



COMPÓSITOS A BASE DE ALUMÍNIO REFORÇADOS COM INTERMETÁLICO Ni_3Al POR METALURGIA DO PÓ: CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL, MECÂNICA E À CORROSÃO

Patricia B. da S. Maia

Walter C. Zapata

Cesar E. da Costa

Universidade do Estado de Santa Catarina/ CCT/ FEJ. Campus Universitário, Bom Retiro, 89223-100 Joinville - SC/Brasil. Tel: 55 (047) 473-1111; Fax: 55 (047) 473-0034; e-mail: maia@expresso.com.br / dem2wcz@dcc.fej.udesc.br / dem2cec@dcc.fej.udesc.br

Francisco J. Velasco

Universidad Carlos III de Madrid; Butarque 15, E-28911 Leganés - Espanha; e-mail: fvelasco@ing.uc3m.es

Resumo. *Os materiais compósitos de matriz metálica, bem como os intermetálicos, devido a possibilidade de se combinar propriedades tais como resistência mecânica e a corrosão, baixa densidade e excelente relação propriedades/peso, vem atualmente atraindo a atenção de numerosos grupos de pesquisa. Neste trabalho, engloba-se ambas as famílias de materiais e utiliza-se o processo de metalurgia do pó para a elaboração de compósitos de matriz metálica a base de alumínio reforçados com intermetálico Ni_3Al . O referido intermetálico é obtido por duas rotas de fabricação de pós, ou seja, solidificação rápida e ligação mecânica, sendo este último processo também empregado para elaboração da liga base AA2014, que se utilizou como matriz na consolidação dos citados materiais compósitos. Os pós destes materiais foram analisados por difração de raios-X. A consolidação dos compósitos em questão obedeceu a seguinte sequência: mistura dos pós segundo proporções específicas (AA2014 e Ni_3Al), compactação uniaxial, lubrificação, extrusão a quente, sem encapsulado e desgaseificação, e tratamento térmico. As temperaturas utilizadas no citado tratamento térmico foram otimizadas por calorimetria diferencial de varredura. Os materiais produzidos foram estudados microestruturalmente mediante microscopia ótica convencional e eletrônica de varredura e caracterizados quanto a resistência a tração, dureza e resistência à corrosão: corrosão intergranular (ensaio ASTM G110), suscetibilidade a corrosão por esfoliação (ensaio ASTM G-34) e medida do potencial de corrosão (ensaio ASTM G69, padrão e modificado).*

Palavras-chave: compósitos, intermetálico, metalurgia do pó, corrosão.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente torna-se cada vez mais evidente a necessidade de elaboração de novos materiais para emprego em dispositivos cujas aplicações requerem, por exemplo, a conciliação de propriedades mecânicas e resistência a corrosão sob condições de serviço adversas. Dentre os materiais que vem despertando interesse, destacam-se os Compósitos de Matriz Metálica (CMM's), pois permitem combinação de propriedades através da incorporação de reforços diversos à matriz metálica, produzindo-se novos materiais, cujas propriedades são superiores às dos componentes em isolado.

Quanto aos materiais utilizados como reforço dos CMM's, destaca-se a família dos intermetálicos que aparece com excelentes perspectivas, (Carrasco, 1994), mais especificamente o Ni_3Al , que talvez seja um dos mais bem caracterizados e conhecido, (Pérez, 1994). Isto decorre do fato de apresentarem uma combinação de características peculiares tais como elevado ponto

de fusão, relativamente baixa densidade, elevada resistência mecânica, boa resistência à corrosão e oxidação.

Neste estudo, utilizou-se o processamento via metalurgia do pó (M/P) para obtenção do compósito à base de Al reforçado por Ni_3Al , e o sistema de ligação mecânica (MA) para a produção dos pós da liga base e do reforço, respectivamente.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Elaboração dos materiais

A liga base de alumínio com composição teórica da liga AA2014 (% em peso: Cu: 4,5; Si: 0,7; Mg: 0,5; Al: resto) foi elaborada através de ligação mecânica, onde os pós elementares foram tratados em um atritor por 10 hs à 700 rpm em atmosfera de argônio. A razão bolas/carga de pó foi de 20/1 e utilizando-se um lubrificante durante o processo. A liga base, após elaborada, foi reforçada com partículas de Ni_3Al produzidas por diferentes rotas:

- Ni_3Al elaborado por ligação mecânica (MA): Ni e Al foram tratados em atritor por 3 hs à 700 rpm em atmosfera de argônio; razão bolas/carga: 20/1.
- Ni_3Al obtido por tecnologia de solidificação rápida (RST): produzido e caracterizado por (Perez, 1995).

