

Estudo da obtenção de espuma de alumínio via Metalurgia do Pó

P. O. Bonaldi^{1*}, L. Schaeffer¹

¹Laboratório de Transformação Mecânica - Departamento de Metalurgia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501-970, Porto Alegre – RS

(Recebido em 08/03/2010; revisado em 15/04/2010; aceito em 06/05/2010)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Espumas de alumínio são materiais de estrutura porosa que combinam as propriedades de materiais celulares com materiais metálicos. Atualmente essa nova classe de material vem ganhando maior campo de aplicação e mais interesse por parte da indústria. A espuma de alumínio pode ser produzida através da mistura de pó de alumínio com um agente espumante que posteriormente é expandido através de um processo termicamente ativado. Este trabalho apresenta o método de obtenção de espuma de alumínio através da metalurgia do pó, onde foi variada a quantidade do agente espumante (TiH_2) em: 0,8, 1,0 e 1,2% em massa e também a temperatura de espumagem, em: 680, 710 e 740°C. Fixando o tempo de espumagem em 10min. As melhores condições encontradas foram de 1,0% de TiH_2 com temperatura de espumagem de 710°C, apresentando poros com aspecto arredondado, distribuição e tamanho homogêneo.

Palavras-chave: Espuma metálica; metalurgia do pó; hidreto de titânio.

Abstract:

Aluminium foams are porous materials that combine the properties of cellular materials and metallic materials. Nowadays this new class of materials has gained greater scope and more interest from industry. The aluminium foam is produced by mixing aluminium powder with a foaming agent which is subsequently expanded through a thermally activated process. This paper presents the method for obtaining foam aluminium by powder metallurgy, varying the amount of the foaming agent (TiH_2) at 0.8, 1.0 and 1.2 wt% and also the temperature at 680, 710 and 740°C, setting the time of foaming in 10min. The best conditions found were 1.0% of TiH_2 and foaming temperature of 710°C, obtaining round pores, with homogeneous size and distribution.

Keywords: Metallic foam; powder metallurgy; hydride titanium.

* E-mail: patrik.bonaldi@ufrgs.br (P. O. Bonaldi)

1. Introdução

Espumas de alumínio são estruturas metálicas porosas as quais combinam propriedades típicas dos materiais celulares com os de metais [1]. A rigidez elevada em relação a massa e boa capacidade de dissipação de energia em caso de impacto, levaram a uma variedade de aplicações [2-4], especialmente na indústria automóvel [5]. Dois exemplos de aplicação de espuma metálica são mostrados na Figura 1. As propriedades das espumas metálicas dependem muito das características morfológicas, como a distribuição de tamanho dos poros, a curvatura da parede celular e defeitos [6].

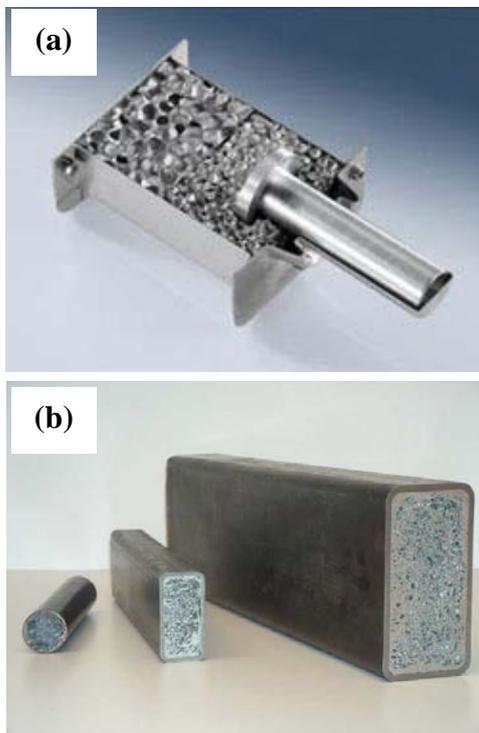


Figura 1 - Exemplos de aplicação de espumas metálicas, (a) sistema de absorção de impacto (METcomb Nanostructures), (b) tubos preenchidos com espuma metálica (IFAM).

