



EFEITO DOS PARAMETROS OPERACIONAIS DO PROCESSO SQUEEZE CASTING NA MACROESTRUTURA DA LIGA AA3003¹

*Crystopher Cardoso de Brito²
Andrejev Pereira de Souza³
Fabrício Dias Magalhães⁴
André Luiz de Moraes Costa⁵
Cláudio Siqueira Filho⁶*

Resumo

A fundição é um dos mais antigos e o mais versátil processo de fabricação de componentes metálicos. Os diversos processos de fundição permitem produzir desde milhões de peças de pequeno tamanho até poucas peças pesando várias toneladas. Recentemente, a técnica de *Squeeze casting* tem sido muito estudada para o uso na fabricação de compósitos de matriz metálica, especialmente em ligas de magnésio, alumínio e cobre. Com a rápida expansão da aplicação do magnésio na indústria automobilística, o desenvolvimento da tecnologia do processo Squeeze Casting para ligas de magnésio e seus compósitos tem sido motivada pelo incentivo à produção de componentes de alta qualidade. Neste trabalho analisou-se o efeito dos parâmetros operacionais de processo: temperatura de vazamento e pressão, com temperatura da lingoteira de 200°C. Analisando-se a modificação macroestrutural da liga AA3003.

Palavras-chave: *Squeeze Casting*; Modificação macroestrutural; Liga AA3003.

EFFECT OF OPERATING PARAMETERS OF THE PROCESS SQUEEZE CASTING AT MACROSTRUCTURA ALLOY AA3003

Abstract

The casting is one of the modern and the most versatile process of production of metallic components. Diverse casting processes allow producing since millions of parts of small size to few parts measuring various tons. Recently, the technique of squeeze casting has been greatly studied for the use in the production of composites of metallic matrix, especially in alloys magnesium, aluminum and copper. The fast expansion of the application of magnesium in industry automobile, the development of technology casting squeeze for alloys magnesium and their composites has been motivated by components production of high quality. This study analyzes the effect of operating parameters of the process: pouring temperature and pressure, with the die temperature of 200 ° C. Analyzing the change macrostructural alloy AA3003.

Key words: Squeeze casting; Macrostructural modification; AA3003 Alloy.

¹ *Contribuição técnica ao 65º Congresso da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ.*

² *Aluno de Graduação, Universidade Federal do Pará – UFPA. crystopher_engmat@yahoo.com.br*

³ *Aluno de Graduação, Universidade Federal do Pará – UFPA. andrejev@hotmail.com*

⁴ *Aluno de Graduação, Universidade Federal do Pará – UFPA. fabricao742@hotmail.com*

⁵ *Professor Doutor, Universidade Federal de Sergipe – UFS. andrekosta@bol.com.br*

⁶ *Professor Doutor, Universidade Federal da Paraíba – UFPB. siqueira@ct.ufpb.br*



1 INTRODUÇÃO

Squeeze Casting é um processo no qual perto é possível obter peças fundidas a partir do metal líquido. Ao contrário de outros processos de fundição, nesse processo o metal líquido é submetido a aplicação de altas pressões externas, que é mantida até que o componente solidifique completamente.⁽¹⁾

O processo *Squeeze Casting* tenta combinar as vantagens das tecnologias de fundição e forjamento: a pressão aplicada e o contato instantâneo do metal líquido com a superfície do molde gera uma condição de rápida transferência de calor e produz uma peça livre de poros e de granulação fina; esta peça tem propriedades mecânicas próximas daquelas de um produto forjado combinadas com as formas e baixo custo das peças fundidas.⁽²⁾ O processo *Squeeze Casting* consiste, basicamente, na solidificação do metal líquido em um molde metálico sob a aplicação de altas pressões. A técnica é econômica e relativamente simples, possuindo grande potencial para automatização e altas taxas de produção. O produto é de alta qualidade e, geralmente, tem a forma final, pois o processo permite fundir peças finas de geometrias complexas. O processo permite ainda obter tolerâncias de até 0,05mm para ligas fundidas não-ferrosas.⁽³⁾

Neste processo a pressão é aplicada até a total solidificação do metal. A aplicação da pressão normalmente fica em torno de 70 MPa e 100 MPa (embora pressões maiores que 300 MPa são possíveis de serem aplicadas),⁽⁴⁾ a microestrutura obtida é refinada e livre de defeitos de fundição, como: porosidades, inclusões, macrosegregação e bolhas de ar aprisionadas no interior do lingote.

