

EFEITO DE DRENAGEM EM ESPUMAS DE LIGA DE ALUMÍNIO SILÍCIO EUTÉTICO UTILIZANDO PROCESSO SIMILAR AO ALPORAS

FILHO, M.O.^{1*}; JUNIOR, A.C.S¹; NAKAZATO, A.Z.²; ASSIS, W.L.S.²;
FERRANDINI, P.L.¹

1 - Departamento de Materiais e Tecnologia - Universidad Estadual Paulista - Unesp

2 - Escola de Engenharia de Volta Redonda – Universidade Federal Fluminense – UFF

* Rua Sebastião Jose Rodrigues, Nº 35, Apto 1104, Campos Eliseos, Resende – RJ, CEP 27542060, mauriciooliveirafilho@hotmail.com.

RESUMO

Os materiais celulares apresentam conjunto de propriedades bastante particular, o que os torna muito interessantes para aplicações específicas em diversos setores industriais, como de construção civil, automobilística e naval. Duas das dificuldades principais para a popularização das espumas é a dificuldade de processo e os altos custos de produção. Portanto, esse trabalho visa analisar o efeito de drenagem em quatro amostras produzidas com CaCO₃ como agente espumante, pois esse é de baixo custo comparado ao TiH₂ do processo convencional ALPORAS e produz espuma com poros uniformes e bem distribuídos. Para a produção dessas amostras, foi fixado a temperatura de 700°C para todo o processo, tempo de mistura de 180 segundos, tempos de expansão de 150 segundos e 3,5% em massa de agente espumante. Com isso as amostras foram cortadas transversalmente e foi analisado qual foi o efeito da drenagem na densidade aparente, densidade relativa e porosidade. Sendo que em todas as amostras foi notado região livre de bolhas.

Palavras-chaves: Densidade gradual, CaCO₃, Porosidade, Poros fechados, Rota líquida

INTRODUÇÃO

Espumas de alumínio são materiais que tem características bem particulares. Devido as suas características, de ser um material metálico repleto de vazios (alta porosidade), combina propriedades típicas dos materiais metálicos com às propriedades dos materiais celulares⁽¹⁾. Espumas tem ótimas características de absorção acústica, térmica, vibração mecânica, tendo um aumento da performance da resistência mecânica em elementos estruturais, não sendo inflamáveis e são recicláveis^(1,2). Atualmente, existem inúmeras técnicas para a produção de espumas de alumínio. Dentre essas técnicas, o processo convencional ALPORAS, desenvolvido pela empresa Japonesa Shinko Wire, Ltd, torna-se um processo muito interessante. Uma vez que é um processo com alta produtividade, de fabricação mais barata, melhor homogeneidade de poros e com a patente expirada^(3, 4). No entanto a utilização de Ca como agente estabilizador e TiH_2 como agente espumante, encarecem esta técnica, pois são insumos de custo considerável. Com o surgimento de novos materiais, a utilização desse processo vem se demonstrado interessante, porque duas principais razões que dificultam a utilização das espumas na indústria, são a dificuldade do controle de processo e o alto custo de produção⁽⁵⁾. Portanto, como o $CaCO_3$ tem o custo inferior ao TiH_2 , tem o comportamento termogravimétrico melhor (dissociando-se a temperaturas superiores), como não precisa de agente estabilizador e tem boa uniformidade de espuma^(6, 7, 8). Tal material se torna uma ótima opção. Contudo o efeito de drenagem, que é o escoamento do líquido por entre as paredes dos poros por efeito da gravidade, é um efeito que aparece constantemente na produção de espumas⁽⁹⁾. As formas de prevenir esse efeito são a utilização de agente estabilizador e a utilização de um agente espumante com maior dissociação de gás⁽¹⁰⁾. Com a dissociação de CO_{2g} do $CaCO_3$ sob temperaturas elevadas, este tende a reagir com o alumínio líquido, formando óxidos no banho⁽¹¹⁾. Esses óxidos aumentam a viscosidade do banho e reduzem a influência do efeito de drenagem⁽¹²⁾. Logo, como esse efeito é reduzido, analisar por diferença do efeito por densidade gradual é uma via interessante, visto que as paredes dos poros tendem a aumentar, em relação a altura⁽¹¹⁾⁽¹³⁾. O presente trabalho visa

analisar o efeito de drenagem por densidade gradual aparente, densidade gradual relativa e porosidade de espumas produzidas com liga alumínio silício eutética, visto que essas tem baixa viscosidade (14, 15, 16, 17). Logo sendo um material crítico para a produção deste material.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais:

