



IMPLICAÇÃO DA ADIÇÃO DE NÚCLEOS HETEROGÊNEOS NAS PROPRIEDADES DA LIGA Al-7%Si QUANDO FUNDIDAS EM MOLDES DE AREIA

Odivaldo Celso da Silva

Aluno: Centro universitário do Sul de Minas – UNIS-MG

odivaldocelco@ig.com.br

Fábio Gatamorta

Técnico: Universidade Estadual de Campinas UNICAMP-SP

fabio@fem.unicamp.br

Eugênio Zoqui

Prof.: Universidade Estadual de Campinas UNICAMP-SP

zoqui@fem.unicamp.br

Wanderley Xavier Pereira

Prof.: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

wpereira@varginha.com.br

Resumo: *Este trabalho objetivou estudar a influência do refino de grão que por sua vez tende a aumentar a resistência mecânica e a plasticidade de um liga durante a solidificação. Este refino se deu através da adição ou inoculação ao metal líquido, de elementos nucleantes (Al-Ti-Bo) em moldes de areia e compará-los com amostras fundidas sem a presença destes elementos. As comparações foram realizadas considerando o tamanho da microestrutura, ou seja, o tamanho dos grãos. Os resultados apontaram que os corpos de prova dotados dos elementos nucleantes foram os que produziram menores tamanhos de grão, da ordem de 37 μ m contra 56 μ m gerados sem a adição dos inoculadores, o que conseqüentemente garante melhores propriedades mecânicas.*

Palavras-chave: *Ligas Al-Si, Nucleação heterogênea, Refino Microestrutural e Propriedades Mecânicas.*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo prático do refino do grão é o aumento da resistência mecânica e da plasticidade de uma liga durante a solidificação. Em muitas ligas, essas melhorias nas propriedades são essenciais para sua aplicação industrial (ligas à base de alumínio), enquanto que em outras as vantagens práticas de um refino de grão são apenas marginais (Prades Filho&Davies, 1978).

Apesar do soluto agir como refinador de grão, sua ação nem sempre é eficiente para a obtenção de grãos finos e equiaxiais. Uma forma de contornar tal problema seria através da adição ou inoculação ao metal líquido, de núcleos heterogêneos, com alta potencia de nucleação, sob a forma de partículas finamente distribuídas. Esses inoculantes são distribuídos no metal líquido, por meio de um veículo volátil a eles previamente mesclado. Dessa forma, cada uma das partículas do inoculante atuará como um substrato localizado para a nucleação heterogênea da fase sólida (Flemings, 1995).

Na prática comercial, agentes nucleantes são adicionados para muitas ligas fundidas para produzir materiais com granulação mais fina. Como exemplos temos: titânio e boro para ligas de alumínio, ferro-silício para o ferro fundido (para nuclear a grafita), carbono para certas ligas de magnésio, e zircônio para outras (Fleming, 1985; Heine et al. 1981). Cobalto, zinco e outros materiais pulverizados e usados como revestimentos internos nas paredes dos moldes são eficiente

na nucleação de metais ferrosos. Em cada caso citado, presume-se que a forma de adição dos agentes nucleantes é formada com algum componente da fusão e sua composição atua como nucleador heterogêneo.

Diante deste cenário o presente trabalho objetiva estudar a influência do refino do grão da liga Al-7%Si, em moldes de areia, através da adição dos elementos nucleantes (Al-Ti-Bo) no tamanho da microestrutura e nas seguintes propriedades mecânicas, dureza e resistência à tração e plasticidade comparando os resultados com a solidificação sem a presença destes elementos.

2. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Para alcançar este objetivo foram fundidas em moldes de areia seis peças, três com adição dos agentes nucleantes (Al-Ti-Bo) e três sem a presença desses e depois mais três em moldes de aço sem os agentes nucleantes.

O molde de areia utilizado foi preparado com resina de cura a frio. A areia utilizada foi a silicosa módulo ARS 45-50 a cerca de 2800 g para cada metade do molde. A resina utilizada foi fenólica alcalina com designação comercial FENOTEC, a 2 % do peso da areia. O catalisador utilizado foi à base de Ester com designação comercial H30 a 20% do peso da resina. A moldagem foi realizada com compactação média.

