ISSN: 2594-6153

Caracterização Microestrutural da Liga Al-4%Cu-1%Mg solidificada em Regime Transiente

Carlos Maranhão Piorski Junior[1], Wallace Alfredo Travassos Junior[1], Felipe Bertelli[1,2]

[1]Universidade Santa Cecília, Santos-SP, Brasil
[2]Universidade Federal de São Paulo, Santos-SP, Brasil

e-mail: carlospiorski@gmail.com

Resumo: Os elementos Mg e Cu, quando adicionados ao alumínio, permitem a obtenção de uma liga metálica com melhores propriedades mecânicas, graças à formação de precipitados de alta resistência. Neste trabalho, uma liga Al-4%Cu-1%Mg foi solidificada em regime transiente de extração de calor e, posteriormente, foi feita a caracterização microestrutural para identificar o grau de refino e tipo de estrutura bruta obtida. Foi encontrada a microestrutura dendrítica ao longo de todo o lingote, sendo que próximo à região do molde os valores de espaçamentos dendríticos primários estavam na ordem de 25 µm e, na região à 40 mm da interface metal/molde, valores de aproximadamente 100 µm.
Palavras-chave: Ligas Al-Cu-Mg. Microestrutura, Macroestrutura, Solidificação.

Microstructural characterization of Al-4%Cu-1%Mg alloy solidified in transient heat flow

Abstract: The elements Mg and Cu, when added to aluminum, allow obtaining a metallic alloy with better mechanical properties, because to the formation of high resistance precipitates. In this work, an Al-4%Cu-1%Mg alloy was solidified in a transient heat extraction regime and, subsequently, a microstructural characterization was carried out to identify the degree of refining and the type of crude structure obtained. The dendritic microstructure was found throughout the ingot, and close to the mold region, primary dendritic spacing values were in the order of 25 µm and, in the region 40 mm from the metal/mold interface, values of approximately 100 µm.

Keywords: Al-Cu-Mg alloys. Microstructure. Macrostructure. Solidification.

Introdução

O alumínio possui qualidades que o fazem ser um dos metais mais utilizado no mundo. Características como leveza, ductilidade, resistência a esforços mecânicos já o tornam extremamente funcional [1]. As propriedades mecânicas do alumínio podem ser modificadas por adição de elementos de liga e tratamentos térmicos. Essas modificações permitem que estas ligas apresentem uma ampla gama de propriedades. Entre os principais elementos de ligas de alumínio destacam-se o cobre, magnésio, silício e o zinco [2-3]. O cobre por sua alta solubilidade aumenta a resistência da liga através de tratamentos térmicos [4]. O magnésio forma compostos intermetálicos com o alumínio e o cobre, fortalecendo a estrutura da liga [5].

A solidificação unidirecional é uma técnica muito utilizada nas avaliações da macroestrutura e microestrutura de ligas fundidas. Os parâmetros térmicos da solidificação precisam ser conhecidos para que essas estruturas possam apresentar as propriedades mecânicas desejadas

ISSN: 2594-6153

em um processo de fabricação industrial, pois definem a estrutura interna final [6, 7].

As ligas de alumínio que aceitam tratamento térmico podem ter suas propriedades melhoradas ao passarem por tratamento de envelhecimento ou precipitação.

O presente trabalho é parte de uma dissertação de mestrado em fase de conclusão, onde futuramente serão feitos tratamentos térmicos para aumento de dureza da liga proposta. É preciso incialmente caracterizar a microestrutura formada para definição dos tratamentos térmicos posteriores.

Objetivo

O presente trabalho teve por objetivo solidificar uma liga Al-4%Cu-1%Mg, em regime transiente de extração de calor, a fim de se caracterizar uma ampla faixa de microestruturas de solidificação.

Materiais e Métodos

Foram utilizados alumínio, cobre e magnésio comercialmente puros na obtenção de uma liga contendo 4% em peso de cobre e 1% em peso de magnésio. Após a pesagem, os elementos de liga foram fundidos em um cadinho de carbeto de silício, recoberto internamente com alumina, que foi inserido e aquecido a 850 ºC em um forno mufla. Após a fusão, foram removidos os óxidos da superfície líquida, homogeneizada a liga e injetado gás argônio durante dois minutos para eliminar gases.