Os materiais utilizados foram alumínio silício eutético. O carbonato de cálcio com PM 100,09 e teor de pureza de 99%, sendo que este foi adquirido pela empresa Lasynth. Sendo que, para conhecer o agente espumante utilizado, foi feito o raios x, com $2\theta=10^\circ$ a 90° , 25mA, 40 KV, fenda de 0,6 mm e com passo de 0,02. A análise termogravimétrica foi feita usando atmosfera não controlada, até 1000°C e com uma taxa de aquecimento de $3,5^\circ\text{C}/\text{min}$.

Métodos

As espumas foram obtidas através dos seguintes passos: fusão de 0,45Kg gramas da liga de alumínio eutética em um forno mufla a 700°C , o alumínio é vertido em um cadinho de 84 mm contendo 3,5% em massa de CaCO_3 , posteriormente esse cadinho é levado a um forno contendo um misturador mecânico, este material é misturado por 180 segundos e a uma temperatura de 700°C , em seguida o rotor com pás é retirado do forno e o material é deixado por 150 segundos de expansão, finalmente após a expansão o material semi-líquido e repleto de bolhas é retirado do forno para o resfriamento.

Posteriormente o material foi seccionado longitudinalmente, formando um bloco retangular de aproximadamente 40 mm de espessura, para que assim com o auxílio de uma máquina de corte de disco o material foi seccionado transversalmente de 20 em 20 mm, até 80 mm da base da amostra. Os materiais seccionados foram secos em uma estufa a 150°C e posteriormente foram analisadas suas dimensões e com o auxílio de uma balança, serão analisadas as respectivas massas. Com a massa é possível obter a densidade aparente. Sendo que está é obtida dividindo a massa pelo volume da amostra.

Com a densidade é possível obter a densidade relativa conforme Equação (A) e a porosidade, Equação (B).

$$\rho = \rho^* / \rho_s \quad (\text{A})$$

Onde, ρ^* é a densidade da espuma e ρ_s é a densidade do material constituinte

$$\theta = 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \quad (\text{B})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as análises termogravimétricas e de raios x, é possível observar na Figura 1(a) que o material, pela curva da derivada, tem a maior perda de massa por volta de 900°C e que a temperatura de 700°C, o material perde por volta de 9,25% de massa, sendo que esta é a temperatura do processo. Já o raios x, como é possível observar na Figura 1(b) os picos correspondem aos picos característicos do CaCO_3 .

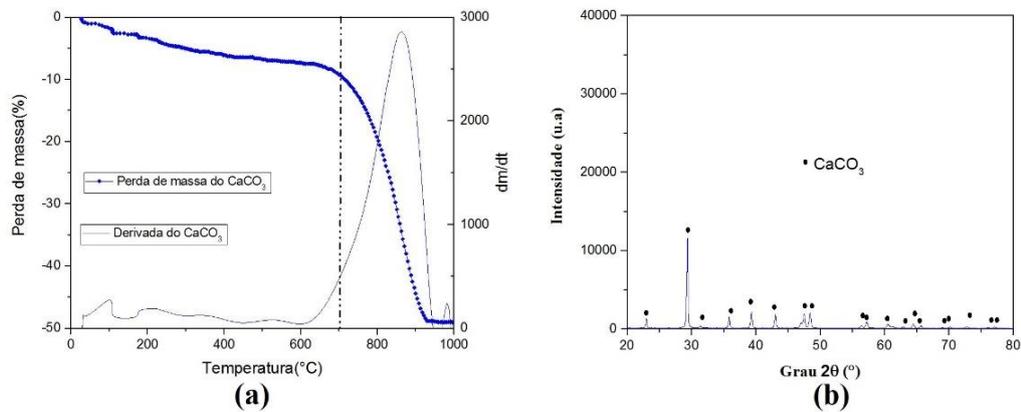


Figura 1- Análise do CaCO_3 (a) análise termogravimétrica (b) análise por raios-x

O material foi analisado conforme a Figura 2, nesta é possível observar a tendência do fluido escoar por entre as paredes e se depositar no fundo do cadinho.



