

Caracterização mecânica da liga de Al – Fe_2Al_5 obtido por sinterização e fundição sob vibração

RESUMO

Jonathan Teixeira Braiani Hipolito
Jonathan.tbh@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Pato Branco, Paraná,
Brasil

Dalmarino Setti
dalmarino@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Pato Branco, Paraná,
Brasil

Este projeto de iniciação científica tem como objetivos: (i) obter o intermetálico Fe_2Al_5 a partir da adaptação do método proposto por Kang *et al.* (2005); (ii) obter o compósito Al – 20% Fe_2Al_5 por Metalurgia do Pó e verificar as principais propriedades mecânicas. Na primeira etapa experimental, pós de ferro e alumínio na proporção adequada de ferro e alumínio para obter Fe_2Al_5 foram misturados, compactados em um tubo de aço inox 304, e submetidos a um ciclo térmico de aquecimento de 450 °C, sob vácuo (78 kPa), por uma hora. Após resfriamento, nova compactação do tubo, aquecimento a 750 °C, sob vácuo (78 kPa), por uma hora. Na segunda etapa experimental, o intermetálico foi retirado do tubo, moído e peneirado (53 μm). O intermetálico obtido foi misturado (80%Al-20% Fe_2Al_5) e corpos de prova foram confeccionados por compactação uniaxial (500 MPa), sinterizados a 620 °C por uma hora em atmosfera de N_2 . Na caracterização dos corpos de prova sinterizados foram realizados ensaios de microdureza, massa específica, resistência a tração, análise macroestrutural e difração de raios-x. Como resultados destacam-se: foram obtidos os intermetálicos Fe_2Al_5 (52,3%) e $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$ (47,7%); pode-se concluir que a adaptação do método de Kang *et al.* (2005) foi eficiente na obtenção de intermetálicos Fe-Al, porém não foi eficaz na obtenção apenas do Fe_2Al_5 ; após a sinterização a adição de Fe_2Al_5 ao alumínio resultou em: presença das fases $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$ e alumínio, o que evidencia a reação entre Fe_2Al_5 e alumínio da matriz; pouco efeito sobre aumento da resistência mecânica e fragilização dos corpos de prova sinterizados.

PALAVRAS-CHAVE: Intermetálicos Fe-Al. Compósito. Sinterização.

INTRODUÇÃO

Peças de Alumínio produzidas pela tecnologia de Metalurgia do pó (P/M) apresentam um potencial crescente nas áreas de componentes automotivos, eletrodomésticos e peças estruturais. As peças de alumínio P/M são competitivas com muitas peças fundidas de alumínio e de conformação mecânica que exigem operações de acabamento caras e demoradas. As peças de alumínio P/M possuem vantagens econômicas adicionais pela baixa temperatura de sinterização e atmosfera com baixo custo e segurança. Apresentam atrativas vantagens nas propriedades físicas e mecânicas como peso leve, resistência à corrosão, boa ductilidade, usinabilidade e variedade de acabamentos, que tornam adequado seu uso como matriz de metal. Os compósitos de matriz metálica de Alumínio são reforçados com formas contínuas (fibras) e descontínuas (partículas), que podem constituir de 10 a 70% em volume do compósito. Os reforços descontínuos apresentam maior facilidade de fabricação, menores custos de produção e propriedades relativamente isotrópicas. Este projeto de iniciação científica tem como objetivos: (i) obter o intermetálico Fe_2Al_5 a partir da adaptação do método proposto por Kang *et al.*(2005); (ii) obter o compósito Al – 20% Fe_2Al_5 por Metalurgia do Pó e verificar as principais propriedades mecânicas.

METODOLOGIA

Este trabalho de iniciação científica conta com duas etapas experimentais: (i) produção do intermetálico Fe_2Al_5 ; (ii) produção do compósito Al-20% de Fe_2Al_5 . A produção do compósito Fe_2Al_5 foi uma adaptação do método proposto por Kang *et al.*(2005), a principal diferença neste trabalho foi a utilização de uma pressão de vácuo menor (78 KPa) que o trabalho de por Kang *et al.*(2005). Os materiais utilizados nas duas etapas foram:

- a) Pó de alumínio puro ($\text{Al}_{(p)}$) da fabricante ALCOA com granulação $75 < \mu\text{m} < 150$;
- b) Pó de Ferro (Fe);
- c) Tubo de aço inox (304) de diâmetro $\frac{3}{4}$ ".

