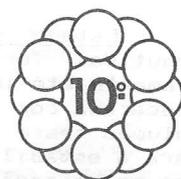




UNICAMP

Corrosão Aquosa de Materiais Compósitos à Base de Alumínio

Pedro C.R. Nunes e Lalgudi V. Ramanathan
 Comissão Nacional de Energia Nuclear
 Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
 C.P. 11049 - Pinheiros - São Paulo - SP



cbecimat

É apresentado neste trabalho, o comportamento de corrosão de compósitos à base da liga de Al-7%Si-1%Mg com partículas de SiC ou Al₂O₃ como reforço, em meio aquoso contendo ions cloreto. Foram utilizados ensaios eletroquímicos potenciodinâmicos e ensaios de imersão prolongada. Embora o potencial de pite do compósito não tenha se alterado significativamente quando comparado com o da liga matriz, a presença de partículas aumentou consideravelmente a densidade de pites. Regiões próximas às partículas foram sítios preferenciais para a iniciação de pites.

INTRODUÇÃO

Materiais compósitos à base de alumínio reforçado com cerâmicas, são materiais atraentes devido à combinação de propriedades como alta resistência mecânica, alta rigidez, baixa densidade e reduzido coeficiente de expansão térmica, para uso em diversas aplicações em indústrias como: defesa, aeroespacial, automotiva e equipamentos esportivos. Um dos fatores que pode comprometer este grande potencial de uso é a resistência meio ambiental ou corrosão. Este aspecto é associado à presença de heterogeneidades que em materiais compósitos existem em grande quantidade, principalmente em forma de reforço, microtrincas, vazios, porosidades e precipitados.

Têm sido reportados na literatura alguns aspectos sobre o comportamento de corrosão de compósitos à base de alumínio no que diz respeito à influência da liga e de parâmetros de processamento [1-3]. É bem conhecido que mudanças que ocorrem na interface reforço/matriz influenciam o comportamento de corrosão. Estas mudanças são geralmente devidas a variações na liga, características do reforço, processamento e outros.

Com o objetivo de caracterizar melhor este aspecto, foi iniciada uma investigação para estudar a influência de diversas variáveis, relacionadas ao reforço, matriz e processamento, sobre o comportamento de corrosão aquosa. Está apresentada neste trabalho a influência de algumas características do reforço particulado sobre corrosão aquosa de compósito à base de alumínio em meios contendo ions cloreto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais- O processo "Compocasting" foi utilizado para preparar os compósitos [4]. Foram usadas a liga Al-7%Si-1%Mg como matriz e partículas de alumina ou SiC de diversos tamanhos, pré-tratadas ou não, como reforço. Os pré-tratamentos das partículas consistiram em: a) pré-oxidação das partículas de SiC à 1100°C ao ar durante 1 hora. b) niquelação química das partículas de alumina. A tabela I mostra os diversos compósitos preparados com suas designações. Amostras foram retiradas desses compósitos para

estudos de corrosão, que consistiram em: (1) ensaios de imersão e (2) ensaios eletroquímicos.

TABELA I-Designação e características dos diversos compósitos

| DESIGNAÇÃO | REFORÇO | | |
|------------|-------------------|--------------|----|
| | TIPO | TAMANHO (µm) | % |
| CA05100 | alumina | 100 | 05 |
| CA20100 | alumina | 100 | 20 |
| CA0520 | alumina | 50 | 05 |
| CNA0550 | alumina niquelada | 50 | 05 |
| CC0550 | SiC | 50 | 05 |
| CC05100 | SiC | 100 | 05 |
| CC1050 | SiC | 50 | 10 |
| CC10100 | SiC | 100 | 10 |
| COC0550 | SiC oxidado | 50 | 05 |

1- Ensaios de imersão- Cinco amostras de 10x10x3 mm de cada compósito foram lixadas até grana 600, e em seguida pesadas. As amostras foram suspensas individualmente por um fio de nylon em uma cuba de vidro contendo 5 litros de solução de NaCl 3,5%. A cada 3 dias metade da solução foi trocada, para manter o pH entre 7 e 7,2 e não se permitir o contato das amostras com o ar. Após 28 dias as mesmas foram retiradas da cuba, o produto de corrosão foi removido, e as amostras pesadas.

