

# INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE Sr e DO TEMPO DE ESPERA NA MODIFICAÇÃO DE UMA LIGA DE Al-Si HIPOEUTÉTICA

Pedro Henrique Coutinho<sup>1</sup>, Estéfano Aparecido Vieira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEFET-ES, Vitória, Metalurgia – Vila Velha – ES - pedrohcoutinho@yahoo.com.br

<sup>2</sup> CEFET-ES, Vitória, Metalurgia – Vitória – ES - estefanovieira@cefetes.br

**Resumo:** O tratamento de modificação do Si em ligas de Al-Si é uma prática comum na indústria com o intuito de melhorar os limites de resistência e escoamento, usinabilidade e alongamento das ligas. Neste trabalho tem-se como objetivo estudar alguns parâmetros envolvidos na modificação com o Sr, como a concentração na liga e tempo de espera. Nos processos de fundição, uma liga muito comum na fabricação de peças é a A380 e amostras desta liga foram fundidas a uma temperatura de 700°C. Em seguida adicionou-se 0,005, 0,02 e 0,07% de Sr variando-se o tempo de espera com um tempo máximo de 40 min. Os resultados mostram que o Sr modifica o Si da liga com eficiência, exceto para concentrações inferiores 0,01%. Fusões sucessivas da mesma liga com 0,045% de Sr mostraram que é possível pelo menos nove fusões sucessivas sem perder-se o efeito modificador. Após um tempo de espera de pelo menos 40 min verificou-se que a liga ainda está modificada, porém não totalmente.

**Palavras-chave:** Tratamento de Modificação, Ligas Al-Si; Refino Microestrutural; Agentes Modificadores.

## INTRODUÇÃO

Nas ligas de Al-Si, o silício apresenta-se na forma acicular e prejudica a resistência à tração [1,2,3]. Visando melhorar suas propriedades, agentes modificadores, como Na e Sr, podem ser adicionados, objetivando mudar os cristais de silício para uma forma esferoidal, culminando em uma microestrutura em que há o endurecimento, com aumento da ductilidade, além de apresentar maiores limites de resistência e escoamento.

A quantidade de agente modificador, a temperatura do banho e o tempo decorrido entre a adição e o vazamento da liga fundida, influenciam na microestrutura final e conseqüentemente nas propriedades mecânicas. Haverá um refino incompleto, caso a quantidade de agente modificador seja insuficiente, no entanto, o excesso pode deixar a liga mais frágil. Não só os agentes modificadores podem alterar a morfologia e o tamanho das partículas de silício, a velocidade com que a liga é resfriada e solidificada também influenciam. O aumento da velocidade de resfriamento refina a matriz eutética, porém não favorece o arredondamento.

O Sr é atualmente um agente eficaz para modificar o Si em ligas de Al hipoeutéticas [4,5]. É sabido que utilizando o Sr os melhores resultados são obtidos quando se tem cerca de 0,07 a 0,08% de Sr. Para várias fusões com o nível de Sr da ordem de 0,01 a 0,02% tem-se que ainda assim é suficiente para promover a modificação do Si [6]. Outro

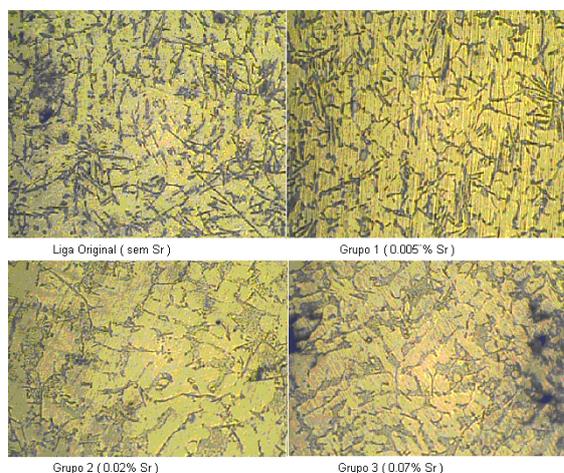
aspecto importante é que o Sr retém por mais tempo a modificação quando comparado com o Na.