Para obtenção do material compósito, misturou-se durante 30 minutos, em misturador de laboratório, 5% (em peso) do intermetálico à liga base. A fins de estudo, três diferentes materiais (liga base de alumínio: MA24, alumínio reforçado com Ni_3Al por MA: MA24 + Ni_3Al MA; alumínio reforçado com Ni_3Al por RST: MA24 + Ni_3Al RST) foram compactados uniaxialmente à 300 MPa. Estas pré-formas, após pré-aquecidas à 150⁰ C, foram imersas em suspensão de óleo + grafite, a fim de se obter um filme protetor de grafite sobre as mesmas, que foram posteriormente extrudadas à 500⁰C à 350 MPa com uma taxa de extrusão de 25:1. A extrusão foi realizada sem desgaseificação nem encapsulamento. As propriedades dos diferentes materiais foram determinadas na condição como estrudadas e após tratamento térmico T6 , cujas condições foram otimizadas após estudo por calorimetria diferencial de varredura (DSC), sendo: solubilização à 490⁰ C (banho de sal) e envelhecimento durante 18 horas à 160⁰ C, (Costa, 1996).

Neste trabalho, fez-se um estudo microestrutural das diferentes amostras obtidas, antes e após T6, análise das propriedades mecânicas avaliadas, bem como, um estudo sobre a influência das diferentes técnicas empregadas na elaboração do intermetálico e a influência do tratamento T6 na resistência à corrosão dos compósitos.

2.2. Testes de Corrosão

A avaliação quanto a resistência à corrosão destes materiais incluem:

- a) Susceptibilidade à corrosão por esfoliação, de acordo com a norma ASTM G34 (1990);
- b) Resistência à corrosão intergranular, de acordo com a norma ASTM G110 (1992);
- c) Medidas dos potenciais de corrosão, segundo a norma ASTM G69 (padrão e modificado);

A avaliação da susceptibilidade a corrosão por esfoliação de materiais sob a influência de ambientes marinho e industrial é de fundamental importância, sendo este tipo de ensaio típico para as ligas de Al da série 2XXX e 7XXX. Neste ensaio, todos os materiais foram imersos em solução de 234 g NaCl + 50 g KNO_3 diluído em 1 l de água, e 6,3 ml HNO_3 (70%) em 1 l de água destilada, à temperatura ambiente, por 72 horas. Efetuou-se a classificação visual das amostras

após o período de imersão sendo o produto de corrosão formado na superfície das amostras analisado por difração de raios-X.

A corrosão intergranular é um tipo de ensaio típico para as ligas de Al tratadas termicamente, as quais sofrem resfriamento brusco após solubilização e tratamento térmico de envelhecimento, respectivamente. As amostras foram imersas em solução de 57 g NaCl + 10 ml H₂O₂ (30%), em 1 litro de água destilada, por 6 horas, à temperatura ambiente. A corrosão foi avaliada quanto a perda de peso. Entretanto, as amostras, após preparadas metalograficamente, foram observadas também por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e avaliadas por análise de energia dispersiva de raios-X, onde efetuou-se a medida da profundidade do ataque corrosivo e análise química semi-quantitativa das áreas corroídas.

Finalmente, os potenciais de corrosão de todos os materiais foram avaliados. Este ensaio é especialmente útil para a caracterização das condições metalúrgicas das ligas de Al da série 2XXX e 7XXX, as quais contém Cu e Zn. Neste estudo, os potenciais de corrosão foram medidos em soluções contendo diferentes percentuais de NaCl (0,75%, 1,5%, 1,75%, 2,5%, 3,5%, 5,0%, e 6,0%) dissolvidos em 1 l de H₂O, à temperatura ambiente.

3. RESULTADOS

As microestruturas de todos os materiais estudados são apresentadas pela Fig.1. A diferença entre as morfologias das partículas de intermetálicos utilizados como reforço, segundo seu processo de obtenção, são apresentadas na Fig.2. Verificou-se porém, conforme Fig.3, que após o T.T. dos compósitos, a formação de um composto ternário (em peso: 25,7%Ni - 39,35%Al - 1,6%Cu) sobre as superfícies dos elementos de reforço.

