

Tema: Metalurgia do Pó

AVALIAÇÃO DE DUREZA POR TRATAMENTOS TÉRMICOS DO COMPÓSITO AA2014-5%TiO₂ PRODUZIDO POR METALURGIA DO PÓ*

Kamila Kazmierczak¹
 Cesar Edil da Costa²
 Cristiano da Silva³
 Jonas Fernandes Cherritte⁴

Resumo

Neste estudo utiliza-se o processo de metalurgia do pó para a elaboração de compósitos a base de alumínio reforçados com nanopartículas de TiO₂. O compósito é obtido através de moagem de alta energia assim como a obtenção da liga AA2014 utilizada como matriz. A consolidação dos pós obedeceu à seguinte sequência: mistura dos pós segundo proporções específicas, compactação uniaxial, extrusão a quente e tratamento térmico. O material produzido foi estudado microestruturalmente mediante microscopia ótica e caracterizado quanto à dureza.

Palavras-chave: Compósito; TiO₂; Tratamento térmico.

EVALUATION OF HARD BY HEAT TREATMENT OF COMPOSITE AA2014-5% TiO₂ PRODUCED BY POWDER METALLURGY

Abstract

In this study we use the powder metallurgy process for the preparation of aluminum composite reinforced with TiO₂ nanoparticles. The composite is obtained by high energy milling to obtain the AA2014 alloy as matrix. The powder consolidation followed the order: mixing of the powders, uniaxial compaction, hot extrusion and heat treatment. The material produced was studied microstructurally by MO and characterized as hardness.

Keywords: Composite; TiO₂; Heat treatment.

- ¹ *Tecnóloga em Mecânica, CEPLAN, Universidade do Estado de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil.*
- ² *Engenheiro industrial mecânico, Prof. Doutor, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil.*
- ³ *Tecnólogo mecânico, Mestre, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Técnico Universitário, Universidade do Estado de Santa Catarina, São Bento do Sul, SC, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro Mecânico, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil.*

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, exige-se materiais com maior resistência, com menores pesos, para que possibilite uma autonomia maior de velocidade e de combustível no caso das indústrias aeronáuticas, ferroviárias e automobilísticas. A preferência dos pesquisadores são os materiais compósitos, os quais devem satisfazer três critérios: conter uma proporção razoável de cada uma das fases, serem constituídos por duas fases marcadamente distintas e obter um material final com propriedades diferenciadas dos seus constituintes [1]. Com a utilização, da liga de alumínio, em altas solicitações mecânicas adiciona-se elementos, que ao se misturar com a liga, a qual é tratável termicamente, formam compostos que melhoram as propriedades mecânicas. Comparado com o alumínio, o compósito é em média, cinco vezes mais resistente. Os materiais compósitos, com base na liga de alumínio, proporcionam um aumento na resistência a altas temperaturas. Com a adição de reforço de TiO_2 , na forma de nanopartículas, os precipitados formam onde as partículas do óxido está presente, com uma dispersão homogênea do reforço no compósito de matriz de alumínio não ocorrerá à aglomeração dos precipitados e o material torna-se mais resistente [2].

Na metalurgia do pó, com o processo de Moagem de Alta Energia, no qual encontra a combinação mecânico-químico em que as misturas de pó, de diferentes elementos ou ligas, são moídas para obtenção de uma liga homogênea. Durante este processo, as partículas de pó são continuamente deformadas, soldadas a frio, quebradas e soldadas novamente. A técnica fundamenta-se principalmente no processamento de materiais, na forma de pó, em conjunto de corpos de moagem, como esferas de aço ou material cerâmico, introduzidos em um vaso de moagem, geralmente confeccionado do mesmo material das esferas [3], é essencial que a distribuição das fases seja homogênea para que um material compósito aumente o desempenho. Partículas com tamanhos diferentes e morfologia, contribuem para a aglomeração e, assim prejudica nas propriedades mecânicas do compósito. Para que a distribuição das partículas seja homogênea a mistura é um elemento importante. A metalurgia do pó é um processo para a produção de materiais compósitos.