A liga de alumínio foi introduzido no forno Elétrico dotado de cadinho de carbetto de silício revestido com alumina até alcançar uma temperatura de 700°C. Depois foi vazada nos seis moldes de areia e nos três moldes metálicos e por fim foi adicionado o refinador Al-Ti-Bo a 1% do peso da liga em três moldes de areia. A figura 1 abaixo mostra os moldes e cadinho utilizado nos experimentos.



Figura 1: a) Molde em processo de cura; b)- Cadinho; c) Molde com a liga Al-7%Si

Com todas as amostras solidificadas, realizou-se a preparação das mesmas para as análises metalográficas. Após cortadas e embutidas passaram pelas etapas de lixamento e polimento. Com as superfícies satisfatoriamente polidas as amostras foram atacadas por uma solução de 0,5 % de ácido fluorídrico por 10s, Após este ataque as mesmas foram lavadas com acetona e secadas com auxílio de ar quente.

As microestruturas das amostras foram analisadas por microscopia óptica e fotografadas. Para medidas do tamanho de grão foi utilizado o Método de Heyn, segundo o procedimento estabelecido na norma ASTM E112. Este método pode ser usado, independentemente da forma do grão, quando se conta o número de grãos cortados por uma linha-teste. Em linhas gerais, o diâmetro do grão é o comprimento médio do intercepto, sendo calculado pela fórmula:

$$d = \frac{L}{P_l \cdot M} \quad (1)$$

Onde: d - diâmetro do grão; L - comprimento total da linha teste; M - aumento dado no microscópio; P_1 - número de intercessões com contornos de grão.

Neste trabalho, o comprimento da linha teste foi: $L = 15\text{mm}$. Foram realizadas 10 contagens de interceptos de contornos de grão para cada amostra, e em seguida retirada a média do tamanho de grãos para as mesmas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios dos diâmetros de grão de cada amostra estão mostrados na tabela 1 e as microestruturas obtidas estão mostradas nas Figuras 2, 3 e 4.

Tabela 1- Diâmetro médio dos grãos obtidos para cada amostra fundida.

Amostra	Diâmetro médio dos Grãos μm			
	Cp1	Cp2	Cp3	Média
Sem Nucleantes	54	56	59	56,3
Com Nucleantes	37	35	38	36,7
Moldes de Aço	19	22	20	20,3

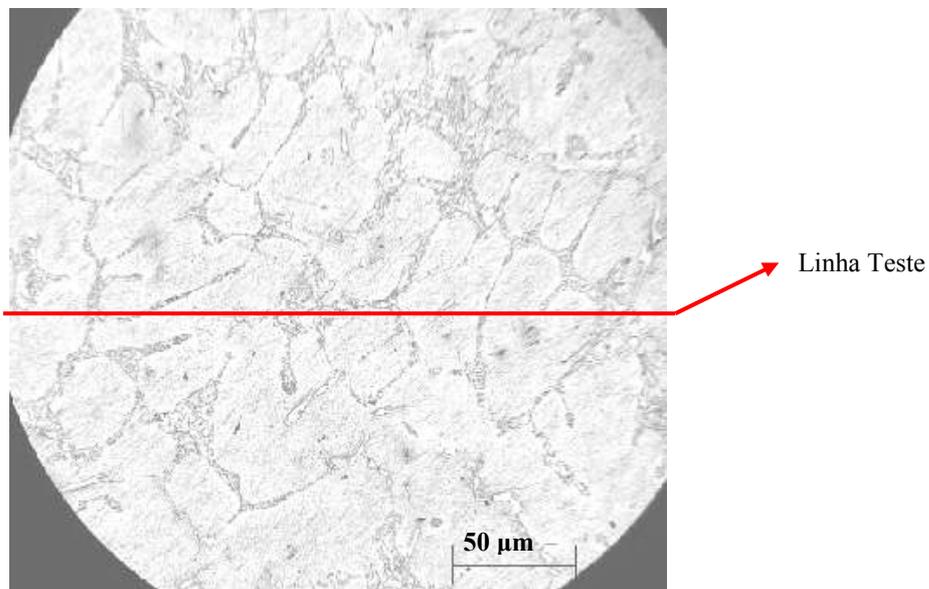


Figura 2: Microestrutura obtida para amostra sem agente nucleante em molde de areia com aumento de 100 x