As espumas metálicas podem ser produzidas de diversas formas [7-9]. Um método promissor é o processo de compactação de pós e posterior formação de espuma. Onde uma mistura de pó de alumínio e um agente de expansão são compactados. Em seguida aquecida acima do ponto de fusão da liga [10]. Acima do limiar da decomposição do agente de expansão de hidrogênio são liberadas bolhas que se forma na liga. O hidreto de titânio (TiH_2) se mostra ser um agente adequado para formação de espumas de alumínio, embora outros hidretos também pode ser utilizado [11]. A liberação de hidrogênio do TiH_2 começa em torno de $400^\circ C$, que é claramente inferior ao ponto de fusão de ligas de alumínio mais comerciais [10]. Neste trabalho será apresentado um estudo sobre a obtenção de espumas de alumínio através da rota de metalurgia do pó. Apresentando melhores parâmetros em cada etapa do processo. Variando a quantidade de agente espumante na mistura e temperatura do processo térmico. Esses fatores influenciam diretamente na qualidade final da espuma metálica.

2. Materiais e Métodos

2.1. Matérias-Primas

Os materiais utilizados foram o pó de Alumínio fornecido pela Alcoa e o pó de hidreto de titânio fornecido pela Brats. As características dos pós são apresentadas na Tabela 1.

As formas dos pós foram analisadas por microscopia eletrônica por varredura e são mostradas na Figura 2.

Tabela 1: Características dos pós utilizados.

Pó	Grau de Pureza	Tamanho $\mu m(D90)$	Forma
Al	99,9%	64,55	arredondada
TiH_2	99,97%	52,28	Irregular

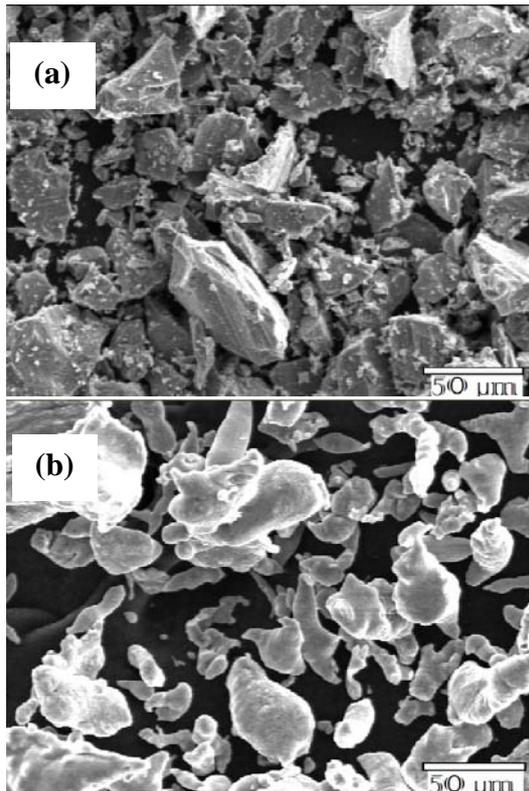


Figura 2 – (a) micrografia do pó de TiH₂, (b) micrografia do pó de alumínio.

2.2. Processo

O processo utilizado via metalurgia do pó, conforme Figura 3, ocorre primeiramente pela mistura de 3 composições diferentes dos pós de alumínio e hidreto de titânio (0,8, 1,0 e 1,2% TiH₂ em massa) em misturador do tipo duplo V por duas horas com velocidade de 20 RPM. Posteriormente foram compactados axialmente com pressão de 450 MPa, melhor condição de acordo com estudos anteriores. Em seguida passa pelo processo térmico de espumagem em um forno do tipo mufla com a amostra dentro de um sistema de espumagem. Onde o tempo foi fixado em 10 minutos para todas as amostras e a temperatura variou em três níveis (680, 710 e 740°C). Todas as amostras foram resfriadas rapidamente em água após o tratamento. Para cada situação foram utilizadas cinco amostras.

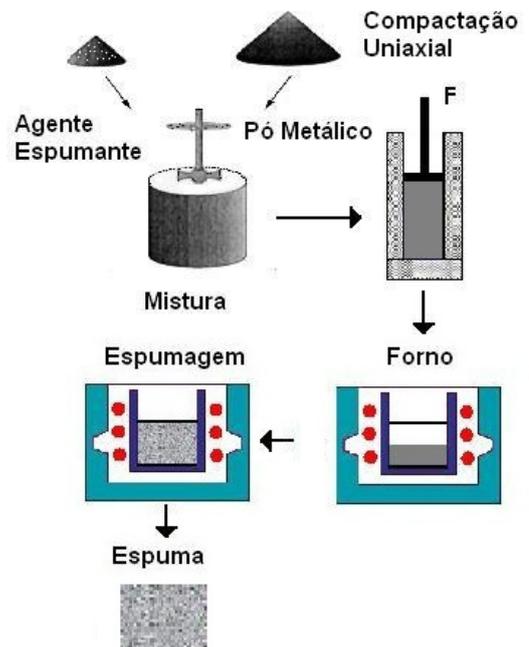


Figura 3 - Processo de obtenção da espuma de alumínio pela via M/P.

