

## ESTUDO DA ADIÇÃO DE REFINADOR EM ALUMÍNIO PURO

**RESUMO:** O tamanho do grão das ligas metálicas implica diretamente em suas propriedades mecânicas. Assim, para o alumínio, o refinador Al-5Ti-1B é comumente usado, a quantidade deve ser ideal para que a precipitação de titânio não cause a formação de fase intermetélica  $TiAl_3$ . Amostras de alumínio puro foram produzidas com alumínio puro e com 1% de refinador de grãos AlTiB. Foi observado que a taxa de resfriamento é aumentada com o aumento da quantidade de Al-5Ti-1B, devido à presença de elementos de nucleação que aceleram o resfriamento da liga. As micrografias das amostras foram avaliadas por microscopia óptica de luz polarizada, a velocidade de resfriamento foi avaliada por software através de sensor de temperatura imerso em metal líquido durante todo o processo de resfriamento. Com o uso de um microscópio de polarização foi possível determinar a quantidade de refinador de grãos para obter o tamanho ideal em alumínio puro.

**PALAVRAS-CHAVE:** alumínio; refino de grão; resfriamento.

### STUDY OF THE ADDITION OF PURE ALUMINUM REFINER

**ABSTRACT:** The grain size of alloys directly implies their mechanical properties. Thus, for aluminum, the Al-5Ti-1B refiner is commonly used, the amount should be ideal so that titanium precipitation does not cause intermetallic phase formation  $TiAl_3$ . Pure aluminum samples were produced with pure aluminum and 1% AlTiB grain refiner. It has been observed that the cooling rate is increased with increasing amount of Al-5Ti-1B due to the presence of nucleating elements accelerate the cooling of the alloy. The micrographs of the samples were evaluated by polarized light optical microscopy, the cooling rate was evaluated by software through a temperature sensor immersed in liquid metal during the entire cooling process. Using a microscope from polarization it was possible to determine the amount of grain refiner to obtain the optimal size in pure aluminum.

**KEYWORDS:** aluminum; grain refining; cooling.

### INTRODUÇÃO

O alumínio, em comparação com os outros metais, é leve, dúctil, resistente à corrosão, ótimo condutor elétrico, bom condutor de calor além de poder ser processado para ter bons limites de escoamento e resistência. Esse conjunto de propriedades e versatilidade só explica o porque o alumínio tem uma grande faixa de aplicação conduzindo-o ao elevado consumo desse metal. (ALMADA, 2014).

O processo de fabricação do alumínio por fundição envolve a adição de refinadores em ligas de alumínio, é uma prática comum em muitas fundições, havendo casos de fundições que realizam a adição de nucleantes em toda e qualquer produção. O refino de grão por tratamento químico com refinadores de grão não possui o mesmo efeito de resfriamento rápido relacionando-se com as propriedades mecânicas, porém reduz a tendência de formação de trincas de contração e dispersa a porosidade. (CRUZ, 2018).

Durante a nucleação e crescimento dos primeiros núcleos de sólido, um calor latente de transformação líquido-sólido é liberado. A quantidade de energia liberada depende do tipo e da quantidade de cristais em formação em função do tempo. A quantidade de energia emitida pode ser suficiente para deter o resfriamento do metal, diminuindo a sua taxa de resfriamento. (ARANGO, 2009).

Sabendo que a resistência mecânica dos metais estão associadas ao tamanho dos grãos, e que a granulação grosseira do metal faz com que o material tenha baixa resistência mecânica, adiciona refinador, cuja a função é ajustar o tamanho dos grãos refinando-os e proporcionando resistência mecânica elevada para o material.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse projeto, foi utilizado um forno mufla com temperatura média de 700°C, seis cargas contendo 56 gramas de alumínio puro cada uma. As amostras foram colocadas no forno por um tempo de 25 minutos até que atingissem seu ponto de fusão. Após foi realizado o procedimento sem e com o refinador de grão TiB (5% Ti 1% B), para cada carga que será adicionada o refinador de grão foi determinada uma certa porcentagem do mesmo, sendo 0,25%, 0,5%, 1%, 2% e 5%, a carga foi novamente levada ao forno por mais 5 minutos para uma homogeneidade total da liga.

Em seguida foi realizado o vazamento do alumínio em uma coquilha de aço, com um termopar tipo K no centro da coquilha, monitorados por um multímetro conectado ao notebook com software adequado para coletar dados para a análise térmica.

Após a solidificação as amostras foram cortadas, embutidas com baquelite, lixada com água nas lixas 220 e 320, polidas com alumina.