Na primeira etapa experimental, obtenção do Fe_2Al_5 , os pós de Ferro e Alumínio foram misturados na proporção de 45,27% em peso de Ferro para 54,73% em peso de Alumínio no misturador Y. O tubo foi selado mecanicamente depois teve sua seção transversal reduzida em 60%. Vácuo de 78 KPa a 450 Cº por 1 hora com uma taxa de 10 Cº/min. Após 105 min o tubo foi retirado do forno e novamente teve sua seção transversal reduzida, agora em 30%, então voltou por mais uma hora a 750 Cº taxa de 10 Cº/min com vácuo de 78 KPa novamente. Depois do processamento o pó foi moído, peneirado e uma amostra foi enviada para análise de difração de raios-x.

Na segunda etapa experimental, o intermetálico produzido foi misturado (misturador Y por 30 minutos) com pó de alumínio (80%) e Fe_2Al_5 (20%) Foram produzidos corpos de prova (norma ASTM B557-10) para o ensaio de tração com a mistura dos pós. A compactação foi uniaxial, com pressão de 500 MPa, o equipamento utilizado foi a prensa hidráulica Bonevau modelo P 100. Foram produzidos corpos de prova de Al puro para se comparar com os resultados obtidos no compósito Al-20% Fe_2Al_5 .

A sinterização foi realizada em forno tubular JUNG com atmosfera controlada. Inicialmente realizou-se vácuo com auxílio de uma bomba de vácuo (por 15 minutos), em seguida a câmara do forno é preenchida de nitrogênio 5.0 (99,999% pureza) com 1,5 bar de pressão. Os corpos de prova (CP) foram sinterizados a 620 °C (taxa de aquecimento 10 °C/minuto), durante 60 minutos atmosfera . Foram produzidos corpos de prova de Al puro para se comparar com os resultados obtidos no compósito Al-20% Fe_2Al_5 .

Foram realizados ensaios mecânicos e de microestrutura, nos corpos de prova do compósito como nos corpos de prova de Al puro. Os ensaios realizados foram: (i) determinação de massa específica pela norma ASTM B962-14; (ii) ensaio de tração com determinação de limite de resistência tração e alongamento pela norma ASTM B557-10,

máquina de tração marca Time, modelo WDW-100E; (iii) ensaio de microdureza Vickers 50 gf, com microdurômetro marca Time, modelo TH710; (iv) análise microestrutural realizada com os equipamentos do DAMEC-PB; (v) difratometria de raios-x (DRX) realizada pela central de análises da UTFPR – Pato Branco.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com a difração de raios-x do intermetálico produzido com a adaptação do método de Kang *et al.*(2005).

Tabela 1 – Resultados da difração de raios –x

Fase	Quantidade (%)
Fe_2Al_5	52,3
FeAl_3 ($\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$)	47,7

Fonte: Central de Análises da UTFPR, 2017.

Com base nos resultados da Tabela 1, pode-se observar que com adaptação realizada não foi possível obter exclusivamente o intermetálico Fe_2Al_5 . Destaca-se que houve reação completa dos pós-elementares (ferro e alumínio), pois esses elementos isolados não foram observados na difração de raios-x. Deste modo, pode-se concluir que a adaptação do método de Kang *et al.*(2005) foi eficiente na obtenção de intermetálicos Fe-Al, porém não foi eficaz na obtenção apenas do Fe_2Al_5 .

Em relação a segunda etapa experimental, obtenção do compósito Al-20% Fe_2Al_5 por sinterização, ocorreu um aumento na massa específica do compósito Al-20% Fe_2Al_5 , variando de 2,5 g/cm³ para o alumínio puro sinterizado, à uma faixa de 2,75 g/cm³ para o compósito Al- Fe_2Al_5 .

A adição de Fe_2Al_5 promoveu uma pequena alteração no valor da dureza do compósito passando de 41 HV para o Alumínio puro para 47 HV para o compósito Al- Fe_2Al_5 . Os valores de limite de resistência a tração para o compósito Al- Fe_2Al_5 foram de 22 MPa em relação ao valor de 64 MPa obtido para o alumínio puro. O compósito Al- Fe_2Al_5 apresentou comportamento frágil evidenciado pelo alongamento nulo do Al- Fe_2Al_5 , enquanto que o alumínio puro apresentou alongamento de 11% em média. Esse resultado demonstra que o compósito Fe_2Al_5 fragiliza a matriz de alumínio puro. A análise microestrutural demonstrou duas fases distintas e a presença de porosidade. No compósito sinterizado foi observado, por meio da difração de raios-x, apenas a presença das fases $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$ (22,4%) e alumínio (77,6%), o que evidencia a reação entre Fe_2Al_5 e alumínio da matriz. Essa reação pode justificar a fragilidade apresentada pelo compósito Al- Fe_2Al_5 .

