cbecimat26
26º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

ANÁLISE DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO, MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DA LIGA ALUMÍNIO AA6061 COM ADIÇÃO DE CÉRIO

Cláudio Hideki Uchida[1]; Givanildo Alves dos Santos[1]; Rogerio Teram[1], Maurício Silva Nascimento[1];Vinícius Torres dos Santos[2]; Márcio Rodrigues da Silva[2]; Flávia Gonçalves Lobo[2]; Daniel Ayarroio Seixas[2]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo; [2] Termomecanica São Paulo S. A.

Introdução

As ligas de alumínio do sistema Al-Mg-Si apresentam ampla aplicação industrial devido à combinação favorável entre propriedades mecânicas, baixa densidade e resistência à corrosão. Este trabalho avaliou o impacto da adição do cério na liga comercial AA 6061.

Objetivos

Investigar o processo de solidificação unidirecional ascendente através do estudo das variáveis térmicas de solidificação, caracterização da macro e microestrutura e medição da dureza e condutividade térmica da liga comercial de alumínio AA6061 sem e com adição de cério.

Metodologia

O vazamento dos lingotes foi realizado em um forno que possui resistências laterais que aquecem a liga dentro da lingoteira de aço inoxidável revestida com cimento refratário com termopares posicionados na lateral a 4, 8, 12, 16, 25, 35, 53 e 75 mm em relação a base. O calor foi retirado através da base da lingoteira com jato d'água direcionado. Dados de temperatura por tempo foram obtidos através de um aquisitor de dados para estudo das variáveis térmicas de solidificação. Após a solidificação, foram realizadas análises macro e microestruturais, de dureza Vickers (HV3) e condutividade elétrica (%IACS).

Resultados e Discussão

Com a adição de cério ficou evidente o refinamento dos grãos em análise macrográfica conforme mostrado na Figura 1.

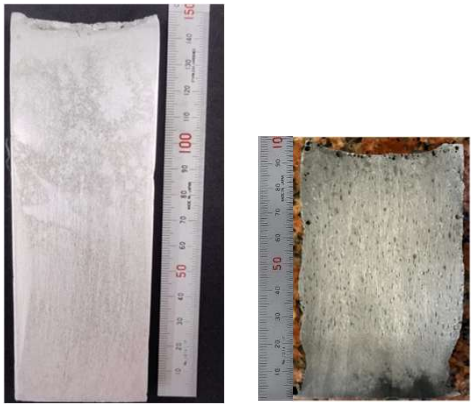


Figura 2. Macrografia longitudinal da liga AA 6061: sem cério (esquerda); com cério (direita). Reagente: Keller.

A Figura 2 mostra a taxa de resfriamento em função da posição dos termopares ao longo do lingote. Observa-se que a taxa de resfriamento foi menor na liga com cério.

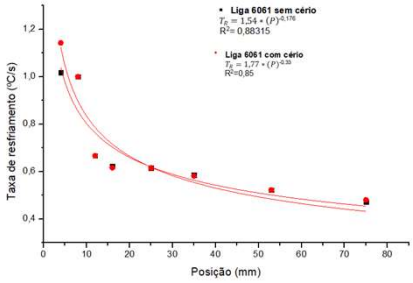


Figura 2. Gráfico de temperatura por tempo em função da posição do termopar.

A Figura 3 mostra as micrografias obtidas para as posição 4 e 75 mm em cada lingote obtido. É possível notar uma microestrutura mais refinada e contornos de grãos bem definidos na liga com cério.

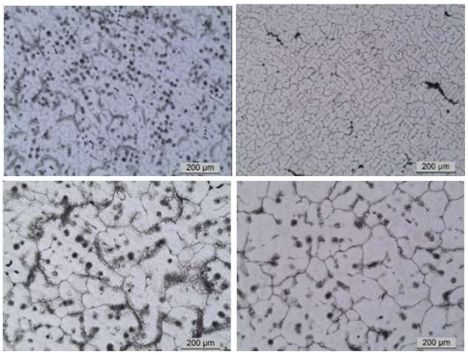


Figura 3. Análise microestrutural: sem cério - posição 4 mm e 75 mm (esquerda); com cério - posição 4 mm e 75 mm (direita). Reagente: Keller.

A Tabela 1 mostra a dureza média (HV3) para a posição de 4 mm e o valor da condutividade elétrica (%IACS). Nota-se uma tendência a redução destes dois parâmetros na liga com cério.

Tabela 1. Valores de dureza e condutividade elétrica dos lingotes obtidos.

Parâmetro	AA6061 s/ Ce	AA6061 c/ Ce
Dureza a 4 mm (HV3)	77,6 ± 1,2	65,35 ± 4,0
Condutividade Base (%IACS)	42,8	41,3

Conclusões

A adição de cério contribuiu para o refinamento dos grãos e uma microestrutura mais definida, porém gerou uma redução de dureza e de condutividade elétrica.

Referências e Agradecimentos

Ao IFSP-SPO, pelo suporte e infraestrutura e à Termomecanica São Paulo S. A., pela doação e ensaios da liga AA6061, reitero que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

GARCIA, A. **Solidificação: fundamentos e aplicações.** 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

LOBO, F. G. *et al*. **Effects of thermal variables of solidification on the microstructure and hardness of the manganese bronze alloy Cu-24Zn-6Al-4Mn-3Fe.** Metals, v. 14, n. 10, p. 1186, 2024.