2.3. Equipamentos/Ferramentas

A matriz de compactação das amostras é mostrada na Figura 4. O diâmetro da cavidade é de 19mm. A expansão da amostra ocorre no interior de um tubo de um sistema desenvolvido para formação de espuma, como mostra a Figura 5, que por sua vez é colocado no em um forno.



Figura 4 – Matriz de compactação de amostra cilíndrica.

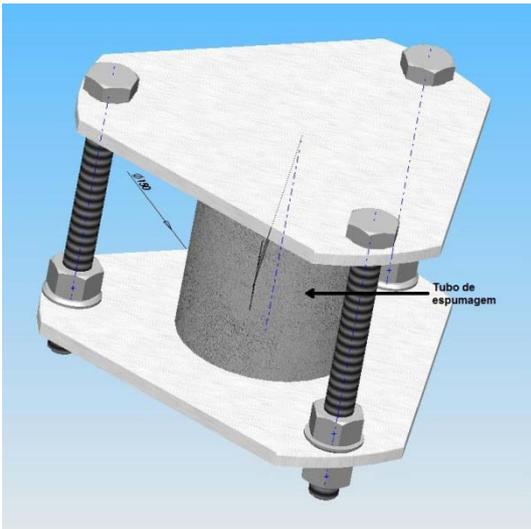


Figura 5 – Sistema de obtenção de espuma.

2.4. Caracterização Amostras

As amostras foram avaliadas conforme a expansão linear, pela morfologia dos poros (tamanho, aspecto e distribuição) e pela densidade final da espuma.

3. Resultados e Discussão

Após compactação todas as amostras ficaram com altura de 15mm e densidade de 2,45g/cm³

± 0,05, valor também encontrado por Rabiei [12]. Após o processo térmico de espumagem as amostras foram avaliadas a fim de obter os melhores parâmetros para fabricação de espuma de alumínio.

Os quadros 1, 2 e 3 apresentam uma amostra que representa o resultado de cada condição do experimento. Os quadros mostram a expansão linear da amostra e sua seção transversal. Assim possibilitando a visualização da morfologia dos poros, que tem grande influencia nas propriedades finais da espuma. A Tabela 2 mostra a densidade média de cada condição, medida pelo método de Arquimedes. Todas as amostras obtidas com a temperatura de expansão de 740°C apresentaram colapso, atingindo uma temperatura muito alta provocando o surgimento de alta quantidade de fase líquida [13] e por esse motivo essa condição não foi favorável para obtenção de espumas de alumínio, sendo descartada essa condição. Nas condições de 0,8 e 1,0% TiH₂ com temperatura de espumagem de 680°C, não apresentaram bons resultados, pois a expansão não foi suficiente para obter poros consideráveis, apresentando uma densidade média alta de 1,240 e 1,097g/cm³ respectivamente.

Quadro 1: Espumas obtidas com 0,8% de TiH₂.

T, °C	0,8% TiH ₂	
680		
710		
740		X

Provavelmente isso ocorreu devido à temperatura baixa, não sendo suficiente para ocorrer o surgimento de uma condição semi-

sólida que seja possível a formação de poros consideráveis. Nas condições com 1,2% de TiH₂ e temperatura de espumagem a 680 e 710°C

apresentaram boa expansão linear e densidade, porém pela avaliação da secção transversal apresentou poros muito grandes e não homogêneos, devido ao coalescimento destes. Muito provavelmente causado pelo alto teor de agente espumante, provocando vários pontos de surgimento de poros e facilitando o posterior coalescimento.