CONCLUSÕES

Como base nos resultados obtidos destacam-se as seguintes conclusões:

Na primeira etapa do projeto de iniciação científica, foram obtidos os intermetálicos Fe_2Al_5 (52,3%) e $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$ (47,7%), deste se pode concluir que a adaptação do método de Kang *et al.*(2005) foi eficiente na obtenção de intermetálicos Fe-Al, porém não foi eficaz na obtenção apenas do Fe_2Al_5 .

Na segunda etapa do projeto, a adição de Fe_2Al_5 ao alumínio após a sinterização resultou em: presença das fases $\text{Fe}_4\text{Al}_{13}$ e alumínio, o que evidencia a reação entre Fe_2Al_5 e alumínio da matriz; pouco efeito sobre aumento da resistência mecânica e fragilização dos corpos de prova sinterizados.

Como sugestão para trabalhos futuros se poderia estudar métodos para recobrir as partículas de Fe_2Al_5 para evitar o contato com o alumínio e deste modo, evitando a reação que causa a fragilização.

Mechanical characterization of Al - Fe₂Al₅ alloy obtained by sintering and casting under vibration.

ABSTRACT

This project of scientific initiation has as objectives: (i) to obtain the intermetallic Fe₂Al₅ from the adaptation of the method proposed by Kang *et al.* (2005); (ii) obtain the Al - 20% Fe₂Al₅ composite by Powder Metallurgy and verify the main mechanical properties. In the first experimental stage, iron and aluminum powders in the appropriate proportion of iron and aluminum to obtain Fe₂Al₅ were mixed, packed in a 304 stainless steel tube, and subjected to a heating thermal cycle of 450 ° C under vacuum (78 kPa), for one hour. After cooling, new tube compaction, heating at 750 ° C under vacuum (78 kPa) for one hour. In the second experimental stage, the intermetallic was removed from the tube, ground and sieved (53 µm). The obtained intermetallic was mixed (80% Al-20% Fe₂Al₅) and proof bodies were prepared by uniaxial compression (500 MPa), sintered at 620 ° C for one hour under N₂ atmosphere. In the characterization of sintered proof bodies, microhardness, specific mass, tensile strength, macrostructural analysis and x-ray diffraction tests were performed. The results showed that the intermetallic Fe₂Al₅ (52.3%) and Fe₄Al₁₃ (47.7%) were obtained; it can be concluded that the adaptation of the method of Kang *et al.* (2005) was efficient in obtaining Fe-Al intermetallics, but it was not effective in obtaining only Fe₂Al₅; after sintering the addition of Fe₂Al₅ to the aluminum resulted in: Fe₄Al₁₃ and aluminum phases, which shows the reaction between Fe₂Al₅ and aluminum matrix; little effect on increased mechanical strength and embrittlement of sintered proof bodies.

KEYWORDS: Fe-Al intermetallic. Composite. Sintering.

REFERÊNCIAS

ASM Handbook, Alloy Phase Diagrams, ASM International, Vol3, p2-44 e 2-49. 1999.

HUI-ZHEN KANG, SANBOH LEE, CHEN-TI HU. The role of pre-formed Fe_2Al_5 in P/M processing of Fe_3Al . Department of Materials Science and Engineering National Tsing Hua University, 2005.

BORGES, DORIS. Processamento e caracterização de aluminetos de ferro obtidos a partir de matéria-prima reciclada, p. 21-23.

CALLISTER, WILLIAN D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHIAVERINI, VICENTE. Metalurgia do pó: técnicas e produtos. 3ª ed. São Paulo, 1992.

BARON, RICHARD P. COLEMAN, JONES. WAWNER, FRANK E. WERT, JOHN A. Mechanical properties of aluminum matrix composites reinforced with sintered ferrous compacts. Materials Science and Engineering A259, p 308–313, 1999.

O'DONNELL, G. LOONEY, L. Production of aluminium matrix composite components using conventional PM technology. Materials Science and Engineering A303, p 292–301, 2001.

GOKÇE, A. FINDIK, F. Mechanical and physical properties of sintered aluminum powders. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol 30, issue 2, 2008.

MATYSIK, PIOTR. JÓZWIAK, STANISLAW. CZUJKO, TOMASZ. Characterization of Low-Symmetry Structures from Phase Equilibrium of Fe-Al System—Microstructures and Mechanical Properties. Materials, 2015.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

HIPOLITO, J. et al. Caracterização mecânica da liga de Al – Fe₂Al₅ obtido por sinterização e fundição sob vibração. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina.

Anais eletrônicos... Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em:

<<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Jonathan Teixeira Braiani Hipolito

Rua Goianazes, número 510 AP 403, Bairro Centro, Mandaguari,Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