2- Ensaios eletroquímicos- a) Medida do potencial de corrosão- Cinco amostras de cada um dos diversos compósitos foram embutidas e preparadas para exporem aproximadamente 20 mm² de superfície. As medidas foram feitas contra um eletrodo de calomelano saturado (ECS), numa célula de vidro contendo solução de NaCl 3,5%, mantida a 25°C através de um banho termostático. Efetuou-se a medida do potencial até que esse se estabilizasse, obtendo-se assim o potencial de corrosão (E_c). b) Curvas de polarização anódica- Após a determinação do potencial de corrosão E_c as amostras foram polarizadas potenciodynamicamente a 10 mV.s⁻¹ de -1400 mV até +100 mV. Obteve-se assim as

curvas IxE e a partir delas o potencial de pite Ep.

Estudo microestrutural- As amostras embutidas foram lixadas, e polidas com diamante até 14 μ m, metade da superfície foi mascarada com verniz, sendo então imersas na solução teste e após esperar-se 15 minutos para a estabilização do potencial efetuou-se uma polarização durante 5 minutos a 50 mV acima do potencial Ep da respectiva amostra. Após isto o verniz foi removido e a superfície estudada no MEV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra a microestrutura típica de um compósito contendo 10% em volume de alumina. A estrutura da matriz consiste de dendritas primárias de alumínio e eutético. As partículas de alumina estão bem distribuídas.

Os resultados dos ensaios de imersão estão apresentados na tabela II. Observou-se em todos os casos, elevado nível de corrosão, devido principalmente à corrosão por pite da matriz. A adição de 5% de reforço de 20 μ m aumentou a corrosão, por outro lado, o aumento no tamanho das partículas diminuiu a perda de massa, o que pode ser atribuído à diminuição de área interfacial partícula/matriz. A elevada perda de massa da liga pode ser atribuída ao teor de inclusões.

TABELA II-Perda de massa obtida em ensaios de imersão prolongada

| AMOSTRA | PERDA DE MASSA (mdd) |
|---------|----------------------|
| Liga | 2.25 |
| CA0520 | 3.40 |
| CC0520 | 2.60 |
| CA05100 | 1.82 |

Os resultados dos ensaios eletroquímicos estão resumidos nas tabelas III e IV. A tabela III destaca a influência da aeração da solução sobre os potenciais de corrosão e de pite. Em soluções desaeradas o Ep da liga e dos compósitos é de 300 a 500 mV mais alto que o Ec, sendo o último independente do tipo de reforço; por outro lado em solução aerada a diferença entre Ep e Ec é de aproximadamente 100 mV. O Ec da liga e do compósito é mais alto em solução aerada. Observações similares foram feitas por Trzaskoma e outros [1]. O Ep em solução aerada aumentou ligeiramente com o aumento na quantidade das partículas de SiC. Em Solução desaerada o Ec do compósito CNA0550 foi bastante superior aos demais, o que pode ser atribuído à influência do níquel. Pré-oxidação das partículas não alterou sensivelmente os potenciais.

Estudos morfológicos dos pites- Foram estudadas no MEV as amostras expostas na solução de NaCl durante 5 minutos a 50 mV acima do Ep. Na liga foram observados agrupamentos de pites em diversas regiões. Nos compósitos com alumina foram observadas microfrestas nas regiões interfaciais partícula/matriz, conforme mostra a figura 2.