O melhores resultado encontrados foram na condição de 1,0% de TiH₂ com temperatura de espumagem de 710°C, onde ocorreu uma boa

expansão linear e a distribuição e tamanho dos poros foram homogêneos, com aspecto esférico e com poucos defeitos. Essas condições são favoráveis para obter boas propriedades finais. A densidade média nessa condição foi de 0,717g/cm³. Esses parâmetros de processo divergem um pouco com outros autores [11], pois a obtenção de espumas metálicas é particular a cada situação, dependendo do tipo de forno utilizado e sistema de espumagem.

Quadro 2: Espumas obtidas com 1,0% de TiH₂.

T, °C	1,0% TiH ₂	
680		
710		
740		X

Quadro 3: Espumas obtidas com 1,2% de TiH₂.

T, °C	1,2% TiH ₂	
680		
710		
740		X

Tabela 2: Densidade média das espumas em cada situação em g/cm³.

T, °C	% TiH ₂		
	0,8	1,0	1,2
680	1,240	1,097	0,806
710	0,911	0,717	0,652
740	X	X	X

4. Conclusões

Neste trabalho foi possível observar os melhores parâmetros para obtenção de espuma de alumínio via metalurgia do pó. A melhor condição encontrado foi utilizando o 1,0% em massa de TiH₂ como agente espumante, misturado com pó de alumínio por 2 horas, compactado a 450MPa e espumado a 710°C por 10 minutos, apresentando uma boa expansão linear e distribuição e tamanho de poros homogêneo com aspecto esférico, fator muito importante nas propriedades da espuma metálica. Essa condição pode ainda se mudada pela liga de alumínio utilizada, alguns elementos como: magnésio e silício diminuem o ponto de fusão da liga, teoricamente diminuindo também a temperatura de espumagem. Outros estudos ainda podem ser realizados, como a variação do tempo e temperatura, fixando a quantidade do agente espumante.

Agradecimentos

Os autores agradecem as empresas Alcoa e Brats pelo fornecimento de matéria-prima e ao CNPq.

Referencias

- [1] Ashby M.F., Evans A.G., Fleck N.A., Gibson L.J., Hutchinson J.W., Wadley H.N.G.. *Metal foams — a design guide*. Butterworth-Heinemann, Londres, 2000.
- [2] Banhart J. Functional applications. *Handbook of Cellular Metals: production, processing, application*, Editores: H.-P. Degischer, B. Kriszt, 313-320, Wiley-VCH, Weinheim, 2002.
- [3] Haijun Y., Guangchun Y., Xiaolin W., Yihan L., Hongbin L. Sound insulation property of Al-Si closed-cell aluminum foam sandwich panels. *Applied Acoustics*. V. 68, n. 11-12, p. 1502–1510, 2007.
- [4] Schwingel D., Seeliger H. W., Vecchionacci C., Alwes D., Dittrich J., Aluminium foam sandwich structures for space applications. *Acta Astronautica*. V. 61, n. 1-6, p. 326 – 330, 2007.
- [5] Banhart J. Aluminium foams for lighter vehicles. *International Journal of Vehicle Design*, v. 37, p. 114–125, 2005.
- [6] Daxner T., Böhm H.J., Seitzberger M., Rammerstorfer F.G.. Modelling of cellular metals. In H.-P. Degischer and B. Kriszt, editors, *Handbook of Cellular Metals*, p. 245–280. Wiley-VCH, Weinheim, Alemanha, 2002.
- [7] Banhart J.. Manufacturing routes for metal foams. *Journal of Metals*. V. 52, p. 22-27, 2000.
- [8] Banhart J., Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metallic foams. *Progress in Materials Science*, v. 46, p. 559–632, 2001.
- [9] Wadley, H. N. G., Cellular Metals Manufacturing. *Advanced Engineering Materials*. V. 4, n. 10, p. 723-733, 2002.
- [10] Baumgärtner F., Duarte I., Banhart J., Industrialisation of P/M foaming process. *Advanced Engineering Materials*, v. 2, p. 168–174, 2000.
- [11] Zeppelin F., Hirscher M., Stanzick H., Banhart J., Desorption of hydrogen from blowing agents used for foaming metals. *Composite Science and Technology*, v. 63, p. 2293–2300, 2003.
- [12] Rabiei A., Vendra L.J. A comparison of composite metal foam's properties and other comparable metal foams. *Materials Letters*, v. 63, n. 28, p. 533–536, 2009.
- [13] Duarte I., Banhart J., A study of aluminium foam formation – kinetics and microstructures. *Acta Materialia*, v. 48, n. 9, p. 2349-2362, 2000.