Foi feito também o polimento na solução  $\text{HBF}_4$  por 12 minutos até obter uma superfície espelhada, em seguida prosseguimos com o método de polarização, utilizando: solução  $\text{HBF}_4$  1,8%, uma fonte de alimentação de 220 V, anodo (chapa de alumínio) e catodo (amostra a ser estudada), por um tempo determinado de 4 minutos. Colocando as amostras novamente no microscópio, visualizamos cores primárias nos grãos, que significam que quanto menos cores mais alinhados se encontram os grãos, e através da linha de intercepto foi possível medir o tamanho do grão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise Micrográfica e Térmica

A análise micrográfica tem como objetivo revelar a microestrutura do material, tornando possível analisar o tamanho do grão, antes e depois da adição do refinador.

Para melhor visualização dos grãos as amostras foram anodizadas, permitindo revelar a estrutura e orientação dos grãos, através da microscopia de luz polarizada, assim como mostra a Figura 1.

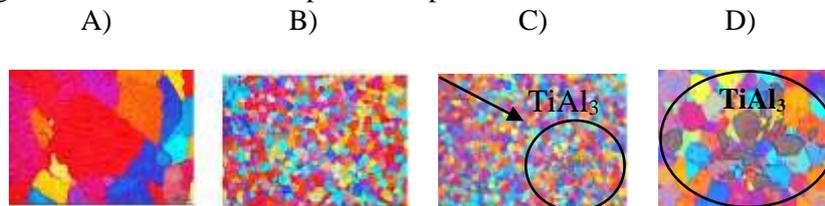


Figura 1: A) Al puro; B) 1% (Al-Ti-B); C) 5% (Al-Ti-B); D) Partículas Intermetálicas ( $\text{TiAl}_3$ ).

Nota-se nas imagens acima que a adição do refinador (Al-Ti-B), resultou na diminuição do tamanho do grão, assim alterando suas propriedades mecânicas, quanto maior a quantidade de refinador, menor o tamanho do grão. Através do método de intercepto, calculou-se o tamanho do grão de cada amostra. O alumínio puro apresentou granulometria grosseira, já para o alumínio que foi adicionado 1% de refinador, teve granulometria refinada no tamanho 3,0 de acordo com ASTM. As amostras que receberam 0,25%, 0,5%, 2% e 5% também tiveram diminuição de grãos de acordo com a norma ASTM, mas a carga que recebeu 5% de refinador formou partículas intermetálicas ( $\text{TiAl}_3$ ) sobre os grãos.

## **CONCLUSÕES**

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a adição do refinador foi eficaz para a diminuição da granulometria da microestrutura do alumínio puro, alterando também seu tempo de resfriamento. Quanto maior o percentual de refinador adicionado, menor será a granulometria do grão, porém a adição de refinador em excesso na amostra, pode ocasionar a formação de partículas intermetálicas de alumineto de titânio ( $TiAl_3$ ) sobre os grãos, afetando sua microestrutura.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por esta oportunidade que me concede nos estudos.

À Monitoria da Iniciação Científica do CEETEPS.

Aos meus pais Antonio e Ana, ao meu esposo Ronaldo, aos meus filhos Abner e Heloísa, toda minha família que me deram a oportunidade de seguir em frente e realizar meus estudos, por todo companheirismo, apoio, e por acreditarem em mim, nessa etapa da minha vida.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>.Dr<sup>o</sup>. César Augusto Antônio, por toda paciência, auxílio e dedicação no decorrer desse trabalho.

Ao Miguel Borodiak, pela disposição em me atender na CBA, auxiliar nas análises das amostras, e imagens concedidas.

Aos auxiliares docentes Henrique e Raphael, pela paciência, ensinamentos e apoio no laboratório de fundição.

Aos amigos César Augusto Antônio Junior e Monique Trindade Barros, Alan Procópio Gomes e Débora Miriam Sampaio que colaboraram para a realização deste trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

ALMADA, G. C. Estudo da influência do agente nucleante (AlTi5%B1%) na microestrutura de chapas AA8011 obtidas por lingotamento contínuo. 2014. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

ARANGO, J. M. R.; MARTORANO, M. A. Estudos do refino de grãos de ligas Al-Si através de inoculantes do sistema Al-Ti-B. In: CONAF, 14., São Paulo. Anais... [...]. São Paulo: ABM, 2009.

CRUZ, L.C et al. Influência da concentração de refinador de grãos na liga de alumínio fundida A356. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 23., Foz do Iguaçu. Anais... [...]. Foz do Iguaçu: CBECiMat, 2018.