

Introdução

Na produção de aço pelo processo de lingotamento contínuo, as condições de resfriamento ao qual o lingote está submetido quando em contato com a superfície do molde, influenciam na qualidade do aço lingotado e na produtividade. A solidificação do aço no processo é obtida através da extração de calor do aço líquido pelas paredes do molde refrigerado. A determinação e análise dos parâmetros térmicos (taxa de resfriamento, gradiente térmico e velocidade de solidificação) são necessárias para uma melhor compreensão da microestrutura do metal após sua solidificação. O presente trabalho busca verificar a relação entre os parâmetros térmicos com os parâmetros microestruturais (espaçamento dendrítico e transição colunar-equiaxial) em diferentes ligas de aço.

Objetivos

- Montagem de um sistema experimental para a solidificação unidirecional de aços.
- Verificar a eficiência do sistema de solidificação unidirecional com a fusão de uma liga de alumínio e instrumentação com termopares.

Materiais e Métodos

Para a realização dos experimentos de solidificação unidirecional, foram fabricados moldes cerâmicos de refratário, Figura 1, através do processo de microfusão. Os moldes apresentam características como resistência mecânica à altas temperaturas (~1700°C) e resistência ao choque térmico. Suas laterais foram isoladas termicamente com lã de rocha e em uma de suas extremidades há um bloco maciço de cobre, Figura 2, por onde será feita a extração de calor.

Para a análise térmica, o sistema de solidificação unidirecional foi instrumentado com termopares do tipo K da seguinte forma: no interior do molde cerâmico foram utilizados quatro termopares com distância de 3mm, 23mm, 43mm e 63mm da interface com o molde de cobre. Já para o molde de cobre, foram utilizados três termopares distantes 13mm, 26mm e 39mm da interface com o molde cerâmico, conforme Figura 3.

Para verificar a eficiência do sistema experimental de solidificação foi utilizada a liga de alumínio A356, que foi fundida em forno resistivo e vazada no molde cerâmico com temperatura de 730°C.

Para a análise da estrutura de solidificação, a amostra foi cortada no sentido longitudinal e posteriormente foram realizados os seguintes procedimentos metalográficos:

Lixamento - realizado com lixadeira manual, utilizando uma seqüência de lixas de carbeto de silício com as seguintes granulometrias: #220, #320, #400 e #600.

Ataque Químico - realizado por imersão da superfície da amostra em solução de água régia.

Resultados e Discussões

A Figura 4 mostra o resultado da macrografia feita da amostra solidificada. É possível verificar que não houve a extração de calor pelo molde de cobre num único sentido, uma vez que não há a formação de grãos colunares, fator que determinaria a solidificação unidirecional no processo. A Figura 5 mostra as curvas de resfriamento do metal juntamente com as curvas de aquecimento do molde de cobre. Através das curvas, verificou-se que houve um grande aumento das temperaturas do molde de cobre, o que proporcionou uma diminuição na taxa de resfriamento do metal. Assim, não obteve-se condições favoráveis para a formação de grãos colunares na estrutura de solidificação.

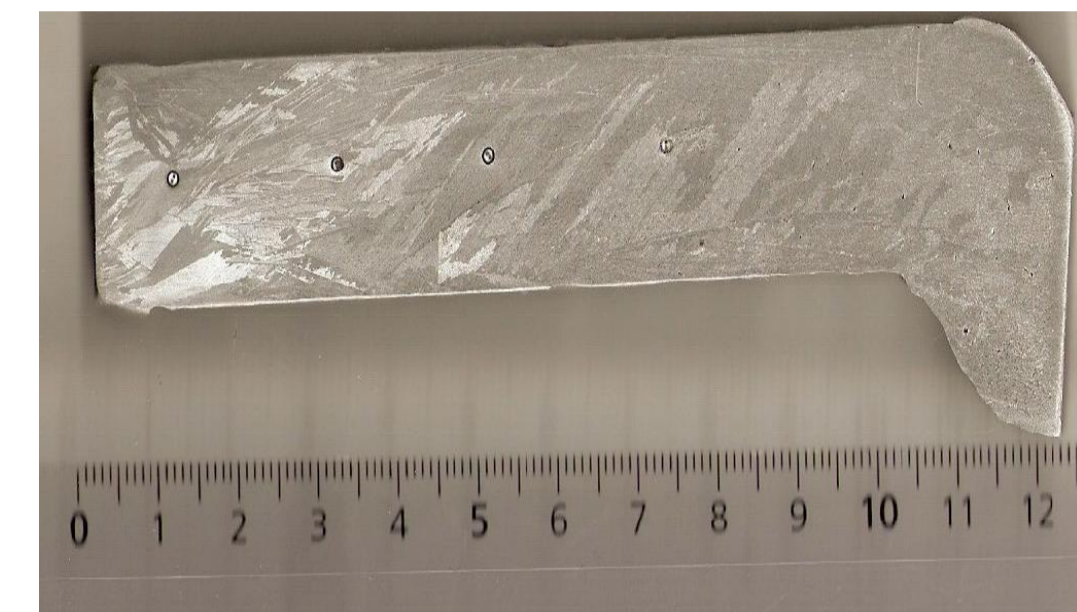


Figura 4 - Macrografia da amostra da liga de alumínio solidificada.

