

CARACTERIZAÇÃO DE LIGAS HIPOEÚTETICAS DO SISTEMA Al-Si SOB EFEITO DE CENTRIFUGAÇÃO

Juliana Tamashiro de Sousa¹, Taylor Mac Intyer Fonseca Jr.²

¹Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI

² Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

julianatamashiro@yahoo.com.br¹, taylor@fei.edu.br²

Resumo: Ligas Hipoeutéticas do sistema Alumínio-Silício (<12,6%Si) foram submetidas ao processo de fundição por centrifugação para estudo do fenômeno da macrosegregação do silício. Neste processamento são observadas maiores concentrações de silício na parede interna das amostras, o que pode favorecer um ganho de propriedades mecânicas. Vários parâmetros podem influenciar a formação da microestrutura observada, sendo eles temperatura de vazamento, rotação do molde, taxa de resfriamento e pressão.

1. Introdução

Com o intuito de se desenvolver ligas de Al-%Si que atendam a necessidade de resistência mecânica, prevista de uma camisa de pistão de motor a combustão foi estudado o método de fundição sob o efeito de centrifugação. Esse processo consiste em vaziar o metal em um molde rotativo, que se mantém em uma velocidade constante, e a partir do momento em que o metal líquido vai de encontro as paredes do molde, é resfriado pela diferença de temperatura e consequentemente se inicia o processo de solidificação.

Nesse processo é possível observar o fenômeno da macrosegregação e alguns fatores que influenciam no seu aparecimento, como as diferenças de densidade causadas pela formação de uma fase sólida, a deformação da fase solidificada por ação de tensões térmicas, pressão ou por ação de forças centrífugas [1]

Á partir do momento que o metal entra em contato com a superfície do molde e começa a se solidificar, cria-se uma diferença de concentração de soluto entre a parede do molde e a parede interna da amostra, a força centrífuga age de modo com que o Silício (menos denso) se encontre em maior concentração na parte interna da amostra, proporcionando um ganho de dureza e consequentemente um ganho de resistência mecânica nesta região [2].

2. Metodologia

A partir de uma liga mãe Al-20%Si foram obtidas três ligas hipoeutéticas do sistema alumínio-silício, com concentrações de 3%Si, 7%Si e 11%Si. Essas ligas foram submetidas a dois processos de fundição: por gravidade (estática) e sob efeito da centrifugação (dinâmica). As amostras estáticas e dinâmicas foram obtidas com a ajuda de uma centrífuga laboratorial desenvolvida para este fim, de forma a proporcionar condições de equivalência entre as amostras, como temperatura e taxa de resfriamento. Na figura 1 é ilustrado a máquina utilizada para obter as amostras e na figura 2 as amostras obtidas na realização do experimento.



Figura 1-Centrífuga Laboratorial e sistema de aquisição-CDMatM-FEI

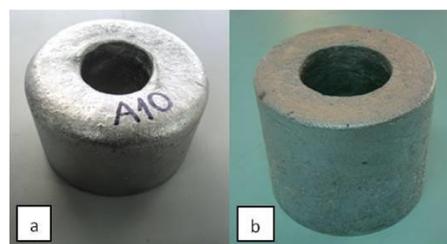


Figura 2-Amostra do tubo metálico obtido em moldes estáticos (a) e em moldes dinâmicos (b)

As amostras coletadas foram separadas em 2 Grupos sendo: Grupo 1 as amostras de Al-%Si que foram fundidas sem o processo de centrifugação (Estática) e Grupo 2 as amostras de Al-%Si que passaram pelo processo de fundição centrífuga (Dinâmica). Ambos os Grupos passaram pelo primeiro processo de corte, onde foi retirado um filete dessas amostras, e posteriormente esses filetes passaram por um segundo processo de corte (máquina Cut-Off) onde o mesmo seria repartido em 3 seções, sendo estas superior, meio e inferior com 9 subpartições numeradas de 1 a 9, isso foi realizado para se obter uma posterior análise mais detalhada dessas amostras.

