

OBTENÇÃO DE ESPUMAS DE ALUMÍNIO

*

*Cristina Aparecida Esteves¹
Arthur Henrique Izumi de Abreu²
Sidney Nicodemos da Silva³*

Resumo

Este trabalho visa uma contribuição com estudos de alguns parâmetros para a obtenção de espumas de Alumínio via rota da metalurgia do pó utilizando compactação a frio. A sinterização dos corpos verdes ocorreu a uma taxa de aquecimento de 5°C/minuto até a temperatura de 710°C. Do total de 14 corpos verdes, produzidos em 3 lotes A, B e C, após sinterização, dois corpos de prova foram selecionados para corte. A produção do molde e seu tratamento térmico se mostraram eficazes, a partir da construção do gráfico e regressão linear foi possível observar uma relação entre a pressão mínima (350Mpa) e a densidade relativa do corpo verde necessária para uma boa sinterização.

Palavras-chave: Espuma de Alumínio; Metalurgia do Pó; Hidreto de Titânio.

ALUMINIUM FOAM MANUFACTURING

Abstract

This work aims to contribute with studies of some parameters to obtain aluminum foams via powder metallurgy route using cold compaction. The sintering of the green bodies occurred at a heating rate of 5 ° C / minute to the temperature of 710 ° C. From the total of 14 green bodies, produced in 3 lots A, B and C, after sintering, two specimens were selected for cutting. The production of the mold and its heat treatment proved to be effective, from the construction of the graph and linear regression it was possible to observe a relation between the minimum pressure (350Mpa) and the relative density of the green body required for a good sintering.

Keywords: Aluminum Foams, Metallurgy of the Powder, Titanium Hydride..

¹ Mestranda em Engenharia de Materiais – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Belo Horizonte/MG – Brasil.

² Mestrando em Engenharia de Materiais – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Belo Horizonte/MG – Brasil.

³ Prof. Dr. Sidney Nicodemos da Silva - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Belo Horizonte/MG – Brasil

1 INTRODUÇÃO

As espumas metálicas são materiais metálicos porosos com massa reduzida, aplicáveis em situações de absorção de impactos, troca de calor e isolamento acústico. Bonaldi [6] demonstra que isto se dá pela combinação de suas propriedades físicas e mecânicas, advindas de sua natureza metálica e estrutura celular (aberta ou fechada), garantindo-lhe alta rigidez e baixo peso específico.

Segundo Duarte [10] se compararmos propriedades como densidade, resistência mecânica e módulo de Young entre espumas metálicas e outros materiais os quais podem ser substituídos por ela, nota-se uma densidade menor. Como exemplo temos os metais, cerâmicas e polímeros, com densidade relativa maior comparada a espumas metálicas.

As espumas metálicas podem ser formadas por fundição, metalurgia do pó, deposição de vapor metálico e deposição eletroquímica. De acordo com Ashby [2] a metalurgia do pó é o método estudado mais atual, consiste basicamente na compactação de pós metálicos (uma mistura de pó de alumínio e um agente espumante são compactados) e posterior sinterização, onde ocorre a formação de espuma a uma dada temperatura (aquecimento acima do ponto de fusão da liga).

Conforme Gibson [4] embora existam estudos com outros agentes espumantes, o hidreto de titânio (TiH_2) se mostra um agente adequado para formação de espumas de alumínio, ele libera hidrogênio do TiH_2 em torno de 400°C, temperatura inferior ao ponto de fusão de ligas de alumínio comerciais.

O número das aplicações de espumas metálicas tem aumentado nos diferentes setores industriais à medida que as propriedades são estudadas, a viabilidade de aplicação leva em conta os seguintes fatores, conforme Duarte [10]:

Morfologia: estruturada em células abertas ou fechadas; percentagem de porosidade; distribuição de tamanho de poros.

Metalurgia: composição química; microestrutura do material metálico.

Processo de fabricação: seleção consoante o tipo de geometria pretendida para o componente.