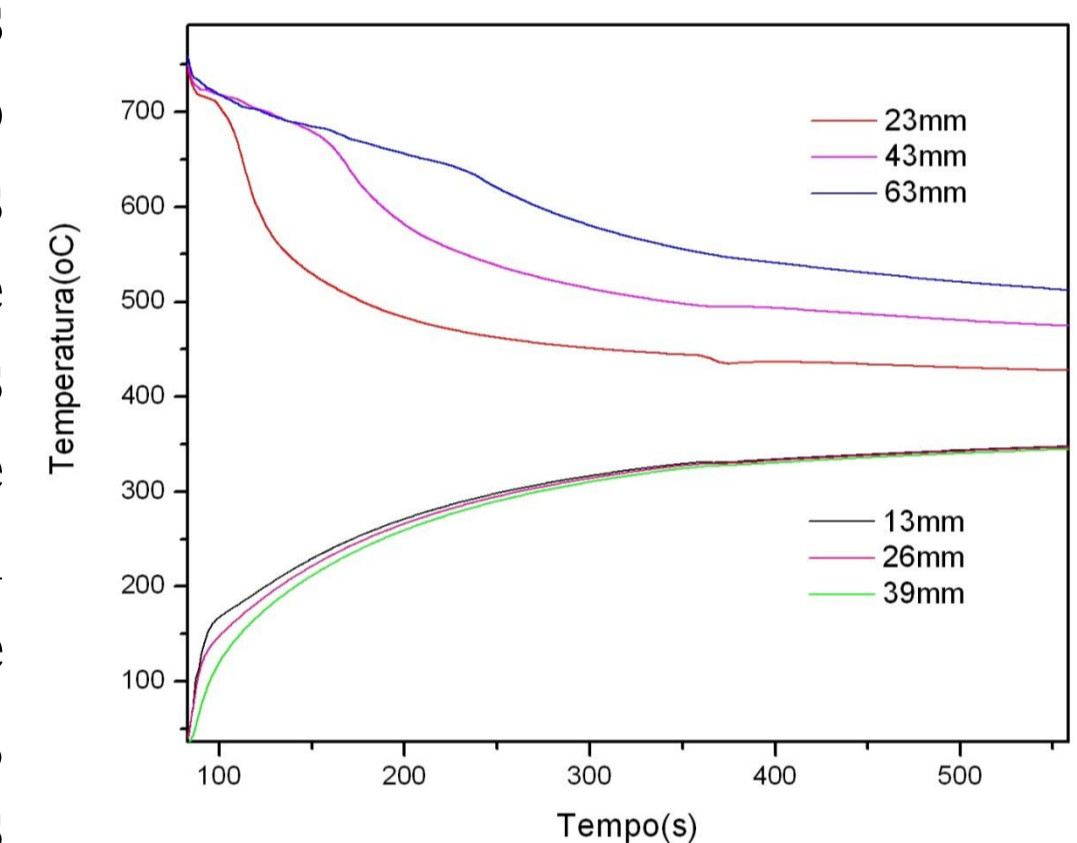


Figura 5 - Curvas de resfriamento do metal e aquecimento do molde de cobre.

Durante o experimento, o termopar posicionado a 3mm da interface metal/molde não registrou os dados de temperatura.

De acordo com a literatura, alguns fatores influenciam diretamente na formação da zona colunar, tais como: composição da liga, extração de calor na interface metal/meio de resfriamento, taxa de resfriamento e superaquecimento. Para a continuidade do projeto, tais fatores deverão ser melhor analisados para se obter os resultados esperados.

Conclusão

Através dos dados obtidos, verificou-se que o sistema de resfriamento não se mostrou eficiente para que se tenha uma extração de calor contínua do metal. Dessa forma é necessário modificações no sistema de solidificação unidirecional para futuramente serem feitos os experimentos com ligas de aço, tais como: refrigeração do molde de cobre e redimensionamento do canal de vazamento do molde cerâmico.

Agradecimentos

Agradeço ao Laboratório de Fundição pelo apoio e colaboração no andamento do projeto, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade e a CNPq pelo apoio financeiro.



Figura 1 - Molde cerâmico de refratário.



Figura 2 - Molde de cobre.



Figura 3 - Sistema de solidificação unidirecional.