TABELA III-Potenciais de corrosão e de pite obtidos por ensaios eletroquímicos para soluções aerada e desaerada

| Amostra | sol. aerada | | sol. desaerada | |
|---------|-------------|---------|----------------|---------|
| | Ec (mV) | Ep (mV) | Ec (mV) | Ep (mV) |
| Liga | -760 | -695 | -1140 | -719 |
| CA0520 | -736 | -608 | -1220 | -688 |
| CA05100 | -740 | -675 | -1240 | -625 |
| CA20100 | -760 | -620 | -1070 | -599 |
| CNA0550 | -770 | -690 | -745 | -690 |

TABELA IV-Potenciais de corrosão e de pite obtidos em ensaios eletroquímicos em solução aerada

| Amostra | Solução Aerada | |
|---------|----------------|---------|
| | Ec (mV) | Ep (mV) |
| Liga | -760 | -695 |
| CA0520 | -736 | -608 |
| CA05100 | -740 | -675 |
| CA20100 | -760 | -620 |
| CNA0550 | -770 | -690 |
| CC0550 | -735 | -639 |
| CC05100 | -755 | -600 |
| CC1050 | -733 | -688 |
| CC10100 | -744 | -721 |
| COC0550 | -764 | -650 |

As regiões catódicas em compósitos com alumina são provavelmente os precipitados de segunda fase da liga. Os pites formados em compósitos com SiC foram mais profundos que aqueles formados em compósitos com Al₂O₃. Em amostras onde uma parte da superfície foi coberta com verniz, foram observadas próximo da interface área coberta/área não coberta, várias pequenas frestas (fig.3) e pites com tamanho variando entre 5 e 20 μ m. Em ambos os tipos de compósitos a dissolução preferencial nas regiões próximas da interface matriz/partícula, provocou a queda das partículas, deixando buracos nestes locais.

Estudos morfológicos das amostras após os ensaios de imersão revelaram que mais partículas de alumina permaneciam no compósito do que partículas de SiC. Este comportamento pode ser atribuído à maior reatividade catódica das partículas de SiC comparada à alumina.

Tanto ligas de alumínio como compósitos à base de Al corroem espontaneamente por pite em soluções aeradas de NaCl. A força motriz principal para isto é a reação catódica de redução de oxigênio. Nas ligas sem reforço, devido à baixa condutividade da camada de óxido superficial, a reação catódica ocorre sobre precipitados; em compósitos com SiC, estas partículas atuam como sítios principais para redução de oxigênio. Tem sido mostrado que em compósitos o número de partículas intermetálicas é muito elevado [5], sendo estas partículas os locais para início de pites em compósitos com Al₂O₃. A influência

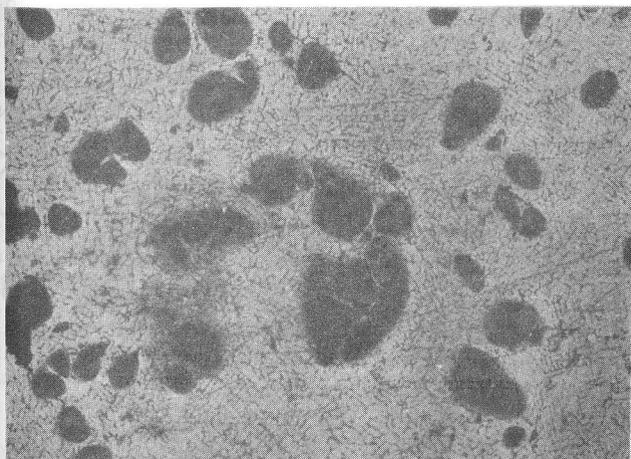


Figura 1- Micrografia óptica do compósito contendo 10% em volume de alumina (50X)

