

# ANÁLISE DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DE INJEÇÃO SOB PRESSÃO PARA APLICAÇÃO DA LIGA Mg-6Al-3La-1Ca<sup>[1]</sup>

Vinicius de Freitas Paz<sup>[2]</sup>  
Marcus Vinicius Steffenon<sup>[3]</sup>  
Cristiano de Abreu Soares<sup>[4]</sup>  
Carlos Raimundo Frick Ferreira<sup>[5]</sup>  
Jaime Alvares Spim<sup>[6]</sup>

## Resumo

Neste trabalho, foram analisadas as condições operacionais de injeção sob pressão das ligas de alumínio, utilizadas na fabricação de cilindros de motores para máquinas portáteis de jardinagem e silvicultura, comparando com as condições usadas nas ligas de magnésio, correlacionando parâmetros de processo, rendimento, qualidade e custo.

Foram obtidos experimentalmente em planta industrial, dados como: temperatura pré-injeção e pós-injeção da matriz, temperatura de injeção da liga, pressão de fechamento e tratamento térmico envolvido.

Como resultado, foi observada a necessidade de um mapeamento detalhado do processo de fundição sob pressão para a liga de magnésio, no qual se possa relacionar as características mecânicas de produto com as condições de trabalho dos equipamentos e métodos envolvidos na produção.

Palavras-chave: Magnésio, parâmetros, Injeção, Die-Casting.

[1] Trabalho a ser apresentado no 6º ENEMET . 24 a 27 de julho de 2006 – Rio de Janeiro – RJ – Brasil.

[2] Graduando LAFUN / CNPQ/ UFRGS – [viniciuspaz\\_rs@hotmail.com](mailto:viniciuspaz_rs@hotmail.com)

[3] Graduando LAFUN / CNPQ/ UFRGS – [marcus\\_steffenon@hotmail.com](mailto:marcus_steffenon@hotmail.com)

[4] Mestrando LAFUN / PPGEM / UFRGS – [ca.soares@bol.com.br](mailto:ca.soares@bol.com.br)

[5] Msc. Engenheiro Pesquisador LAFUN / PPGEM / UFRGS – [frick@ufrgs.br](mailto:frick@ufrgs.br)

[6] Prof. Adjunto LAFUN / PPGEM / UFRGS – [spim@ct.ufrgs.br](mailto:spim@ct.ufrgs.br)

## 1. Introdução

Atualmente, rígidas exigências na nova geração de motores à combustão interna, principalmente em relação à redução de peso, estimulam o desenvolvimento de tecnologia em ligas leves em todo o mundo.

As ligas de magnésio nesse aspecto possuem grande vantagem em relação a outras ligas, como por exemplo, alumínio, pois possui baixa densidade ( $1,8 \text{ g/cm}^3$ ).

Possui propriedades que lhe conferem ótimas condições para sua utilização em fundição sob pressão tais como boa fluidez e boa resistência mecânica.

O magnésio pode ser utilizado tanto em máquina de câmara fria ou câmara quente. No entanto, devido à sua alta reatividade, requer cuidados quanto ao controle de atmosfera, sendo mais adequada a sua utilização em câmara quente.

Este trabalho faz parte de um projeto de interação Universidade-Empresa para substituir a liga de Alumínio Al-9Si-3Cu, utilizada atualmente na fabricação de cilindros de motores máquinas de jardinagem e silvicultura, por liga de magnésio (Mg-6Al-3La-1Ca), e assim, reduzir o peso dos equipamentos.

## 2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, foram obtidas as condições operacionais de injeção em planta industrial envolvidas na fabricação de cilindros em Alumínio e Magnésio, tais como: Temperatura da matriz pré-injeção, temperatura da matriz pós-injeção, temperatura de injeção da liga, pressão de fechamento, tratamentos térmicos envolvidos e defeitos de fabricação, analisando sua influência na substituição por magnésio.

O tipo de máquina utilizada para a produção das peças foi máquina de câmara fria.

Foi realizado teste de resistência mecânica tipo Pulser Test para efeitos comparativos das ligas testadas.

## 3. Resultados e discussões

Os parâmetros de processo utilizados para a liga de alumínio e magnésio estão discriminados na tabela 1:

Tabela 1: Dados experimentais para alumínio

Dados	Alumínio	Magnésio
Temperatura pré-injeção na matriz:	200°C	150°C
Temperatura pós-injeção na matriz:	450°C	450°C
Temperatura de injeção:	725°C	650°C
Pressão de fechamento da matriz:	450 ton	450 ton
Tempo de produção	30 min	8 horas
Desmoldante	Convencional	Graxa

Com relação ao alumínio, observou-se experimentalmente que possui ótima performance de injeção, não apresentando aderência na matriz, boa fluidez do banho, baixa quantidade de defeitos, bom desempenho no processo de cromagem, boa resistência mecânica da peça final apresentando satisfatório desempenho em ensaios mecânicos (Pulser Test), e baixo tempo de produção.

Em relação ao desempenho da liga de magnésio observou-se que o desmoldante utilizado usualmente para o processo com alumínio não ofereceu bons resultados apresentando agarramento da liga na matriz de injeção. Melhores resultados foram obtidos com a utilização de graxa como desmoldante.