A consolidação por extrusão possibilita obter um material com formas versáteis e microestrutura refinada. Nesse processo, a distribuição das partículas é mais homogênea e ocorre a eliminação de porosidades [4-7].

A liga AA2014 possui a características de ser tratada termicamente, ou endurecidas por precipitação, com isso a resistência e a dureza aumentam. O tratamento utilizado para esta liga é o T6, o qual é aplicado da seguinte forma: solubilização, têmpera e envelhecimento artificial feito a temperatura controlada [2], nesse estudo foram feitos alguns tratamentos térmicos para se observar a dureza do compósito.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A obtenção da liga AA2014 foi feita através de moagem de alta energia dos pós elementares em moinho atritor modelo HD01 – fabricante Union Press, durante 10 horas, velocidade de 550 rpm e razão bolas/carga de 20:1. A composição em massa dos elementos e dados dos pós está descrita na Tabela 1. O uso destes parâmetros foi baseado em trabalhos anteriores [8,9] e possibilitaram a homogeneização e moagem adequada dos elementos. A adição de TiO_2 (21 μm) foi realizada em moinho atrito, com os parâmetros especificados anteriormente, com a proporção de 5% de TiO_2 .

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

**Tabela 1.** Dados da composição química da liga AA2014

Elemento Químico	Porcentagem (%)	Pureza (%)	Fabricante	Distribuição granulométrica (µm)
Cobre	4,5	99,5	-	-970
Magnésio	0,5	99	-	-410
Silício	0,7	-	-	-151
Alumínio	94,3	99,7	Alcoa	-83
PCA - Cera C	1,5	-	-	-

Ambas as misturas foram feitas em atmosferas inertes com o uso do gás Argônio. A consolidação final do material foi feita através do processo de extrusão direta a quente, com uma razão de 25:1 e um ângulo da fiação de 120°. Neste caso as pré-formas foram lubrificadas com grafite assim como as paredes da matriz e a fiação. Os compactados foram aquecidos a 490°C durante 30 min. para garantir uma homogeneização completa da temperatura e em seguida realizada a extrusão com uma pressão de 580 MPa.

Após a obtenção dos corpos de prova extrudados foi realizado, segundo norma ASTM B597-86, o tratamento térmico de solubilização seguido de envelhecimento. As amostras foram aquecidas a 490°C/30 min. e resfriadas em água. O envelhecimento foi realizado em forno mufla a 160°C/18h. Após o tratamento térmico o compósito foi submetido a mais dois tratamentos, como a Tabela 2 demonstra.

Tabela 2. Dados dos tratamentos térmicos realizados no compósito

Amostra	Tratamento Térmico
Amostra 1	Somente com o tratamento térmico T6.
Amostra 2	Tratamento térmico T6, recozimento até 400°C por 30 minutos e resfriamento no forno.
Amostra 3	Tratamento térmico T6, recozimento até 400°C por 30 minutos, resfriamento no forno e têmpera até 500°C por 45 minutos.
AA2014	Liga base com tratamento térmico T6

Para analisar as características do material, foi feita a análise via microscópio ótico, para tal as amostras foram preparadas; lixadas até a grana de 600, polidas com solução de alumina, e finalmente atacadas quimicamente com HF (5%).