Figura 2 – Direção do efeito gravitacional sobre a amostra.

Já nas amostras seccionadas, a análise gradual foi uma ferramenta importante pois demonstra como o efeito de drenagem afeta a densidade do material produzido. Em relação a densidade aparente, com o auxílio das medidas e da massa é possível obter as densidades média de cada região, sendo que esta variação pode ser observada na Figura 3.

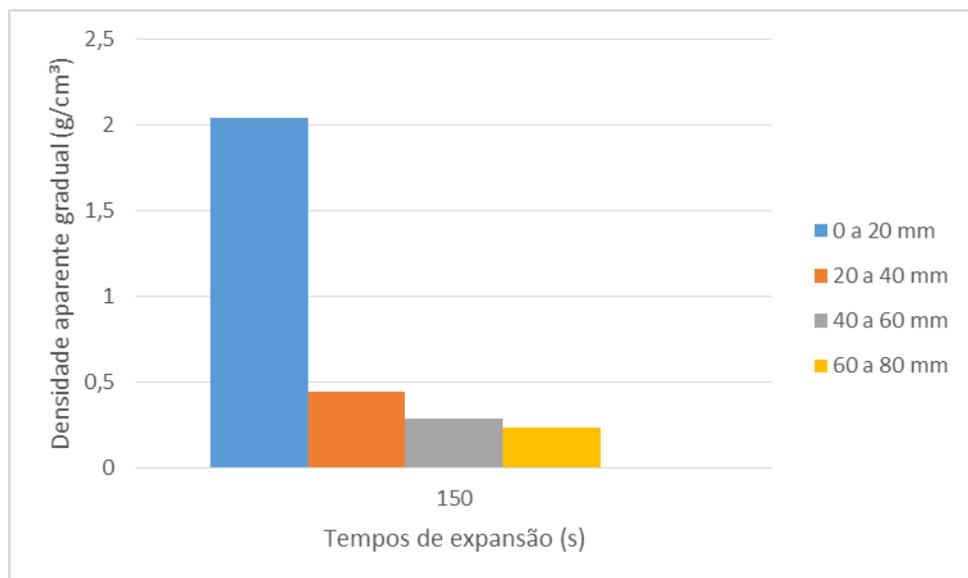


Figura 3 – Densidade gradual aparente do material.

Em relação a densidade relativa, com o auxílio da Equação (A), é possível obter a densidade relativa média por diferentes alturas, como pode ser observado pela Figura 4.

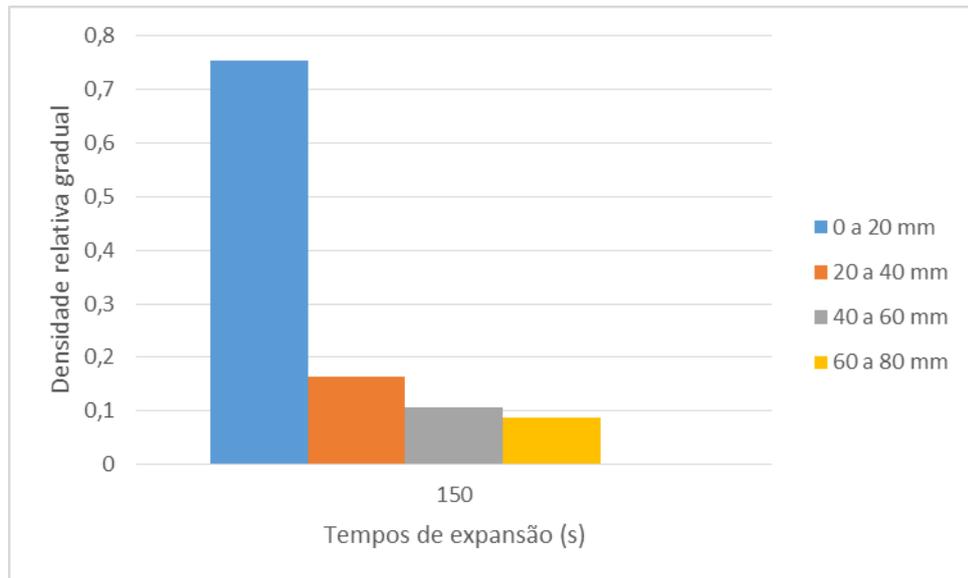


Figura 4 - Influência do efeito gravitacional sobre a densidade relativa gradual.