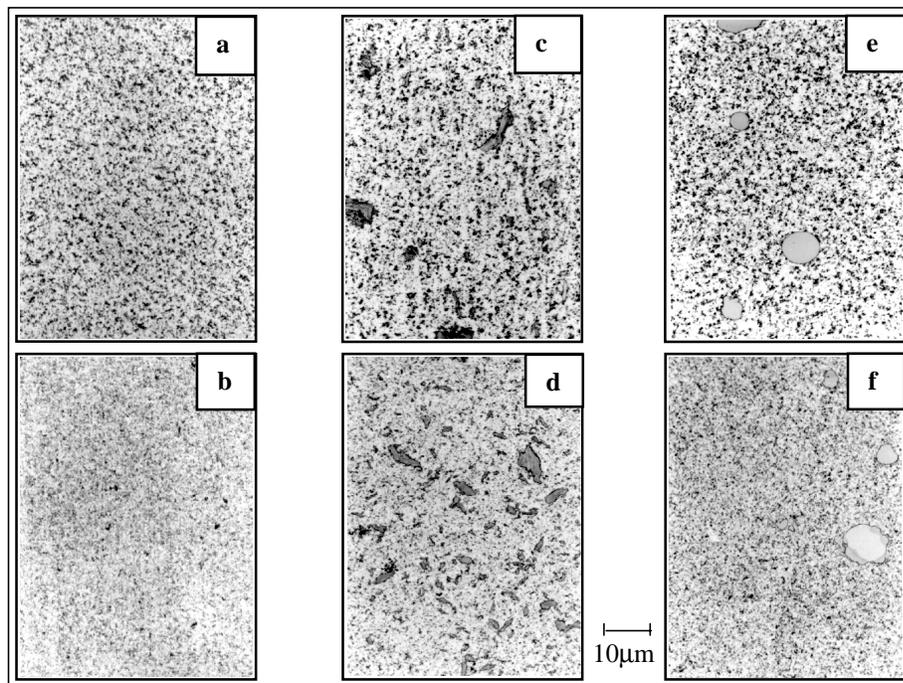


Figura 1 - Microscopia óptica convencional das amostras produzidas, antes e após T.T.: a) MA24; b) MA24 + T6; c) MA24 + 5% Ni₃Al (MA); d) MA24 + 5% Ni₃Al (MA) + T6; e) MA24 + 5% Ni₃Al (RST); f) MA24 + 5% Ni₃Al (RST) + T6.

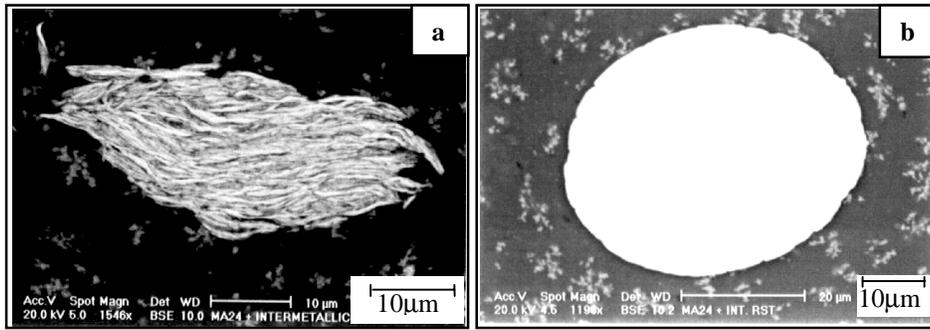


Figura 2 - Morfologia do intermetálico Ni_3Al que atua como elemento de reforço da liga base MA24: (a) + 5% Ni_3Al MA e (b) + 5% Ni_3Al RST (MEV).

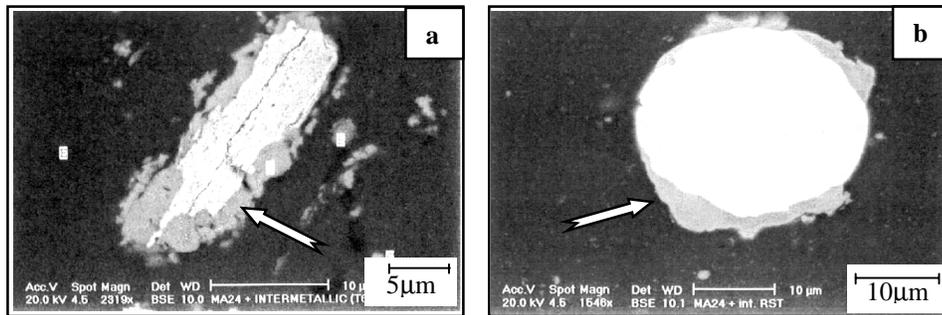


Figura 3. - Formação do composto ternário sobre as superfícies dos intermetálicos Ni_3Al MA (a) e RST (b), após T.T. dos compósitos (MEV).

Quanto as propriedades mecânicas analisadas, a Fig.4 apresenta os resultados dos ensaios de resistência a tração (esquerda) e dureza (direita) para as amostras em todas as condições estudadas.

