – B) uma vez que os ângulos de fase situaram-se entre -70° e -60° no intervalo de frequência medidos em comparação as amostras não tratadas (AA6060-T5 $\theta = -51^\circ$, em 5 Hz e $\theta = -41^\circ$ em 3,16 kHz; Cu ASTM B-110 $\theta = -15^\circ$ e junta soldada AA 6060-T5/Cu ASTM B-110 $\theta = -60^\circ$). Apesar de a junta soldada apresentar um comportamento indutivo na região das baixas frequências observa-se um retardamento nos processos indutivos para a junta soldada tratada (Fig. 2).

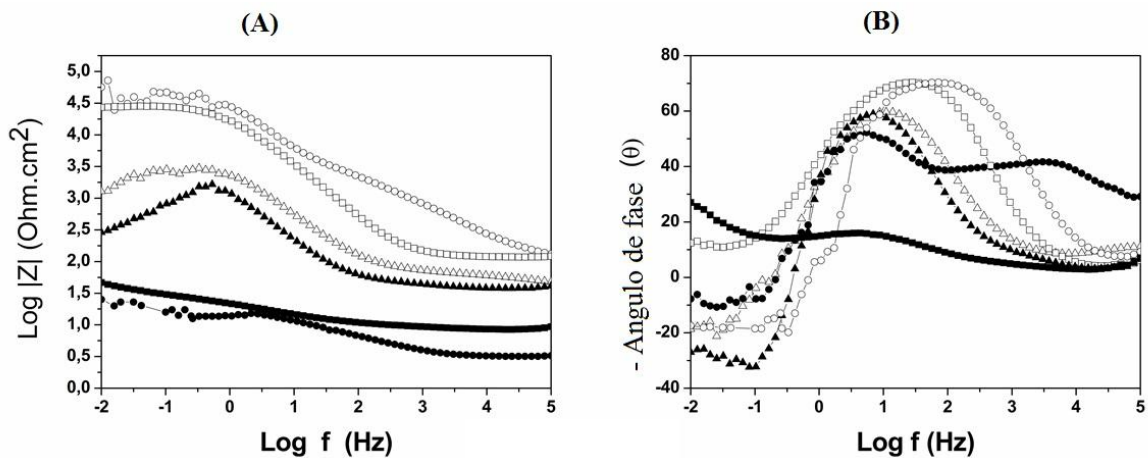


Figura 1: Diagramas de Bode das amostras não tratadas (●) AA 6060T5, (■) Cu ASTM-B-110 e (▲) junta soldada à fricção AA 6060T5/ Cu ASTM-B-110 e das amostras tratadas com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano (○) AA 6060T5, (□) Cu ASTM-B-110 e (Δ) junta soldada à fricção AA 6060T5/ Cu ASTM-B-110 após 15 minutos de imersão em 0.05 mol L^{-1} NaCl.

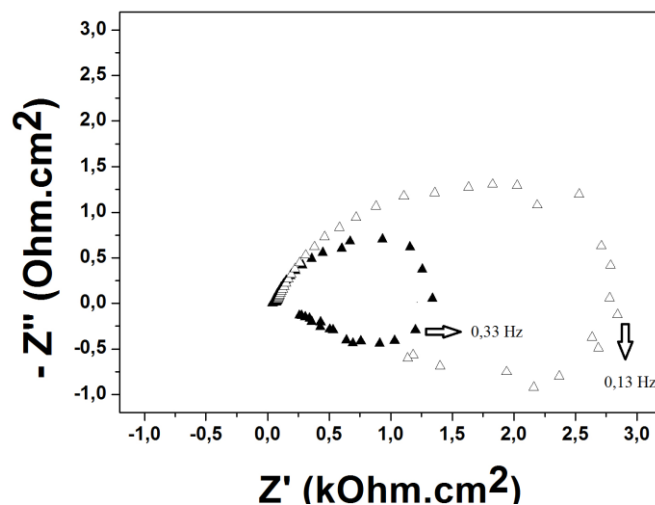


Figura 2: Diagramas de Nyquist da junta soldada não tratada (▲) e tratada com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano (Δ).

Todas as amostras tratadas com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano apresentaram um deslocamento do potencial de corrosão para valores mais positivos e um decréscimo nas densidades de corrente atribuído a um aumento na resistência contra a corrosão (Figura 3).