Medidas de dureza foram feitas nas amostras usando microdurômetro Vickers usando carga de 5N.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados de dureza pode-se fazer um comparativo com os tratamentos térmicos. A Figura 1 mostra os resultados obtidos para as amostras submetidas a tratamentos térmicos, especificados anteriormente, com dados extraídos observa-se que o material em estudo ainda não ultrapassou a liga base, nesse estudo objetivou-se a análise de vários tratamentos para que o material se torne mais duro que a liga, o qual não foi possível se observar.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Microdureza Vickers

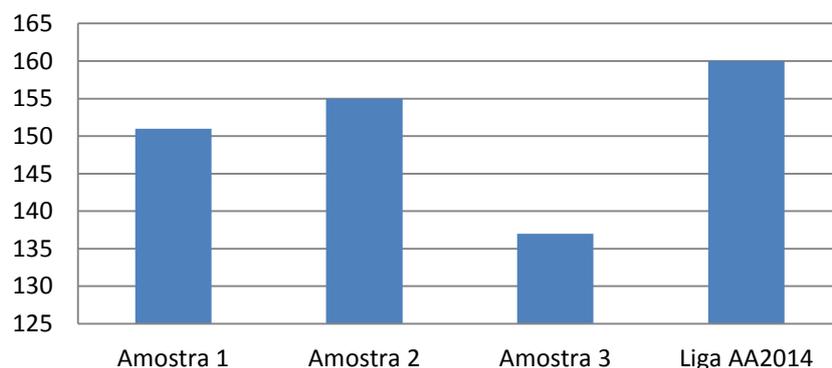


Figura 1. Análise de microdureza Vickers para as amostras tratadas termicamente.

As imagens obtidas via microscopia ótica estão apresentadas na Figura 2. Observa-se que na Figura (a) existem aglomerados, os quais estão mais dispersos na amostra e há presença de poros por toda a amostra com isso diminuindo a dureza. Na figura (b) observa-se um aumento na dureza, mas os aglomerados estão maiores e dispersos por toda a amostra, mas a presença dos poros diminuiu significativamente. A Figura (c) que representa a amostra 3 apresenta vários poros onde encontra-se muitos aglomerados assim diminuindo muito a dureza do material, e a figura (d) representa a liga base com uma estrutura homogênea, com equilíbrio de fase e sem a presença de poros justificando a dureza elevada do material.