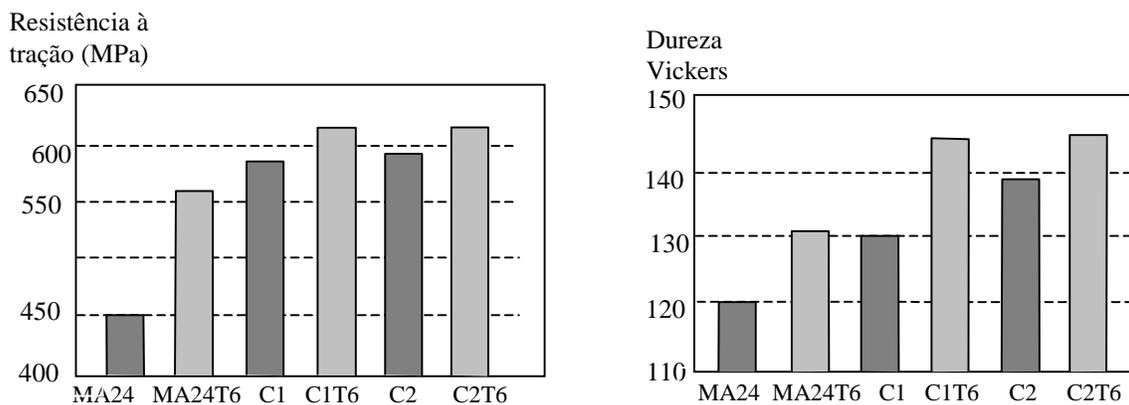


Figura 4 - Resultados obtidos nos ensaios de resistência a tração (esquerda) e dureza (direita), respectivamente: **MA24** = liga base pura; **C1** = MA24 + 5% Ni_3Al (MA); **C2** = MA24 + 5% Ni_3Al (RST); **T6** = tratamento térmico.

No que diz respeito ao ensaio de susceptibilidade à esfoliação, através da análise visual das amostras após 72 horas de ensaio, Fig.5, verifica-se comportamento similar para todos os materiais. Contudo, por intermédio da análise de difração de raios X, foram observadas diferenças na composição do produto de corrosão formado sobre a superfície das amostras, após este ensaio. Isto é, liga MA24: $\text{Al}(\text{OH})_3$ /baerita; liga MA24 T6: AlOCl ; liga MA24 + 5% Ni_3Al MA: baerita e AlOCl ; liga MA24 + 5% Ni_3Al MA + T6: AlOCl ; liga MA24 + 5% Ni_3Al RST: AlOCl ; liga MA24 + 5% Ni_3Al RST + T6: AlOCl e Al .

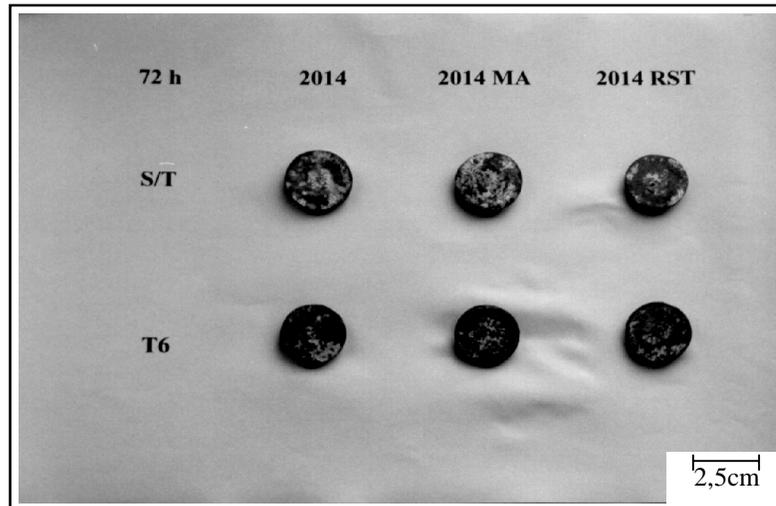


Figura 5 - Aspecto das amostras após 72 horas de imersão (microscopia ótica).

Os resultados do ensaio de corrosão intergranular, apresentados na Tabela 1, podem ser avaliados por diferentes vias: perda de peso, profundidade de ataque, relação Al/Cu na região corroída (relação teórica: 21/1), e porcentagem de oxigênio na região corroída.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de corrosão intergranular.

Material	Perda em peso (%)	Profundidade do ataque (μm)	Relação Al/Cu (borda)	Teor de O na área corroída (%)
MA 24	1,55	145	12,5	18,25
MA24 T6	1,06	96,1	8,4	37,2
MA24 + Ni_3Al RST	1,24	105	11,5	24,15
MA24 + Ni_3Al RST T6	0,81	17,5	12,2	17,55
MA24 + Ni_3Al MA	1,18	123,6	12	29,2
MA24 + Ni_3Al MA T6	1,38	55,5	11,7	36,8

As figuras 6-a à 6-e mostram as principais microestruturas dos materiais corroídos. Na liga MA24 + 5% Ni_3Al (figura 3.6-a) a corrosão manifesta-se intergranularmente, mais especificamente ao redor dos precipitados de Cu_2Al . A metalografia desta liga, porém após T6, é muito similar, sendo observado apenas, uma menor profundidade do ataque corrosivo.

Com relação ao CMM + 5% Ni_3Al (RST), Fig. 6-b, o ataque também é intergranular. Entretanto, quando este ataque atinge as partículas de reforço, concentra-se em ambos os lados da mesma. A Fig. 6-c ilustra uma das áreas de corrosão deste compósito, onde, devido a maior ampliação, identifica-se claramente a formação de uma **cauda de cometa** ao redor da partícula de reforço. Através da análise por EDX, confirmou-se a não decomposição deste intermetálico,

sendo as áreas A e B (B mais rico em Cu) desta figura, áreas de corrosão. Para o caso destes compósitos após T6, tem-se comportamento similar, cuja única diferença diz respeito ao fato das partículas de Ni_3Al encontram-se menos rodeadas pelo ataque (Fig. 6-d). Isso deve-se a formação do composto ternário sobre as partículas após T.T., pois nas áreas corroídas próximas as mesmas tem-se a presença de Ni, justamente devido a decomposição deste composto.