Economia: custos do processo; viabilidade em larga escala.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi a obtenção de espumas de alumínio via metalurgia do pó por prensagem uniaxial, variando os parâmetros de processamento para confecção de componentes porosos.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Desenvolver molde em aço-carbono SAE 1045 tratados termicamente para processamento de espumas de alumínio por prensagem uniaxial;
- Caracterizar os pós de alumínio e de hidreto de titânio - TiH_2 como agente espumante;
- Otimizar parâmetros de processamento por técnica de metalurgia do pó;
- Caracterizar os corpos de prova sinterizados, determinando os melhores parâmetros de espumagem;

2 DESENVOLVIMENTO

Para este trabalho, seguiu-se a rota da metalurgia do pó para obtenção da espuma de alumínio via prensagem uniaxial. Segundo Bonaldi[6] o método indireto se dá através da compactação de um pó metálico contendo partículas do agente espumante uniformemente disperso. Acima da temperatura de fusão este compactado expande e forma a espuma. A seguir na Figura 1 é apresentado o fluxograma do processamento das espumas de alumínio.

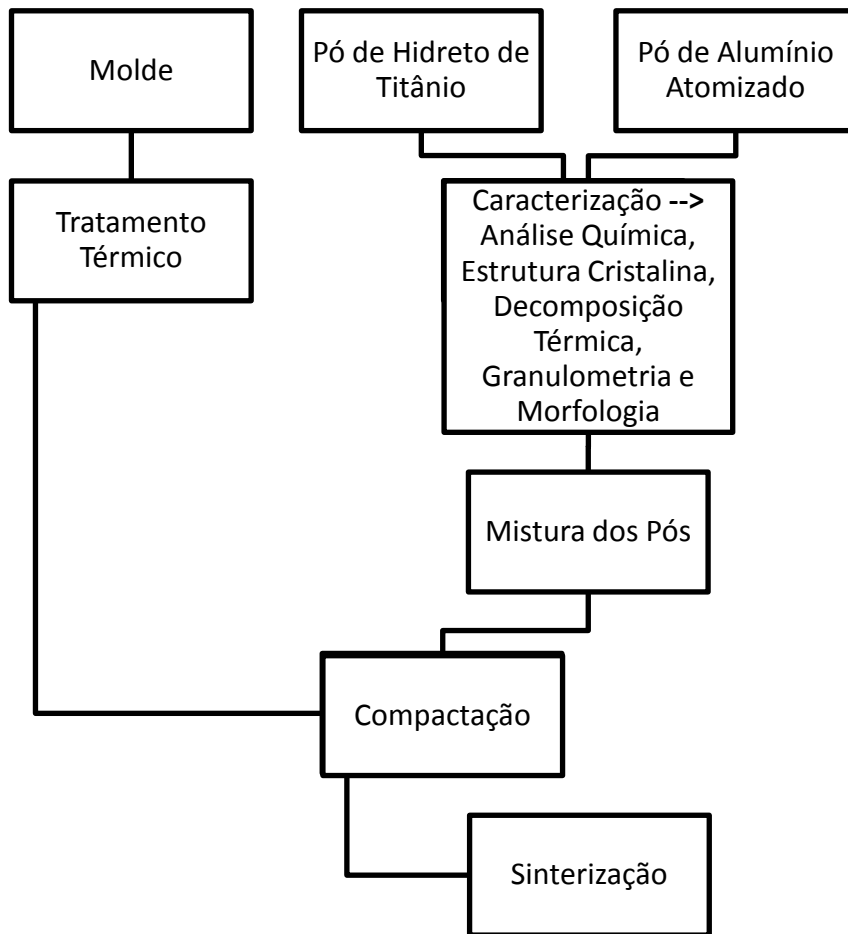


Figura 1 - Fluxograma de produção das espumas de alumínio.

2.1 Materiais e métodos.

Utilizou-se dois tipos de pós, um de alumínio em pó atomizado e hidreto de titânio. O processo utilizado para a espumagem do alumínio foi via metalurgia do pó. Fabricou-se um conjunto de molde em aço-carbono SAE 1045, utilizou-se o agente desmoldante estearato de zinco.

2.1.2 Caracterização dos Pós

Para caracterização do alumínio puro e do hidreto de titânio utilizou-se as seguintes técnicas:

2.1.2.1 Difração de raio-X (DRX) para confirmação da estrutura cristalina;

2.1.2.2 Espectroscopia de fluorescência de raio X (EDX) para análise química, verificando a pureza do alumínio;

2.1.2.3 Microscópio eletrônico de varredura (MEV) para analisar a morfologia do alumínio puro;

2.1.2.4 Granulômetro a laser (CILAS);

2.1.2.5 Análise termogravimétrica (DTG) especificamente para o hidreto de titânio a fim de verificar as temperaturas de liberação de gás.