Para a análise de porosidade, com o auxílio da Equação (B), é possível obter a Figura 5. Nesta é possível observar o efeito de drenagem, pois o material obteve porosidade média de aproximadamente 20%, sendo que essa porosidade, segundo a literatura, não pode ser chamada de espuma. Todavia, as regiões de 20 a 40 mm, 40 a 60 mm e 60 a 80 mm apresentaram porosidades acima de 80%, portanto tendo alta porosidade e podendo ser chamado de espumas.

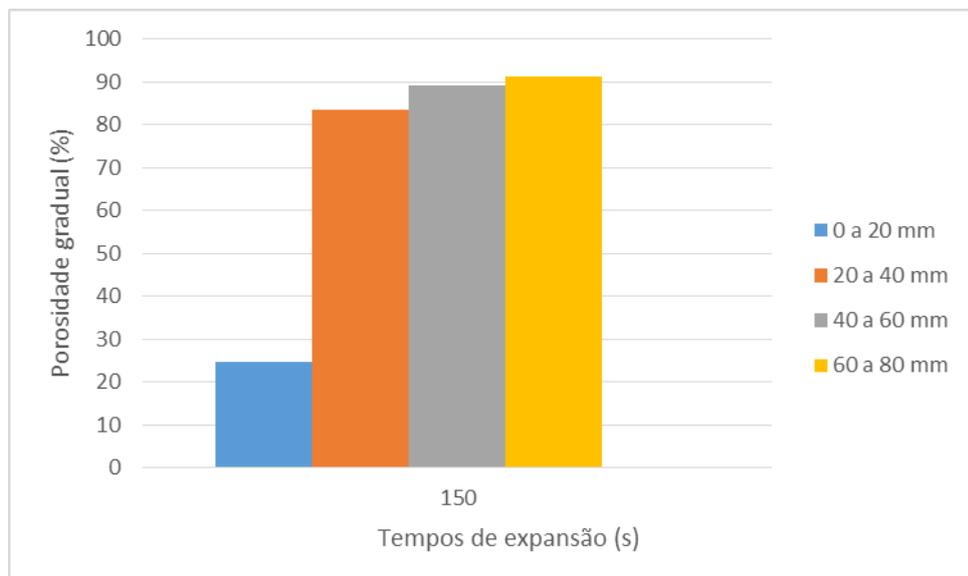


Figura 5 - Influência do efeito gravitacional sobre a porosidade gradual.

CONCLUSÕES

Conclui-se com esse trabalho que o efeito de drenagem influenciou a não uniformidade do material produzido. Esta pode ter sido intensificada pela baixa viscosidade da liga de alumínio silício eutético. Regiões próximas ao fundo da amostra apresentaram baixa porosidade, logo valores de densidade aparente e densidade relativas superiores das demais regiões. Portanto para ligas alumínio silício eutética, existe a possibilidade da utilização de partículas estabilizadoras para a redução do efeito de drenagem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Unesp por todo o suporte para a realização desse projeto, a CAPES pela bolsa de mestrado e ao LABSYNTH pelo carbonato de cálcio doado.