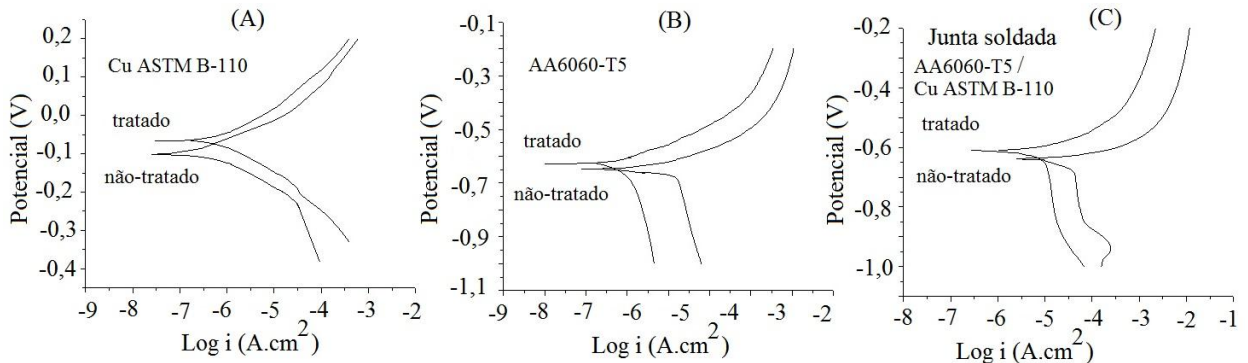


Figura 3: Curvas de polarização dos eletrodos de (A) Cu ASTM B-110, (B) AA6060-T5 e (C) junta soldada a fricção AA6060-T5/Cu ASTM B-110 não tratados e tratados com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano.

Análises de microscopia eletrônica de varredura com EDS mostram um maior preenchimento na região de descontinuidade da junta soldada na presença do tratamento à base de 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano. As amostras tratadas apresentam um elevado pico relativo a presença de silício o que esta associado a eficiência da deposição.