Quando Sr é adicionado no metal líquido, aproximadamente 50% são perdidos por evaporação. A adição do Sr pode ser feita através do composto químico Sr<sub>2</sub>Si ou na forma de Sr puro presente em ligas mães com composições variadas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para teores de aproximadamente 0,005 % em peso de Sr, não ocorre a modificação da liga, como já era previsto [1]. Este resultado também comprova, que simplesmente a fusão da liga não é responsável pela modificação. A adição de 0,02% de Sr foi suficiente para que houvesse a modificação. Da mesma forma aconteceu para o teor de 0,07% de Sr. Analisando a influência do tempo, foram retiradas amostras, destes dois últimos grupos, em diferentes instantes, sendo observado que com o passar do tempo a modificação vai sendo perdida, pois ocorrem perdas por evaporação no banho, fazendo com que quanto mais tempo a liga fique no forno, menor será o efeito da modificação. Comparando as amostras destes grupos para o tempo de espera de 40 minutos, observa-se que o último grupo está mais modificado do que o outro, provando que a concentração do Sr influencia no tempo de espera, pois o último grupo demorará mais para perder o efeito total da modificação. Além disso, não é possível encontrar um tempo de espera geral para que

a liga perca o efeito da modificação, já que para cada concentração de Sr adicionada o tempo será diferente.



Comparando estes grupos com uma liga não modificada, percebe-se um aumento significativo da porosidade, sendo que para o maior teor, a porosidade é maior. Uma liga não modificada foi fundida sem adição de Sr, e não houve mudanças, comprovando que o aumento de poros não se deve à fusão.

Tentou-se obter um número máximo de fusões sem se perder o efeito do tratamento, sendo realizados experimentos nos dois últimos grupos. Para o teor de 0.07%, são necessárias mais fusões, pois o Sr está em maior quantidade, quando comparado às amostras do grupo de teor 0.02%. Assim, fica claro que o número máximo de fusões depende do teor de Sr adicionado.

## CONCLUSÃO

No tocante à concentração, pode-se concluir que existe uma quantidade mínima de agente modificador retido na liga para que haja modificação, que é conseguida através da adição de cerca de 0.01% de Sr em peso. Quando usado um teor de 0.005% não houve modificação, enquanto que para 0.02% ocorreu, comprovando tal tese.

Além disso, a concentração de Sr influencia no tempo necessário de espera para que a liga perca o efeito modificador. Quanto maior a concentração de Sr, mais tempo demorará para que a liga perca o efeito da modificação.

Por outro lado, a concentração de Sr também influencia no número máximo de fusões sem que a liga perca o efeito da modificação. Quanto maior a concentração de Sr mais fusões deverão ser necessárias para que a modificação acabe.

A concentração do agente modificador Sr também influencia na porosidade da liga, sendo que quanto maior for a concentração, mais porosa ficará a liga.

No tocante ao tempo de espera, conclui-se que o tempo de espera influencia na modificação, pois quando se tem um tempo de espera alto, a modificação não acontece. Logo, quanto maior o tempo de espera, menor o grau de modificação.

Foi comprovado também, que a não é simplesmente a fusão da liga responsável pela modificação, mas sim a adição de agentes modificadores.

## REFERÊNCIAS

- 1 – Donna L. Z., **Aluminum casting Technology**, 2<sup>nd</sup> ed.; The American Foundrymen's Society - AFS, USA, 1993, 19-32.
- 2 – Coutinho, T.A., **Metalografia de não ferrosos**, Edgard Blucher Ltda, São Paulo, SP, Brazil, 1980, 80-101.
- 3 - Wang, Q. G., Microstructural Effects on the Tensile and Fracture Behavior of Aluminum Casting Alloys A356/357, **Metallurgical and Materials Transactions A**, v.34, n. 12, December 2003, 2887-2899.
- 4 – Wang, L., Shivkumar, S., Strontium modification of aluminium alloy castings in the expendable pattern casting process, **Journal of Materials Science**, v. 30, 1995, 1584-1594.
- 5 - Lu L., Dahle, A.K., Effects of combined additions of Sr and AlTiB grain refiners in hypoeutectic Al-Si foundry alloys, **Materials Science and Engineering: A**, v. 435-436, November 2006, 288-296.
- 6 – Gruzleski, J.E., Closset, B. M., **The Treatment of Liquid Aluminum – Silicon Alloys**, AFS, Des Plaines, Illinois (1990).