As subpartições passaram por um terceiro processo de corte, onde ela foi dividida ao meio e as partes nomeadas de amostra A e amostra B. Todos esses processos iniciais de corte são demonstrados com a Figura 3.

Essas amostras (Amostra A e B dos Grupos 1 e 2) passaram pelo processo de embutimento, onde ele consiste em envolver a amostra em uma baquelite, tendo como objetivo facilitar os processos seguintes de lixamento e polimento. A máquina Abramin realizou os processos de lixamento e polimento, a partir de uma programação anteriormente testada e demonstrada na Tabela 1.

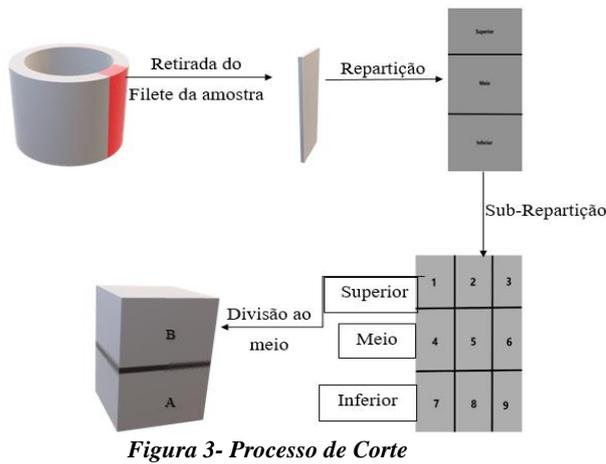


Figura 3- Processo de Corte

Etapa	Suporte	Lubrificante	Força	Tempo (min)	R.P.M
1	Lixa 220	Água	120	3	150
2	Lixa 320	Água	120	3	150
3	Lixa 400	Água	120	3	150
4	Lixa 600	Água	120	3	150
5	Lixa 1200	Água	100	4	150
6	Disco de polimento 6µm	Álcool	100	4	150
7	Disco de polimento 3µm	Álcool	100	4	150
8	Disco de polimento 1µm	Álcool	100	4	150

Tabela 1-Processo detalhado de lixamento e polimento

Após todos esses processos de preparação da amostra iniciou-se a etapa das análises de microestrutura, realizadas com microscópio de aumento em até 100 vezes e os ensaios de dureza das amostras em moldes estáticos e dinâmicos.

3. Resultados

Espera-se encontrar uma microestrutura destas ligas onde se exista uma fase primária de alumínio (fase α) ou de silício (fase β), e de uma estrutura eutética exibindo a fase β com uma morfologia de intensa nucleação composta por grãos de orientações aleatórias e grãos alongados [2].

O fenômeno pode ser ilustrado com a Figura 4 abaixo, ela ilustra uma liga Al-% 14,7Si.

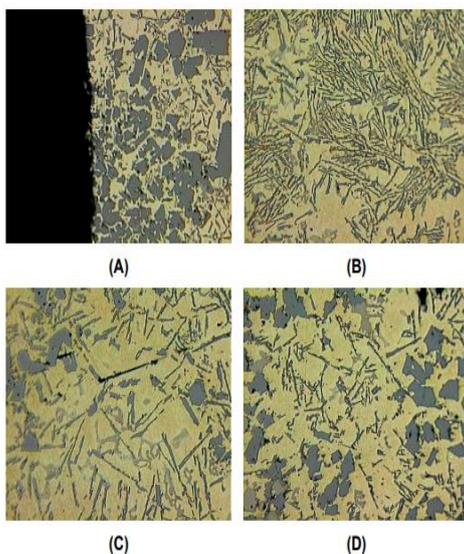


Figura 4- Micrografia da liga Al-14,7%Si ao longo da estrutura onde (A) é a parte externa, (B) 3mm da parede

externa, (C) 4mm da parede externa e (D) próximo a parede interna [2]

Pelas imagens observa-se que quando a liga entra em seu primeiro contato com o molde, ela solidifica no mesmo instante, gerando a imagem (A) onde pode-se ver uma elevada concentração de silício em sua fase primária (β) na parede externa, devido a essa solidificação instantânea e com a ação da força centrífuga (diferença de densidade sólido líquido) há dificuldade dessas partículas de se movimentarem até a parede interna do sólido. Na região (B) pode-se observar a formação grãos com morfologia colunar de silício e na região (C) menos grãos colunares de silício e o retorno de formação de grãos com morfologia de silício em sua fase primária. Na região (D) conseguimos observar mais grãos de silício em sua fase primária [2].