Por sua vez, o comportamento dos compósitos reforçado com Ni_3Al (MA) é diferente da liga MA24 + 5% Ni_3Al (RST), pois apresentam dissolução das partículas de reforço. A Fig. 6-e ilustra a microestrutura deste compósito, sendo observado a forma como o Ni_3Al é corroído. Quanto a este compósito após T6, verifica-se também a formação do mesmo composto ternário observado no compósito reforçado com Ni_3Al (RST) e a dissolução das partículas de Ni_3Al .

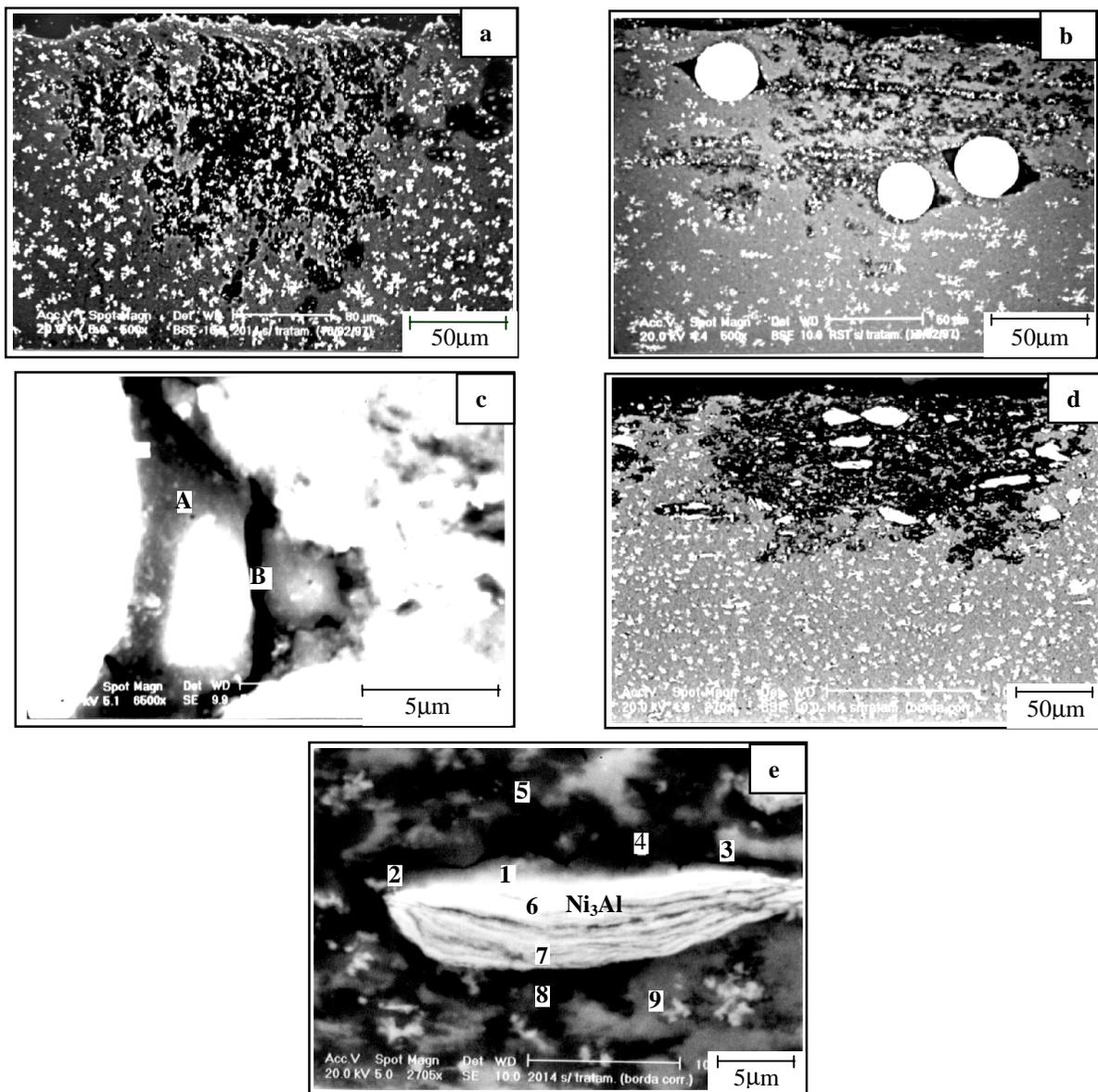


Figura 6 - **a**) Aspecto geral da liga MA24 após ensaio de corrosão, sem T6 (MEV); **b** e **c**) Liga MA24 + Ni_3Al RST, sem T6 (MEV); **d** e **e**) Liga MA24 + Ni_3Al MA, sem T6 (MEV).