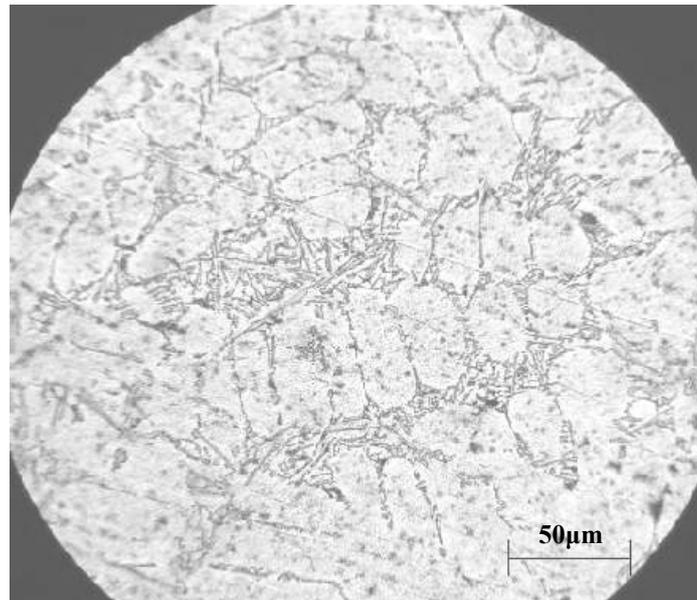


Figura 3: Microestrutura obtida para amostra com agente nucleante em molde de areia

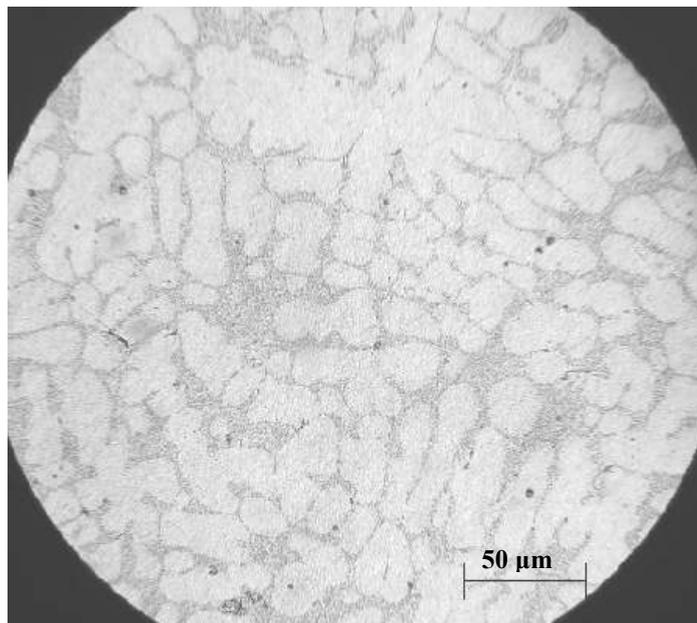


Figura 4: Microestrutura obtida para amostra em moldes de aço

Os resultados mostrados na Tabela 1 revelam claramente que a presença dos agentes nucleantes (Al-Ti-Bo) provocaram uma diminuição no tamanho de grão das amostras solidificadas e esta redução foi próxima a 35%.