Contudo, essa alteração tornou o processo muito demorado uma vez que a aplicação de graxa nas matrizes foi realizada de forma manual, diferente do que ocorre no processo com alumínio onde a aplicação do desmoldante é realizada de forma automática com auxílio de pistolas. Dessa forma, a produtividade do processo para liga de magnésio foi menor em comparação ao processo com alumínio. Para a mesma produção, foram necessárias 8 horas de processo enquanto que para o alumínio utilizou-se apenas 30 minutos.

Quanto ao banho, verificou-se menor fluidez e apesar do controle de atmosfera com  $SO_2$  a liga incendiou por diversas vezes durante a abertura do forno.

Após a injeção da liga, observaram-se defeitos como solda fria no contorno das peças e arrancamento de material metálico na parte superior da peça.

Após confecção das peças, as mesmas passaram por tratamento térmico de alívio de tensões por 5 horas à  $275^\circ C$ .

O processo de cromagem é composto de duas etapas, sendo primeiro necessário um tratamento superficial de níquel para melhorar a aderência do cromo na etapa seguinte de cromagem. Isso se deve ao fato do cromo não aderir a superfície de magnésio. Esse procedimento aumenta o custo de processo em relação a ligas de alumínio onde é necessária somente à etapa de cromagem.

Foi observada nas amostras do experimento uma baixa qualidade na superfície cromada devido ao fato do níquel atacar a superfície de magnésio na primeira etapa.

Quanto ao desempenho em testes mecânicos (Pulser Test) a liga de magnésio não alcançou os mesmos resultados obtidos com a liga de alumínio. A tabela 2 mostra os resultados alcançados nos testes.

Tabela 2. Resultados obtidos para liga de alumínio e magnésio em Pulser Test

Liga testada (Pulser Test)	Média de n° de ciclos
Al-9Si-3Cu	2.000.000
Mg-6Al-3La-1Ca	170.000



Figura 1: Cilindro produzido por fundição sob pressão em liga de magnésio.

#### **4. Discussão**

Os resultados mostram que a liga de alumínio apresentou melhores resultados de produtividade, qualidade (baixo número de defeitos) e resistência mecânica.

Pode-se atribuir o bom resultado do alumínio na injeção à sua compatibilidade com o tipo de máquina, pois máquinas de câmara fria (Cold Chamber), são indicadas para ligas que não reagem em contato com o ar e que não possam ficar em contato direto com o sistema de injeção<sup>[1]</sup>.

Dados da literatura<sup>[2]</sup>, informam que ligas de magnésio são indicadas para produção em máquinas de câmara quente (Hot Chamber), devido à sua reatividade em contato com o ar mesmo em atmosfera controlada, e por outro lado, permite o contato direto entre o sistema de injeção e a liga<sup>[3]</sup>.

A baixa produtividade da liga está relacionada a problemas de processo como dificuldades de controle da atmosfera (o banho incendiou inúmeras vezes), e aplicação manual do desmoldante (graxa). Contudo adaptações e automatizações no processo podem melhorar esse indicador.

Quanto à resistência mecânica, a melhor performance da liga de alumínio está sendo estudada ainda em laboratório. A resistência mecânica da liga de alumínio é maior que a liga de magnésio o que sugere que para a mesma geometria os resultados são condizentes. Contudo, a variabilidade dos resultados recomendam análises mais cuidadosas.

#### **5. Conclusões**

Foi verificado pelos resultados obtidos e discussão apresentada, que não é conveniente à opção da simples substituição da liga de alumínio por liga de magnésio sem alterações das variáveis de injeção e parâmetros de processo, bem como melhorias e automatizações nos procedimentos de desmoldagem e controle da atmosfera, a fim de melhorar a produtividade sendo de grande importância um estudo detalhado do processo de fundição sob pressão junto a liga em estudo.

#### **6. Abstract**

In this work, the operational conditions in the Die-Casting of aluminum alloys, used in the manufacture of engine cylinders for gardening portable machine, were analyzed and compared to the conditions used with magnesium alloys. Process parameters, performance, quality and costs, for both metallic alloys, were compared.

Experimental data were obtained in the industrial plant, and included the die temperatures before and after the injection, alloy temperature at the injection, closing pressure and the resulting thermal treatment.

From the observations, a necessity arose for a detail study of the Die-Casting processing of magnesium alloys, in which the product mechanical characteristics can be related with the equipment's work conditions and the methods involved in the production.

Key words: Aluminum, magnesium, parameters and Die Casting

## 7. Bibliografia

1. Chiaverini, V., Tecnologia Mecânica: Processo de Fabricação, São Paulo, 1981.
2. Magnesium Alloys, Hydro Magnesium.1997.
3. SENAI. Teoria fundamental do processo de fundição sob pressão, Belo Horizonte, 2001.
4. Nahed, A., El-Mahallawy<sup>a</sup>, Mohamed, A.T., Pokora, E., Klein. F., On the influence or process variables on the thermal conditions and properties of high pressure die-cast magnesium alloys. Journal of Materials Processing Technology, 73, p. 125- 138, 1998.