

## **ESTUDO DA SOLIDIFICAÇÃO DIRECIONAL CONTROLADA DO ALUMÍNIO COMERCIALMENTE PURO 99,7% APLICADO EM ROTORES DE INDUÇÃO DO TIPO "GAIOLA DE ESQUILO" PARA OBTENÇÃO DE UMA ESTRUTURA COLUNAR**

Lucas Leon Brincas Ramos <sup>1</sup>, Rivo Arturo Ramirez <sup>2</sup>, Guilherme Ourique Verran <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica - CCT - bolsista PROBIC/UDESC.

<sup>2</sup> Doutorando do PGCEM - CCT

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica - CCT – [guilherme.verran@udesc.br](mailto:guilherme.verran@udesc.br)

Palavras-chave: Grãos. Macroestrutura. Resistividade.

### **1. Objetivo**

O objetivo deste trabalho foi o estudo da solidificação direcional em rotores de alumínio comercialmente puro (99,7%), a fim de se obter uma estrutura predominantemente colunar. A partir da obtenção de uma estrutura predominantemente colunar, espera-se que a resistividade dos rotores que sofreram solidificação direcional seja menor quando comparada com rotores obtidos usando processos de fundição convencionais.

### **2. Metodologia**

Para a obtenção de uma estrutura solidificada direcionalmente, é necessário fazer com que os grãos cresçam em apenas uma direção ao longo da peça fundida, removendo a quantidade de calor predominantemente nesta direção. Para isso, torna-se necessário aplicar um elevado gradiente térmico entre as temperaturas o líquidus e sólidus, a uma taxa que torne o crescimento dos grãos estável.

Para a comparação das morfologias dos grãos, foram utilizados rotores de motores elétricos de indução do tipo "gaiola de esquilo", produzidos em máquinas industriais usando o processo de centrifugação e comparou-se com as gaiolas obtidas por solidificação direcional usando uma bancada de testes projetada e construída para este fim. Aqui admitiu-se que o processo de centrifugação está otimizado, face ao longo período de utilização do mesmo nas linhas de produção.

Após o preenchimento do molde com o alumínio fundido e atingida a temperatura de início de resfriamento desejada, o resfriamento era iniciado utilizando-se água, de maneira controlada. Essa parte de produção dos rotores de teste foi realizada pelo doutorando Ramirez.



**Fig. 1** Bancada de testes preliminares

Foram produzidos 6 rotores de testes diferentes, sendo as variáveis: a temperatura que foi iniciado o resfriamento e se foi resfriado com a resistência desligada ou com a resistência ligada. As temperaturas foram de 675 °C, 705 °C e 750 °C, sendo que para cada temperatura foram feitos dois testes, um com resistência ligada e outro com a resistência desligada.

Para a visualização da macroestrutura das seções do rotor, o mesmo foi cortado em partes menores e embutido. Para lixar as amostras utilizaram-se as lixas 100, 240, 400, 600 e 1200 respectivamente. Após todas as amostras terem sido lixadas, foi necessário um ataque químico para a revelação da macroestrutura, onde foi utilizado o reagente de Tucker (Em volume: 15% de ácido fluorídrico, 15% de ácido nítrico, 45% de ácido clorídrico e 25% de água).

Foram analisadas as seções transversais das barras, e as seções longitudinais das barras e dos anéis superiores e inferiores do rotor de cada teste. Também foram calculadas a resistividade e densidade das barras de cada um dos rotores obtidos.

### 3. Resultados

Em relação a macroestrutura, foi possível a obtenção de grãos colunares predominantemente nas barras no sentido da mesma conforme pode ser visto na figura 2.



**Fig. 2** Amostra de 675 °C resfriada com a resistência desligada

Infelizmente, apesar de as densidades dessas amostras serem superiores comparadas com as da referência, a resistividade calculada nas amostras de teste é maior. Não se encontrou a justificativa exata ainda, mas está sendo investigada com base na grande probabilidade de ter havido uma contaminação de ferro durante a fundição devido ao longo tempo de permanência do alumínio no estado líquido em contato com as lâminas que formam o pacote de aço usado na fabricação.