No que diz respeito ao potencial de corrosão, conforme observado nas Figs.7 e 8, este decresce para todas as amostras segundo a concentração de NaCl e a adição de H₂O₂ na solução não altera o potencial das amostras, respectivamente.

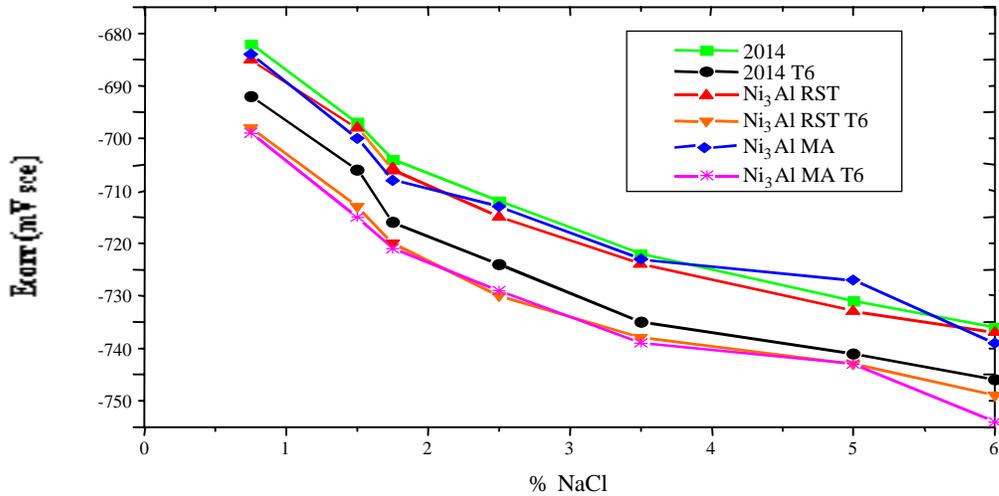


Figura 7 - Potencial de corrosão X diferentes concentrações de NaCl.

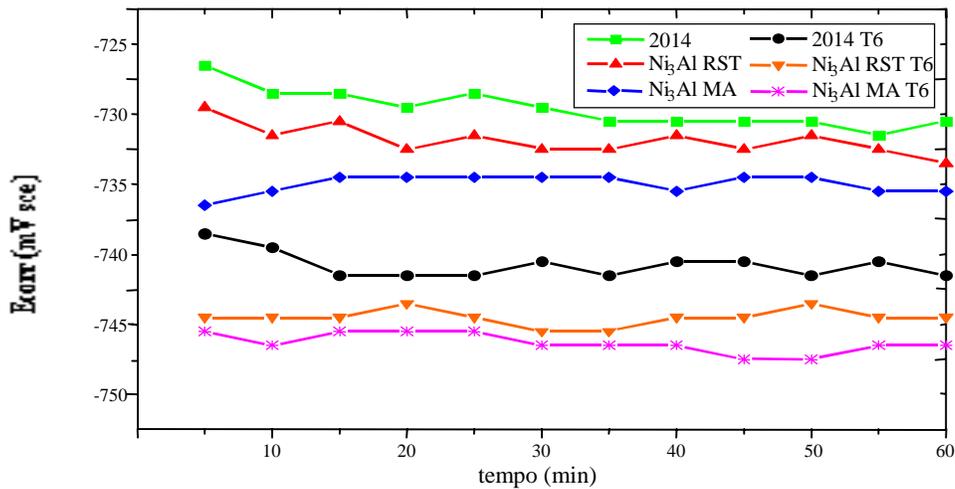


Figura 8 – Potencial de corrosão X tempo (ensaio ASTM G69 padrão)

4. DISCUSSÃO

De acordo com a figura 1, a liga base apresenta os precipitados bem distribuídos na matriz, sendo este comportamento consequência da distribuição homogênea dos seus elementos de liga na matriz de Al. Mesmo após o T.T., verifica-se que esta homogeneidade permanece na liga. Por sua vez, para os CMM's reforçados com o intermetálico Ni₃Al, observa-se uma boa interação entre reforço/matriz, tanto antes como após T6. Entretanto, as partículas de Ni₃Al, obtidas por MA e RST, apresentam formas típicas de seus processos de elaboração (Figura 2).