Depois da homogeneização, a liga foi vazada em uma lingoteira cilíndrica bipartida de aço 310 com 150 mm de altura e 60 mm de diâmetro, recoberta internamente com alumina, e contendo um molde na base, de aço 1020, lixado até 600 *mesh*. A lingoteira foi mantida e pré-aquecida a 600 °C no interior de um dispositivo de solidificação controlado por resistências. A chapa molde, posicionada na base da lingoteira, foi resfriada com água à temperatura ambiente e vazão aproximada de 18 l/s. A temperatura *liquidus* da liga obtida pelo *Thermocalc Software* foi de 645 °C [8]. Foi mantido no começo do experimento um superaquecimento de 5% em relação a temperatura *liquidus*. A macroestrutura foi feita na superfície longitudinal do lingote que foi lixada até granulometria 600 *mesh* e depois atacada com ácido fluorídrico 2%.

As amostras para a microestrutura foram obtidas nas posições 5, 10, 40 mm da interface metal/molde, transversalmente ao sentido de solidificação. Foram lixadas até 1200 *mesh*, polidas em pano com pasta de diamante de 1 µm e atacadas com ácido fluorídrico 0,5%.

Resultados e Discussões

ISSN: 2594-6153

A macroestrutura de solidificação é apresentada na Figura 1. Pode ser observado que, próximo à base refrigerada, os grãos colunares são mais refinados e, à medida que se tomam posições mais afastadas no sentido da solidificação, os grãos apresentam-se mais grosseiros.

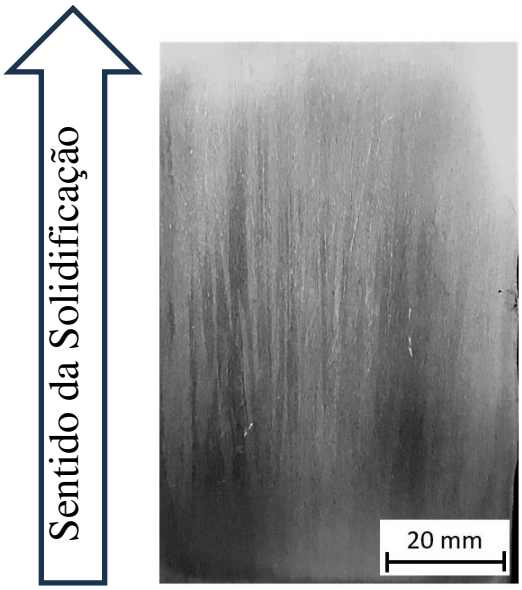
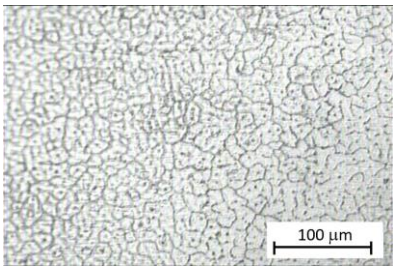
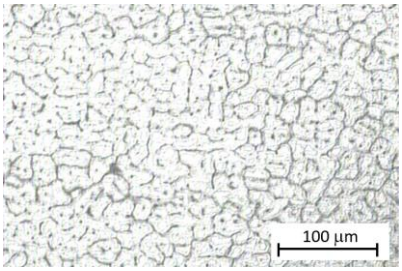
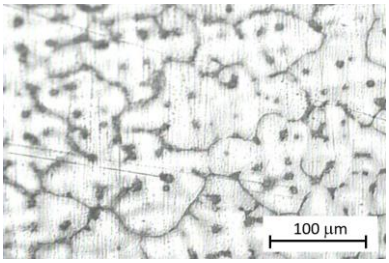


Figura 1. Macroestrutura apresentando grãos colunares

A morfologia típica da microestrutura mostrou-se totalmente dendrítica, conforme pode ser observado em diversas posições na Tabela 1. As medidas dos espaçamentos dendríticos primários em função da posição podem ser vistos na Figura 2, com a equação de ajuste.