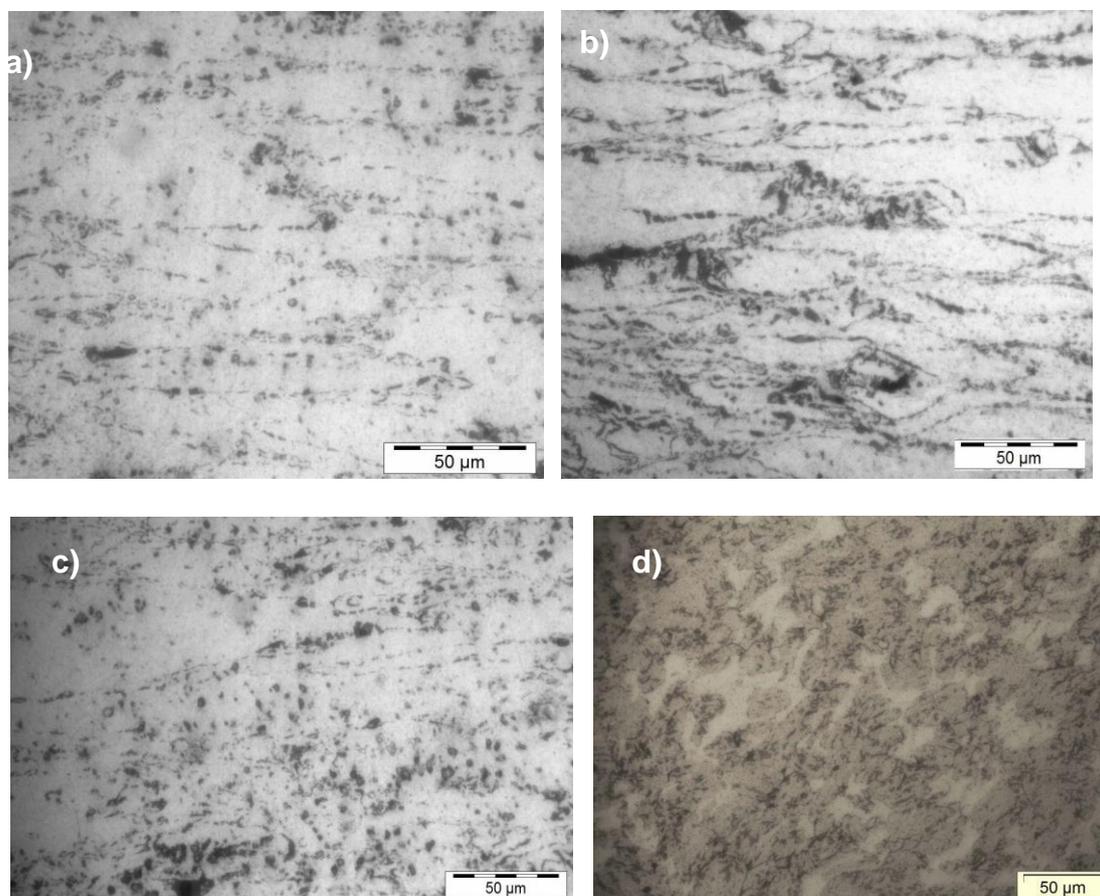


Figura 2. Análise via microscopia ótica para as amostras tratadas termicamente.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

4 CONCLUSÃO

O processo de moagem de alta energia se mostrou eficiente para a obtenção da liga e do compósito.

O TiO_2 atua como barreira térmica e física, assim diminuindo a difusão e a coesão entre as partículas, então há necessidade de um estudo mais detalhado dos tempos e das temperaturas do tratamento térmico para que o material apresente uma dureza elevada e uma estrutura homogênea.

A adição de nanopartículas de TiO_2 requer um estudo mais detalhado no que diz respeito a sua incorporação e coesão com a matriz.

Agradecimentos

A Empresa Alcoa pela doação do pó de alumínio e a CAPES pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

- 1 Matthews R, Rawlings D. Composite materials: engineering and science. Ed. Chapman e Hall, 1ªed. 1994.
- 2 Silva FC. Influência da adição de nanopartículas de TiO_2 na obtenção de compósitos a base de liga AA2014 fabricada via metalurgia do pó [Dissertação de Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Estado de Santa Catarina; 2012.
- 3 Fogagnolo JB, Velasco F, Torralba JM. Effect of mechanical alloying on the morphology, microstructure and properties of aluminium matrix composite powders. *Materials Science and Engineering A*. 2003;342:131-143.
- 4 Gökçe A, Findik F, Kurt AO. Microstructural examination and properties of premixed Al–Cu–Mg powder metallurgy alloy. *Materials Characterization*. 2011;62:730-735.
- 5 Melo OS, Beal VE, Silva A, Cardoso MA. Efeito do Tipo de Solvente na Morfologia do Compósito Wc-Co. In: *Anais do 68º Congresso ABM – Internacional*; 2013; Belo Horizonte, Brasil. São Paulo: ABM; 2013.
- 6 Kaczmarz JW, Pietrzakb K. The production and application of metal matrix composite materials. *Journal of Materials Processing Technology*. 2000;106:58-67.
- 7 Blaz L, Kaneko J, Sugamata M. Microstructural evolution in mechanically alloyed Al-heavy-metal oxide composites. *Materials Chemistry and Physics*. 2003;81:387-389.
- 8 Maia PBS. Elaboração de compósitos a base de alumínio reforçados com intermetálico Ni_3Al por metalurgia do pó: estudo microestrutural e caracterização mecânica e à corrosão [Dissertação de Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Estado de Santa Catarina; 1998.
- 9 Espinoza JSQ. Compósitos de matriz de alumínio reforçados com aluminetos de níquel: fabricação e caracterização mecânica e estrutural [Dissertação de Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Estado de Santa Catarina; 2002.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.