Esses resultados seriam o esperado. Maior concentração de silício na parede interna do sólido, com uma segregação uniforme e com sua macroestrutura definida, devido as propriedades mecânicas homogêneas que elas proporcionam.

Já nas amostras que se solidificaram estaticamente encontramos uma concentração de Silício homogênea, diferente do obtido nas amostras dinâmicas (concentração de soluto/silício, maior na parte interna das amostras). Devido a não ter a ação da força centrífuga na solidificação em moldes estáticos.

A dureza proporcionada por uma amostra de Al-14,7%Si de um ensaio dinâmico pode ser ilustrada com a figura 5 abaixo:

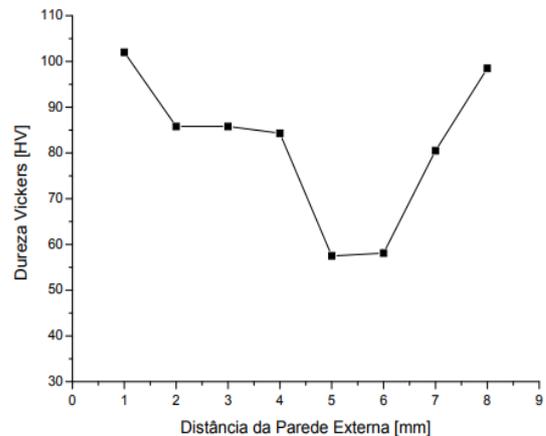


Figura 5-Dureza Vickers (HV) em função da posição em relação à parede externa do tubo (camisa) em direção à parede interna em intervalos de 1 mm para um tubo fabricado com a liga Al-14,7 %Si. [2]

Podemos visualizar que há uma dureza elevada na parte interna da amostra, confirmando o que já havia sido dito a respeito das propriedades mecânicas que o Silício proporcionaria.

Nas amostras estáticas não seria possível observar um ganho de dureza, devido a homogeneidade da concentração do Silício pela dimensão da amostra.

4. Conclusões

De forma geral deseja-se que, ao se aplicar o método de solidificação sob efeito da centrifugação seja possível observar uma melhor segregação do Silício, onde a maior

concentração dele fique na parte interna das amostras dinâmicas.

Com isso se é possível realizar as devidas comparações com as amostras que se solidificaram por meio estático, onde elas teriam uma concentração de Silício homogênea por todo o corpo da amostra, não proporcionando o ganho de dureza na amostra, necessária por exemplo para o caso de camisas de motor de combustão.

Podemos também verificar que o método de solidificação escolhido é capaz de atingir a exigência de dureza de uma camisa de pistão de motor, logo que o Silício proporciona a dureza necessária internamente para que não sofra desgaste com a movimentação do pistão. Entretanto quanto maior a concentração de Silício maior seria sua dureza e conseqüentemente ocorreria a diminuição de sua tenacidade, podendo assim obter uma fragilização da amostra.

5. Referências

[1] GARCIA, Amauri. Solidificação: fundamentos e aplicações. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2007

[2] COUTO, A.A. et al; **Caracterização de ligas Al-Si eutéctica e hipereutéctica fundidas por centrifugação para aplicações automotivas**, 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais - CBECIMat, p.6848-6855, Campos do Jordão, SP, Brasil, 21 a 25 de novembro de 2010.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo financiamento do projeto de iniciação científica PBIC 048/2019 e ao laboratório de materiais, pelos seus técnicos e equipamentos para a realização do estudo.

¹Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 09/2019 a 08/2020.

² Professor Mestre do Departamento de Engenharia de Materiais do Centro Universitário FEI.