REFERÊNCIAS

- [1] M. F. Ashby, A. Evans, N. a Fleck, L. J. Gibson, J. W. Hutchinson, and H. N. . Wadley, "Metal foams: a design guide," *Mater. Des.*, vol. 23, no. 1, p. 119, Feb. 2002.
- [2] B. Bauer, S. Kralj, and M. Bušić, "PRODUCTION AND APPLICATION OF METAL FOAMS IN CASTING TECHNOLOGY," *Teh. Vjesn. Tech. Gaz.*, vol. 20, no. 6, pp. 1095–1102, 2013.
- [3] J. Banhart, "Light-Metal Foams-History of Innovation and Technological Challenges," *Adv. Eng. Mater.*, vol. 15, no. 3, pp. 82–111, Mar. 2013.
- [4] F. García-Moreno, "Commercial Applications of Metal Foams: Their Properties and Production," *Materials (Basel)*, vol. 9, no. 2, p. 85, Jan. 2016
- [5] T. Nakamura, S. V. Gnyloskurenko, K. Sakamoto, A. V. Byakova, and R. Ishikawa, "Development of New Foaming Agent for Metal Foam.," *Mater. Trans.*, vol. 43, no. 5, pp. 1191–1196, 2002.
- [6] A. V. Byakova, S. V. Gnyloskurenko, A. I. Sirko, Y. V. Milman, and T. Nakamura, "The Role of Foaming Agent in Structure and Mechanical Performance of Al Based Foams," *Mater. Trans.*, vol. 47, no. 9, pp. 2131–2136, 2006.
- [7] A. Byakova, I. Kartuzov, S. Gnyloskurenko, and T. Nakamura, "The Role of Foaming Agent and Processing Route in Mechanical Performance of Fabricated Aluminum Foams," *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2014, no. 4, pp. 1–9, May 2014.

- [8] M. Haesche, D. Lehmus, J. Weise, M. Wichmann, and I. C. M. Mocellin, "Carbonates as Foaming Agent in Chip-based Aluminium Foam Precursor," *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 9, pp. 845–850, Jan. 2010.
- [9] F. Garcia-moreno, M. Mukherjee, C. Jimenez, and J. Banhart, "X-Ray Radioscopy of Liquid Metal Foams under Microgravity," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 62, no. October, pp. 451–454, 2009.
- [10] V. Gergely and B. Clyne, "The FORMGRIP process: foaming of reinforced metals by gas release in precursors," *Adv. Eng. Mater.*, vol. 2, no. 4, pp. 175–178, 2000.
- [11] J. D. Bryant, J. A. Kallivayalil, M. D. Crowley, J. R. Genito, L. F. Wieserman, D. M. Wilhelmy, and W. E. Boren, "Method for producing foamed aluminum products by use of selected carbonate decomposition products," US 7,452,402 B2, 2008.
- [12] K. Kadoi and H. Nakae, "Relationship between Foam Stabilization and Physical Properties of Particles on Aluminum Foam Production," *Mater. Trans.*, vol. 52, no. 10, pp. 1912–1919, 2011.
- [13] S.-Y. He, Y. Zhang, G. Dai, and J.-Q. Jiang, "Preparation of density-graded aluminum foam," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 618, pp. 496–499, Nov. 2014.
- [14] M. Aboaraia, R. Sharkawi, and M. A. Doheim, "Production of aluminium foam and the effect of calcium carbonate as a foaming agent," *J. Eng. Sci.*, vol. 39, no. 2, pp. 441–451, 2011.
- [15] L. Salvo, G. Martin, M. Suard, A. Marmottant, R. Dendievel, and J.-J. Blandin, "Processing and structures of solids foams," *Comptes Rendus Phys.*, vol. 15, no. 8–9, pp. 662–673, Oct. 2014.
- [16] M. Taherishargh, M. a. Sulong, I. V. Belova, G. E. Murch, and T. Fiedler, "On the particle size effect in expanded perlite aluminium syntactic foam," *Mater. Des.*, vol. 66, pp. 294–303, 2015.
- [17] G. O. Verran, J. J. Paloschi, and E. N. Araujo, "Um método alternativo para avaliação da fluidez em ligas Al-Si e Al-Mg," Joinvile, 2002.

DRAINAGE EFFECT IN EUTECTIC AL-SI FOAM USING SIMILAR ALPORAS PROCESS

Cellular materials have particular properties. This properties are very interesting in various type of industries, as construction, automobile and shipbuilding. Two reasons why metal foams are apply in more companies are difficult process control and high production costs. Therefore, this study aims to analyze the drainage effect in four samples produced with alloy Al-Si eutectic using CaCO_3 as foaming agent, since this is low cost than TiH_2 used normally in Alporas process and this foam have well pores uniform. For these samples has been used 700°C during all process, mixing time was 180 seconds, holding time was 150 seconds and 3,5 w.t% CaCO_3 . Therefore, these samples were cut transversally and analyzed whats were the drainage effect on the apparent density, relative density and porosity. The free zone bubbles were noticed in all the samples.

Keywords: Gradual density, CaCO_3 , Porosity, closed cell, liquid route.