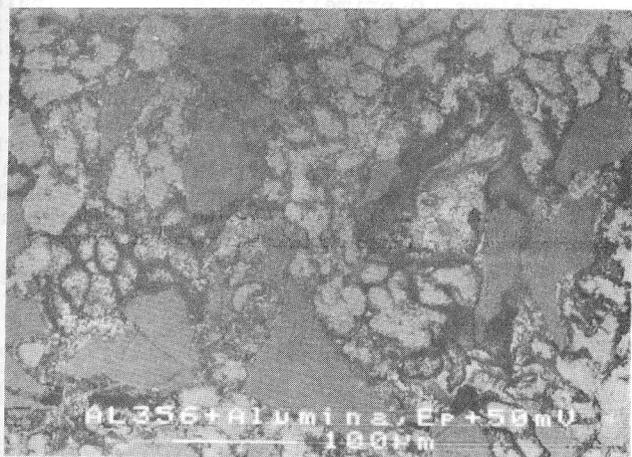


Figura 2- Micrografia Eletrônica de Varredura do compósito contendo alumina exposta a E_p+50mV durante 5 minutos em NaCl 3.5%

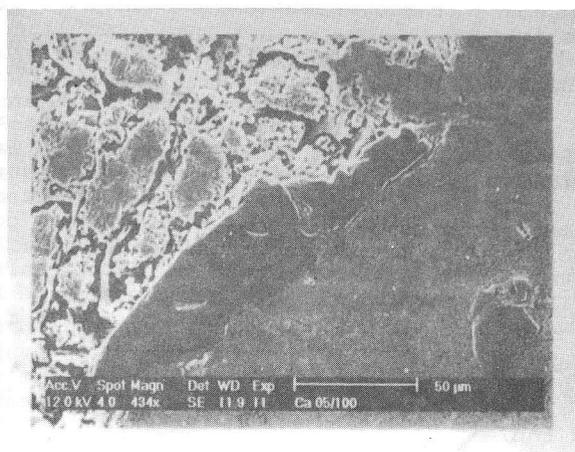


Figura 3- Micrografia Eletrônica de Varredura do compósito com alumina, na região interfacial coberta/não coberta. Amostra exposta a E_p+50mV durante 5 minutos em NaCl 3.5%

da niquelação das partículas de alumina e pré-oxidação das partículas de SiC, sobre corrosão por pite dos compósitos não está suficientemente clara, portanto novas investigações estão sendo iniciadas.

CONCLUSÕES

- 1- Em soluções de NaCl o potencial de corrosão da liga e dos compósitos aumenta na presença de oxigênio dissolvido.
- 2- Os potenciais de pite da liga e dos compósitos não são afetados significativamente pela aeração da solução.
- 3- As regiões interfaciais partícula/matriz são sítios preferenciais para a formação de pites.
- 4- As partículas de SiC e precipitados são sítios para a reação catódica em compósitos de SiC e de alumina respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- [1]- TRZASKOMA P.P., MCCAFFERTY E., CROWE C.; Corrosion Behavior of SiC/Al Metal Matrix Composites; J. Electrochem., 1983, v.130, n.9, p.1804-09.
- [2]- PACIEJ R.C. and AGARWALA V.S.; Influence of Processing Variables on the Corrosion Susceptibility of Metal Matrix Composites; Corrosion, 1988, v.44, n.10, p.680-84.
- [3]- MCINTYRE J.F., CONRAD R.K. and GOLLEDGE S.L.; The Effect of Heat Treatment on the Pitting Behavior of SiC/AA2124 Corrosion, 1990, v.46, n.11, p.902-05.
- [4]- NUNES P.C.R., RAMANATHAN L.V.; The Influence of Processing Parameters on the Structure of Particle Reinforced Al Base MMC; 29th Annual Conference of Metallurgists of CIM; Ontario, 1990, v.19, p.187-198.
- [5]- TURNBULL A.; Review of Corrosion Studies on Aluminium Metal Matrix Composites; British Corrosion Journal, 1992, v.27, n.1, p.27-35.

ABSTRACT

This paper presents the corrosion behavior of particle reinforced Al-7%Si-1%Mg base composites in NaCl solutions. Composites containing SiC or Al_2O_3 have been studied. Prolonged immersion as well as electrochemical polarization measurements have been carried out. Although the pitting potential of the composites and the alloy did not vary significantly, the presence of the particles increased considerably the pit density. Regions close to the particles/matrix interface were the preferred sites for pit initiation.