2.1.3 Mistura dos pós (Homogeneização)

A mistura teve como padrão a concentração de 1% em massa de agente espumante, hidreto de titânio, essa concentração segundo Bonaldi [6] após estudos sobre a sua influência, possibilita os melhores resultados. A mistura se deu em um moinho de martelos por 3 minutos, com as matérias primas previamente pesadas e caracterizadas

Neste trabalho, foram compactadas e sinterizados três lotes de corpos de prova, nomeados como lotes: A, B e C. O lote A possui o número total de 6 (seis) corpos de prova, enquanto os restantes (B e C) possuem 4 (quatro). Os lotes A e C tiveram seus corpos verdes prensados utilizando a força de compressão constante (da ordem de 320 e 330MPa, respectivamente). O lote B teve este parâmetro variado no intuito de plotar um gráfico e reta por regressão linear, os quais representaram a relação pressão e densidade relativa alcançada pelo corpo verde neste processo. O molde com 25mm de diâmetro foi utilizado na produção dos lotes A e B, já o lote C foi produzido por um molde similar do grupo de pesquisa, porém de maior diâmetro 27mm.

2.1.4 Compactação dos Corpos Verdes

Após a realização do processo de homogeneização, as 14 amostras foram levadas a prensa hidráulica com controle de temperatura, modelo SL-12/20 da marca SOLAB, possuindo a capacidade de 0 a 20 toneladas de força e curso de 150mm entre placas.

2.1.5 Sinterização

Os corpos verdes, após compactação seguiram para sinterização no forno elétrico resistivo de marca OGA, modelo B300. Todas as amostras compactadas tiveram como parâmetros de aquecimento, uma taxa de 5°C por minuto até atingir o patamar de temperaturas de 710°C, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos. Ao final deste tempo, as amostras foram retiradas e resfriadas em temperatura ambiente.

2.2 Resultados

2.2.1 Análise do corpo verde.

Enquanto o lote A e C tiveram seus corpos verdes prensados utilizando a força de compressão constante, o lote B, teve a este parâmetro variado no intuito de plotar um gráfico e reta por regressão linear, os quais representassem a relação pressão e densidade relativa alcançada pelo corpo verde neste processo. Aspecto dos corpos de prova a verde do lote A após compactação são mostrados na Figura 2.



Figura 2 - Corpos de prova a verde do lote A após compactação.

Segundo Ashby(2011), para que a compactação seja efetiva e as partículas unam-se é necessária que a densidade final seja maior que 95% da densidade do metal sólido. Ou seja, a densidade do alumínio sólido é $2,70\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, então a densidade do compactado deve ser no mínimo igual a $2,56\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

A produção do Lote B com variação da força de carga na compressão, entre 12,5 toneladas e 20 toneladas e respectivas pressões, entre 250MPa e 400MPa aproximadamente, permitiu a análise entre a relação da pressão exercida e respectivas densidades relativas alcançadas a qual nos permite inferir que para alcançar o patamar pretendido de densidade relativa, pressões acima de 350MPa devem ser administradas para a mistura de pós utilizada.

2.2.2 Análise dos corpos sinterizados.

As Figuras 3 e 4, mostram o sentido corte na direção transversal dos corpos de prova selecionados para a observação da estrutura de poros formada.



Figura 3 - Corpos nº 1, 2, 3 e 4 do Lote B após sinterização a 710°C.



Figura 4 - Corpos nº 1, 5, 6 e 4 do Lote C após sinterização a 710°C.

Os poros formados podem ser observados nas figuras 5 e 6 que mostram o corte no sentido perpendicular à altura dos corpos de prova selecionados e a estrutura interna de poros formada nos copos de provas sinterizados.



Figura 5- Seções de corte do corpo de prova nº 3 do lote B.

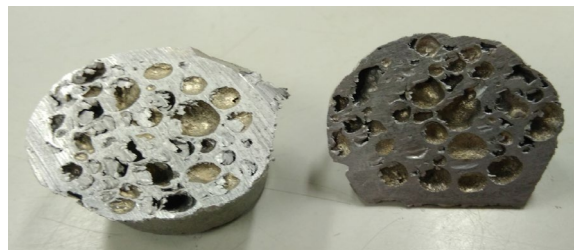


Figura 6 - Seções de corte do corpo de prova nº 5 do lote C.

3 CONCLUSÃO

A caracterização físico-química dos pós de alumínio e de hidreto de titânio - TiH_2 mostrou-se adequada ao uso na produção de espumas de alumínio e como agente espumante.