Quanto as propriedades mecânicas, através da Fig. 4, verifica-se que a adição de Ni₃Al, obtido por MA e RST, à liga base, resultam em compósitos com significativos incrementos nas propriedades mecânicas frente à liga base pura. Isto demonstra o efeito endurecedor destes intermetálicos, que atuam como reforçadores da matriz (liga base). De forma análoga, todas as amostras apresentaram um aumento em suas propriedades após T.T.. Com relação a resistência a tração, observa-se que antes do T6, o valor da liga base após ser adicionado Ni₃Al (MA) e Ni₃Al (RST), passa de 450 MPa para 587 MPa e 590 MPa, respectivamente, promovendo desta forma, um incremento na ordem de 30%. Após T6, estes valores de resistência a tração passam de 562 MPa à 622 MPa e 624 MPa, o que representa um aumento na ordem de 10%. No que diz respeito a dureza, a liga base, que antes do T.T. apresentava 120 HV, passa à 130 HV e 139 HV ao ser adicionado Ni₃Al (MA) e Ni₃Al (RST), respectivamente. Após T6, estes valores passam de 131 HV à 146 HV e 147 HV. Assim, considerando os valores de dureza para todas as amostras, antes e após T6, observa-se um incremento geral na ordem de 10 à 15%. De forma geral, o aumento nas propriedades mecânicas das amostras produzidas por M/P deve-se a uma microestrutura mais homogênea formada por grãos pequenos. Entretanto, após T6 verifica-se um aumento mais significativo nestas propriedades, o que é justificado pela maior homogeneidade microestrutural apresentada pelas amostras após o referido T.T.

Referente aos resultados do ensaio de esfoliação, segundo observa-se na Fig.5, nenhuma modificação significativa foi detectada nas amostras após 72 horas. Isto demonstra um excelente comportamento de todos os materiais analisados, tornando-os passíveis de serem utilizados em meios marinhos por longos períodos. Entretanto, *pits* foram detectados na superfície destes materiais, o que, através da análise de difração de raio X, verificou-se ser o AlOCl o principal produto de corrosão formado. Porém, para a liga MA24 e MA24 + 5% Ni₃Al MA, ambas S/T e também as mais corroídas, tem-se a tendência da formação de baerita e baerita mais AlOCl, respectivamente. Aspecto interessante deu-se em função da presença de Al livre no compósito MA24 + 5% Ni₃Al RST + T6. Este fato pode ter ocorrido em virtude deste material, sob o ponto de vista de resistência a corrosão, ser o melhor e assim, a oxidação não ter sido completada.

Em se tratando dos resultados do ensaio de corrosão intergranular, através da Tabela 1, observa-se que a relação Al/Cu é menor para a borda das amostras após o referido ensaio. Isto indica uma perda de Al nas áreas corroídas (*pits*), as quais apresentam também um alto nível de oxigênio. Outro aspecto interessante diz respeito a profundidade do ataque corrosivo, que é significativamente maior para os materiais extrudados que não sofreram T6, devido provavelmente, ao maior tamanho dos precipitados que, por sua vez, promovem uma mais alta taxa de corrosão. De forma geral, pode-se classificar o comportamento da liga MA24 frente a corrosão como o pior entre os materiais estudados, tanto no estado extrudado como após T6 e, o compósito reforçado com Ni₃Al como o melhor. Tal fato está associado a adição do intermetálico à liga base, o qual tem efeito positivo na resistência à corrosão destas ligas. Através das Figuras 6-a/b/d., observa-se que a corrosão manifesta-se de forma intergranular. Em suma, ambos intermetálicos (MA e RST) interrompem/reduzem o ataque em profundidade, mas de diferentes maneiras, ou seja, os produzidos por RST atuam como áreas catódicas frente a matriz e, os produzidos por MA, atuam como ânodo de sacrifício. A explicação para estes comportamentos baseia-se na forma de elaboração dos intermetálicos utilizados como elementos de reforço da liga MA24. O Ni₃Al produzido por MA apresenta-se, após a ligação mecânica, amorfo e com certa quantidade de Ni livre. Durante a extrusão, acredita-se que ocorra certa recristalização deste intermetálico, mas permanecendo ainda Ni livre. Este resultado pode ser confirmado por difração de raios X e análise por EDX dos pontos marcados na figura 6-e, (Maia,1997), o que confirma que este tipo de reforço é mais corrosível que a matriz de Al. Assim sendo, os intermetálicos

produzidos por MA atuam como ânodos de sacrifício e promovem, desta forma, proteção catódica à matriz e, portanto, reduzem o ataque corrosivo. Por sua vez, os intermetálicos produzidos por RST são mais estáveis, tanto do ponto de vista químico como cristalográfico, sendo que apresentam comportamento catódico frente a matriz. Neste caso, quando o ataque atinge as partículas de Ni_3Al , a corrosão é centrada nestas áreas, que passam a atuar como cátodos junto a matriz, interrompendo o ataque em profundidade. Em ambos os intermetálicos, após T6, é observado certa dissolução de Ni nas áreas corroídas da matriz. Isto deve-se a formação de um composto ternário (Fig.3) sobre a superfície destes reforços, a qual é facilmente corroída e, motivo pelo qual, o Ni aparece sempre próximo as áreas dos reforços.