A Figura 2 mostra o resultado da microestrutura da amostra solidificada em molde de areia sem a presença do nucleante que quando comparada a amostra da figura 3 solidificada com a presença de nucleantes percebe-se claramente que a presença dos agentes Al-Ti-Bo, melhoraram a capacidade de nucleação conseqüentemente uma microestrutura mais refinada foi gerada

A figura 4 apresenta o resultado da microestrutura da amostra solidificada no molde de aço. Essa amostra foi a que alcançou um menor tamanho de grão, da ordem de 20 µm, o que já era esperado pois quanto maior a taxa de extração de calor, ou seja, maior a velocidade de resfriamento mais rápido é o processo de solidificação, conseqüentemente um microestrutura mais refinada é gerada (Herlach, 19994). O objetivo da solidificação da liga em moldes de aço foi para estabelecer um compativo com a microestrutura gerada em moldes de areia com adição dos agentes nucleantes,

ou seja, para saber até que ponto as amostras resfriadas em moldes de areia com a presença de refinadores podem ser tornarem competitivas em termos de propriedades mecânicas e metalúrgicas às resfriadas em moldes de aço.

Os resultados obtidos na análise das microestruturas foram satisfatórios, pois se sabe que microestruturas menores (tamanhos de grãos menores) garantem melhores propriedades mecânicas, o que pode ser comprovado em ensaios de tração e impacto que não foi alvo deste trabalho.

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que amostras solidificadas em moldes de areia com os agentes refinadores *Al-Ti-Bo* promoveram uma redução no tamanho de grão da liga Al-7%Si. O estudo comprova ainda mais a eficiência de promover nucleação heterogênea em peças fundidas de ligas à base de alumínio, através da adição destes dos agentes *Al-Ti-Bo* se pode alcançar um maior efeito nucleante em peças fundidas em moldes de areia que tipicamente dificultam a taxa de extração de calor produzindo uma granulação mais grosseira.

5. AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG – Pelo auxílio Financeiro

A UNICAMP – Pela Cessão dos Recursos Laboratoriais (Laboratório de Usinagem).

6.REFERÊNCIAS

- Albertini, L.B., “Super-resfriamento de Metais pela Técnica de Emulsificação”, Tese de Doutorado.1997,
- Castro, W.B., “Influência do Revestimento Interno no Molde Na Microestrutura da Liga Al-9%Si.” COBEM, 2001, Pág 131 a 135
- Flemings, M.C., “Solidification Processing”, Mc Grall Hill. Inc . , 1995.
- HeinE, R.W.; Loper, C.R, and RosenthalL, P.C., “Principles of Metal Casting”, Mc Grall Hill. Publishing Company. 1981
- Prates Filho, M.C. and Davies, G.J., “Solidificação e Fundição de Metais e Suas Ligas”, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A 1978.

IMPLICATION OF THE ADDITION OF HETEROGENEOUS NUCLEUS IN THE PROPERTIES OF THE ALLOY AL-7%SI WHEN MELTED IN MOLDS OF SAND

Odivaldo Celso da Silva

Aluno: Centro universitário do Sul de Minas – UNIS-MG

o.silva@mangels.com.br

Fábio Gatamorta

Técnico: Universidade Estadual de Campinas UNICAMP-SP

fabio@fem.unicamp.br

Eugênio Zoqui

Prof.: Universidade Estadual de Campinas UNICAMP-SP

zoqui@fem.unicamp.br

Wanderley Xavier Pereira

Prof. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

wpereira@varginha.com.br

Abstract: *This work aimed at to study her it influences of the I refine of grain In alloys of aluminum-Silicon during the solidification. This refines it was obtained through the addition or inoculation to the liquid metal, of elements grain refinement (Al-Ti-Bo) in molds of sand and to compare them with samples melted without to presences of these elements. The comparisons were accomplished considering the size of the microstructure, in other words, the size of the grains. The results pointed that the samples that contained the inoculant were the ones that they produced smaller grain sizes, of the order of 28 μ m against 54 μ m generated without the inoculant addition, what consequently guarantees better mechanical properties, but smaller grain sizes tend to increase the mechanical resistance and the plasticity of an alloy.*

Keywords: *Al-Si Alloys, Heterogeneous, Grain-refined, Mechanical Properties*