Tabela 1 – Microestruturas típicas da liga Al-4%Cu-1%Mg

		
Posição 5 mm	Posição 10 mm	Posição 40 mm

ISSN: 2594-6153

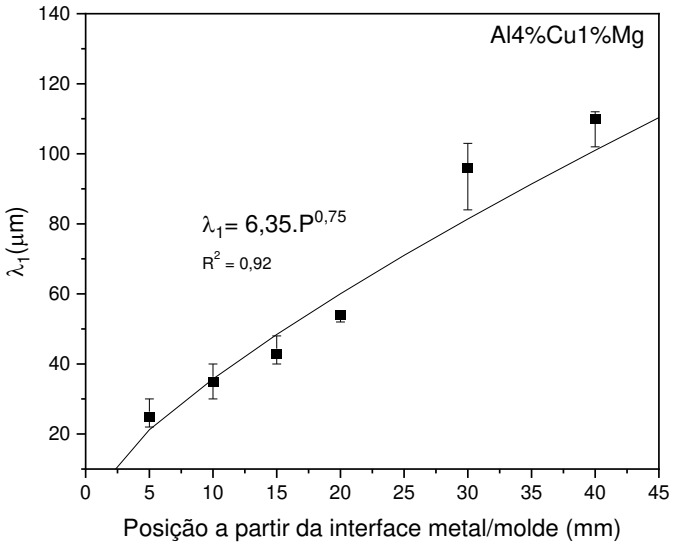


Figura 2. Espaçamento dendrítico primário em função da posição.

As regiões próximas à interface metal/molde apresentaram as maiores taxas de resfriamento durante a solidificação.

À medida que se tomaram posições mais afastadas, uma resistência à transferência de calor foi aumentando, devido à formação de uma casca sólida solidificada, bem como contrações na interface metal/molde, que geraram descontinuidades de contato entre a superfície do molde e a liga solidificada.

Essa região é conhecida como *gap*, pois forma-se uma microrregião contento ar, e é menos efetiva na transferência de calor. O resultado é a obtenção de microestruturas sempre mais refinadas próximas da interface de transferência de calor, conforme observado neste experimento.

O grau de refino depende de inúmeros fatores, com as propriedades termofísicas da liga, a molhabilidade do metal fundido na superfície do molde, as propriedades termofísicas do molde e a forma de resfriamento do molde.

Conclusões

O estudo da liga Al-4%Cu-1%Mg que foi solidificada em regime transiente ascendente gerou algumas conclusões. A macrografia apresentou uma estrutura totalmente colunar, com grãos mais refinados em posições perto da interface metal/molde e estrutura mais grosseira em posições mais distantes. A micrografia apresentou menor espaçamento dendrítico primário nas posições iniciais, com uma média aproximada de 26 µm entre dois braços primários. O espaçamento aumentou com a diminuição da taxa de resfriamento, com valor de 117 µm na posição 40 mm.

ISSN: 2594-6153

Referências

1. ROSSI, V.L. Influência da composição química e dos parâmetros de processo sobre a Resistência à corrosão em peças fundidas usando as ligas de alumínio 356 e A 356. Dissertação de mestrado. UDESC. Joinville, 2004.

2. DAVIS, J.R. Aluminium and aluminium alloys. 6 ed. Ohio: ASM International, 2007.

3. ZOLOTOREVKY, V. S; BELOV, N.A; GLAZOFF, M. V. Casting Aluminum Alloys. Elsevier. Moscou, 2007.

3. SPINELLI, J.E., ROSA, D.M., FERREIRA, I.L., et al. Influence of melt convection on dendritic spacings of downward unsteady-state directionally solidified Al-Cu alloys. Materials Science and Engineering A, v. 383, pp. 271-282, Oct. 2004.

4. LEE, H., ET AL. Effects of Mg addition on the microstructure and mechanical properties Al-Cu-Mg alloys. *Metals*, 8(7), 559. 2018

5. GARCIA, A. Solidificação – Fundamentos e Aplicações. Editora da Unicamp, 2ª ed., 2007.

6. CALLISTER JR, W.D.; RETHWISCH, D.G. Ciência e Engenharia dos Materiais uma Introdução. LTC, 8ª ed. Rio de Janeiro, 2012.

8. THERMO-CALC SOFTWARE, v.4, Stockholm, Sweden, 2008.