No que diz respeito ao potencial de corrosão, segundo Fig.7, para todas as amostras elaboradas este potencial decresce com a concentração de NaCl. Isto dá-se em função de que, quanto maior esta concentração, mais alta a atividade da solução. Outro aspecto observado é a pequena diferença entre os potenciais dos materiais como extrudados, que apresentam-se ligeiramente maior (mais catódicos) frente aos materiais após T6 (aproximadamente 15 mV). Contudo, dois importantes aspectos devem ser destacados quanto a este tipo de ensaio: do ponto de vista prático, ambos os tipos de reforços (Ni_3Al MA ou RST) não influenciam no potencial da liga base e, nenhuma alteração significativa no potencial de corrosão é observada com o tempo, o que significa que estes materiais apresentam comportamento estável no meio salino em questão.

4. CONCLUSÕES

- O processo de elaboração empregado na obtenção das amostras mostrou-se eficaz, uma vez que, permitiu produzir materiais densos e com boas propriedades mecânicas;
- A adição do intermetálico Ni_3Al (MA e RST) à liga base MA24 promoveu um incremento significativo nas propriedades mecânicas dos compósitos frente a esta liga base;
- Quanto ao comportamento a corrosão, é muito benéfico a adição do intermetálico à liga base MA24, tanto no estado extrudado como após T6;
- Através das medidas dos potenciais de corrosão, verifica-se uma variação pequena nos potenciais de corrosão das amostras estudadas, de forma geral.
- O resultado do ensaio a susceptibilidade a corrosão por esfoliação indicou que todas as amostras apresentaram comportamento estável;
- As partículas de intermetálico (Ni_3Al MA e RST) atuam como defesa a corrosão intergranular dos compósitos. Em relação a matriz, o Ni_3Al (MA) atua como ânodo de sacrifício e o Ni_3Al (RST) interrompe o ataque em profundidade, o que significa dizer que atuam como proteção catódica e cátodo, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS

ASTM G 110: Standard Practice for Evaluating Intergranular Corrosion Resistance of Heat Treatable Aluminum Alloys by Immersion in Sodium Chloride + Hydrogen Peroxide Solution. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1992.

ASTM G 34: Standard Test Method for Exfoliation Corrosion Susceptibility in 2XXX and 7XXX Series Aluminum Alloys (EXCO Test). Annual Book of Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1990.

ASTM G 69: Standard Practice for Measurement of Corrosion Potentials of Aluminum Alloys. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1994.

CARRASCO, J. L. G.; CANO, F. G.; CARUANA, G. Aluminium/Ni₃Al composites processed by powder metallurgy. *Materials Science and Engineering A*, 183, L5-L8, 1994.

COSTA, C. E.; TORRALBA, J. M.; PRIETO, J. M. R. P/M 2014 aluminum alloy obtained by mechanical alloying. *Proceeding of the World Congress on Powder Metallurgy & Particulate Materials*, Washington, USA, v.I, parts 1-4, pp.2-23-231, June, 16-21, 1996.

MAIA, P. B. S.; VELASCO, F.; COSTA, C. E. Intergranular corrosion resistance of 2014 aluminium alloys reinforced with Ni₃Al. *I Congresso Latino Americano*, Águas de Lindóia, nov. 1997.

PEREZ, P.; CARRASCO, J. L. G.; ADEVA, P. Influence of the powder particle size on tensile properties of Ni₃Al processed by rapid solidification and hot isostatic pressing. *Materials Science and Engineering*, A-199, p. 211-218, 1995.

PEREZ, P.; CARRASCO, J. L. G.; CARUANA, G. Microstructural characterization of P/M Ni₃Al consolidation by HIP. *Materials Characterization* 33, p. 349-356, 1994.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq/Brasil) e ao CICYT/Espanha (através do projeto MAT96-0722-C02) pelo suporte financeiro.

Aluminium Base Composite Reinforced with Ni₃Al Intermetallic by powder metallurgy: microstructural, mechanical and corrosion characterization.

The metal matrix composite, as well as the intermetallic, due to the possibility of combining properties such as strength, low density and excellent weight/rate, has nowadays been attracting the attention of numerous research groups.

In this essay, are comprised both material families and the powder metallurgy process is used for elaboration of aluminium matrix composites strengthened with intermetallic Ni₃Al. The referred intermetallic is obtained through two powder manufacture route, or rather, rapid solidification and mechanical bond, being the last process also utilized for the elaboration of the base alloy AA2014, which was used as matrix on the consolidation of the cited material composites. The powders of these material were analyzed through X-ray diffraction.

The consolidation of the referring composites obeyed the following sequence: mixture of the powders according to specific proportions (AA2014 and Ni₃Al), uniaxial compaction, lubrication, hot extrusion, without encapsulating and degasification, and thermal treatment. The temperatures used in the cited thermal treatment were optimized by differential scanning calorimetry.

The material produced were studied microstructurally by means of conventional optical and scanning electron microscopy and characterized according to its tensile strength, hardness and corrosion resistance: intergranular corrosion (test ASTM G110), exfoliation corrosion susceptibility (test ASTM G34) and measurement of corrosion potential (standard and modified test ASTM G69).

Keywords: composite, intermetallic, powder metallurgy, corrosion.