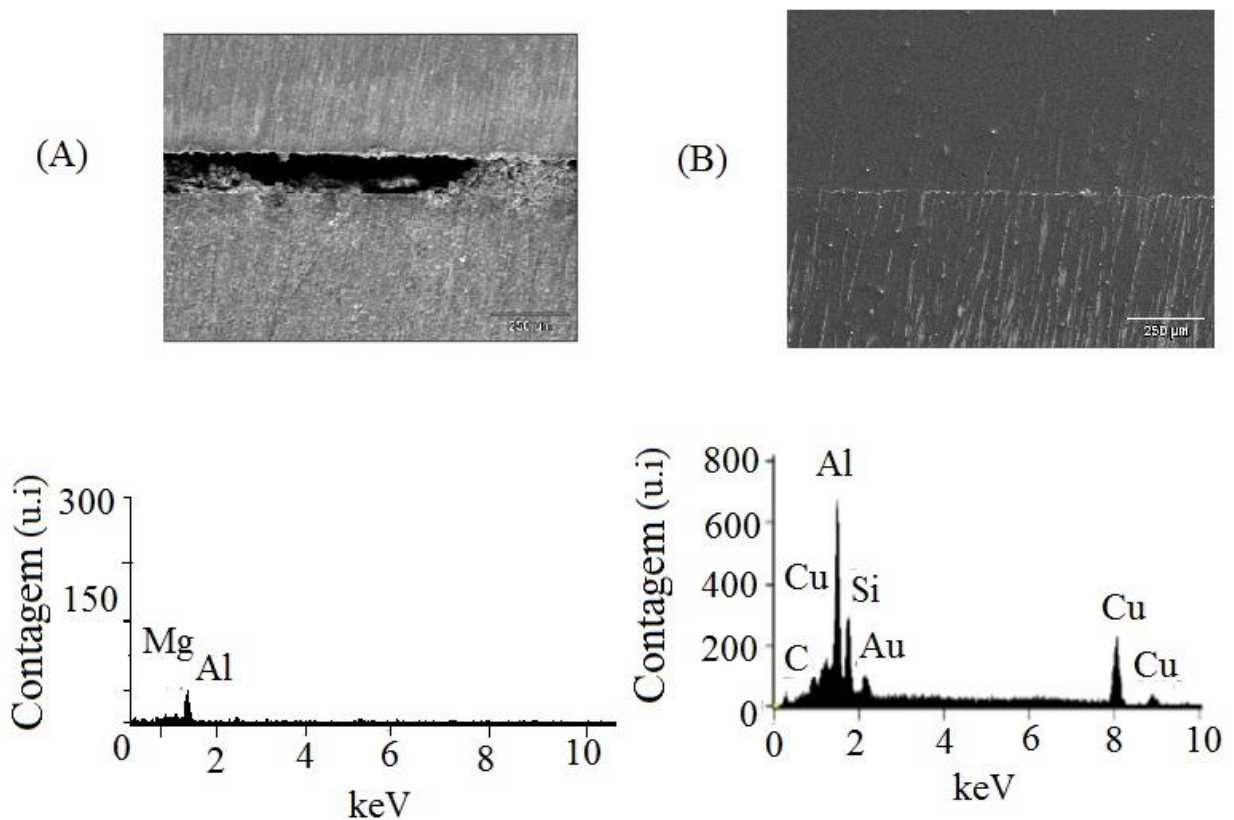


Figura 5: MEV e EDS da superfície da junta soldada à fricção sem tratamento (A) e da superfície da junta soldada tratada com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano (B).

Conclusões

Ao filme de 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano foi atribuída propriedades anticorrosivas quando depositado sobre juntas soldadas à fricção do tipo AA6060-T5/ Cu ASTM B-110. Tais propriedades foram baseadas no deslocamento para valores mais positivos do potencial de corrosão e diminuição das densidades de correntes através de curvas de polarização para a junta tratada com 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano comparada as juntas soldadas não-tratadas. Além disso, é plausível supor um retardamento da velocidade de corrosão através das análises de EIE. Análises de MEV e EDS confirmam a eficiente deposição destes filmes à base de 3-Glicidoxipropil-trimetoxi-silano na região da junta de solda preenchendo descontinuidades.

Referências bibliográficas

Referências bibliográficas

- (1) ABDOLLAH-ZADEH, A.; SAEID, T.; SAZGARI, B. Microstructural and mechanical properties of friction stir welded aluminum/copper lap joints. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 460, p. 535-538, 2010.
- (2) TAN, C.W.; JIANG, Z.G.; LI, L.Q.; CHEN, Y.B.; CHEN, X.Y. Microstructural evolution and mechanical properties of dissimilar Al-cu joints produced by friction stir welding. **Materials and design**, Elsevier, v. 51, p. 466-473, April 2013.
- (3) SAEID, T.; ABDOLLAH-ZADEH, A.; SAZGARI, B. Weldability and Mechanical Properties of Dissimilar Aluminum-Copper Lap Joints Made by Friction Stir Welding. **Journal of Alloys and Compounds**, Springer, v. 490, p. 652-655, 2010.
- (4) GENICOLO, M. **Estudo de viabilidade para implementação de uniões soldadas pelo método fricção stir welding em estruturas aeronáuticas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2007.
- (5) GENTIL, V. Corrosão, 3ªEd., LTC: Rio de Janeiro, 1996.
- (6) PANOSSIAN, Z. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas, 2ªEd, IPT: São Paulo, 1993.
- (7) GEMELLI, E. Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização, LTC: Rio de Janeiro, 2001.
- (8) INNOCENZI, P.; FIGUS, C.; KIDCHOB, K.; VALENTINI, M.; ALONSO, B.; TAKAHASHI, M. Sol-gel reactions of 3-glycidoxypropyltrimethoxysilane in a highly basic aqueous solution. **Dalton Transactions**, v. 42, p. 9146 -9152, 2009.
- (9) BASU, B. J.; SRINIVASAN, A.; MANASA, A. J.; GRIPS, V. K. W. Improved corrosion protection of aluminium alloy AA 2024 by sol-gel hybrid coatings after surface pretreatment by silanisation. **Surface Engineering**, v. 28, p. 294-299, 2012.
- (10) PIRHADY TAVANDASHTI, N.; SANJABI, S.; SHAHRABI, T. Corrosion protection evaluation of silica/epoxy hybrid nanocomposite coatings to AA2024. **Progress in Organic Coatings**, v. 65, p. 182-186, 2009.
- (11) MRAD, M.; MONTEMOR, M. F.; DHOUBI, L.; TRIKI, E. Deposition of hybrid 3-GPTMS's film on AA2024-T3: Dependence of film morphology and protectiveness performance on coating conditions. **Progress in Organic Coatings**, v. 73, p. 264-271, 2012.