As condições de trabalho na compactação dos corpos verdes do molde fabricado, de aço-carbono SAE 1045 trefilado se mostram eficientes, sobretudo após o tratamento térmico. Têmpera à 840°C por 45 minutos em uma taxa de aquecimento de 50°C por minuto até a temperatura de austenitização seguida de resfriamento em óleo e revenimento a 300°C por 20 minutos;

Já para a sinterização dos corpos verdes e a espumagem da mistura de pós (alumínio e hidreto de titânio) utilizando a taxa de aquecimento de 5°C por minuto até a temperatura de 710°C por 30 minutos, os resultados foram satisfatórios.

Foram realizados ensaios físico-químicos nos corpos de prova determinando os melhores parâmetros de espumagem. Os corpos de prova, nº 5 do lote C e o nº 3 do lote B, geraram os melhores resultados após sinterização foram selecionadas para corte.

Foi possível através desse trabalho concluir que para alcançar o parâmetro desejado de densidade relativa, é necessário aproximadamente a pressão mínima de 350MPa, já que na grande maioria dos casos em que pressões menores foram administradas, os corpos verdes apresentaram trincas em sua superfície, o que facilita a entrada de oxigênio e a oxidação do alumínio, não resultando na sinterização da mistura de pós e a formação esperada da espuma metálica.

REFERÊNCIAS

1 ALMEIDA, G. B.; AMBROZIO, F.; COELHO, R. E. Caracterização de Ligas de Alumínio Produzidas por Metalurgia do Pó. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 9, n.

- 4, p.325-333, 2004. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10613>>. Acesso em: 1 jul. 2017.
2. ASHBY, M.F. EVANS, A.G. FLECK, N.A. GIBSON, L.J. HUTCHINSON, J.W. WADLEY, H.N.G. Metal Foams: A Design Guide. Ed. Butterworth-Heinemann, EUA(2000). 264p.
3. ASM HANDBOOK. Heat treating. Ohio: ASM International, 2002. v.4. 2173p.
4. BANHART, J. Aluminium foams for lighter vehicles, 2005, Int. J. Vehicle Design, Vol. 37, Nos. 2/3, p.114–125, Publicado por Inderscience Enterprises Ltd, 2005.
5. BAUMEISTER, J. BANHART, J. WEBER, M. Aluminium foams for transport industry, 1997, Fraunhofer-Institute for Applied Materials Research, Bremen, Germany, 4p, Materials & Design, Vol.18, Nos.4/6, pp.217-220, 1997, publicado por Elsevier Science Ltd, Grã Bretãnia, 1998. ISSN0261-3069/98.
6. BONALDI, Patrick Oliveira. Obtenção de espuma de alumínio através do processo de Metalurgia do Pó e propriedades mecânicas de estruturas sanduíche. 2012, 84 f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
7. CALLISTER JUNIOR, William D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
8. COLPAERT, H. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. 4 ed. São Paulo: Blücher, 2008. 672p.
9. CULLITY, B. D. Elements of X-ray diffraction. Massachusetts, EUA. Addison-wesley publishing company inc, 1956. 514p
10. DUARTE, I. M. A., FERREIRA, A. J. M. SANTOS, M. J. G. BANHART, J. Aplicações estruturais das espumas metálicas, 2005, 3f, 6º Congresso Nacional em MECANICA EXPERIMENTAL, Ponta Delgada, 2005.
11. GUTIÉRREZ-VÁZQUEZ, J. A. OÑORO, J. Espumas de aluminio. Fabricación, propiedades y aplicaciones. 2007. Revisão. 20 f. Dept. Ingeniería y Ciencia de los Materiales, ETSI Industriales. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Revista de metalurgia, 44 (5), 2008, ISSN: 0034-8570, EISSN: 1988-4222.
12. KLAUZAR, A. (a), CHIROLI, M. (a), JUNG, A. (b), RECK, B. (a), Protective Performance of Hybrid Metal Foams as MMOD Shields, 2015, (a) French-German Research Institute of Saint-Louis, Saint-Louis, France, (b) Universität des Saarlandes, Applied Mechanics, Campus A4.2, Saarbrücken, Germany, 8p, publicado por Elsevier Ltd, 2015, ISSN 1877-7058.

13. RAMOS, Filipe Dondoni; GALDINO, André Gustavo de Sousa. Desenvolvimento de espumas metálicas de alumínio através da metalurgia do pó utilizando polietileno de baixa densidade (pebd) para absorção de impacto. Instituto Federal do Espírito Santo.