Dessa maneira o presente trabalho buscou Analisar a influencia da pressão e da temperatura de vazamento na macroestrutura da liga AA3003 obtida a partir do processo *Squeeze Casting*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A liga AA3003 foi obtida a partir da fusão do corpo de latas de alumínio para bebidas. As latas foram compactadas em “pacotes” de 15 latas, com o auxílio de uma prensa de 100 toneladas. Em seguida os “pacotes” foram fundidos em forno de Resistência a uma temperatura de 750 °C para fornecer energia suficiente para a homogeneização do material fundido. É feita uma limpeza do banho para a retirada da escoria (resto de materiais contidos nas latas). A Tabela 1 mostra a composição química da liga segundo o padrão ASTM.

Tabela 1 – Composição Química da liga AA3003⁽⁵⁾

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Outros	Outros
Corpo (ASTM3003)	0,3	0,7	0,25	1,6-1,9	-	0,25	-	0,05	0,15

2.2 Parâmetros do Processo

Para a realização do experimento utilizou-se uma lingoteira de aço SAE1045 com as seguintes dimensões: diâmetro externo 115 mm, diâmetro interno 55 mm e altura 145 mm, conforme mostra a Figura 1. A lingoteira foi pré aquecida a uma temperatura de 200°C, o metal líquido foi vazado a 680°C e 720°C, para o punção adotou-se 90°C de temperatura. O tempo de pressão aplicado logo a após o vazamento (T_V) do metal na lingoteira foi de 30 s. As pressões aplicadas foram de:

20 MPa, 40 MPa, 60 MPa, além de solidificação sem pressão. O efeito da aplicação da pressão e a variação macroestrutural da liga foram investigados.

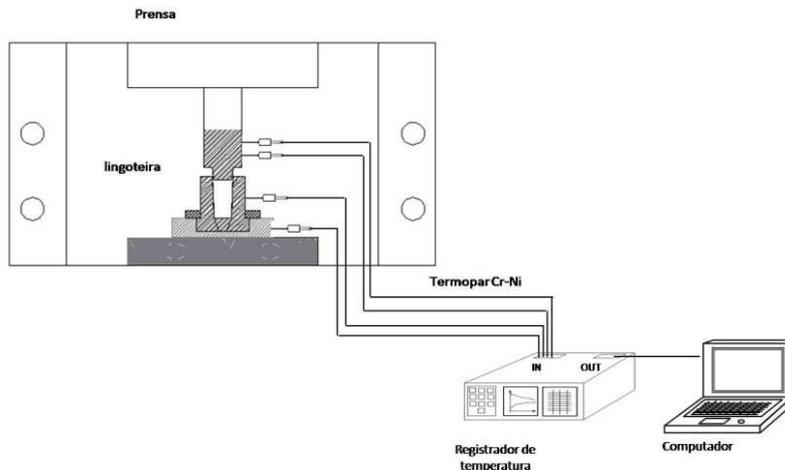


Figura 1. Layout da lingoteira usada na pesquisa.

2.3 Análise Macroestrutural

A análise macroestrutural foi realizada a partir do seccionamento do lingote na direção longitudinal em relação ao centro. A macroestrutura foi obtida através de ataque químico com o reagente de Tucker⁽⁶⁾ (45 ml HCl, 15 ml HNO₃, 15 ml HF e 25 ml de H₂O).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta as macroestruturas para a liga AA3003 para a temperatura de vazamento de 680°C, temperatura da lingoteira de 200°C, e pressões: sem pressão, 20 MPa, 40 MPa e 60 MPa.

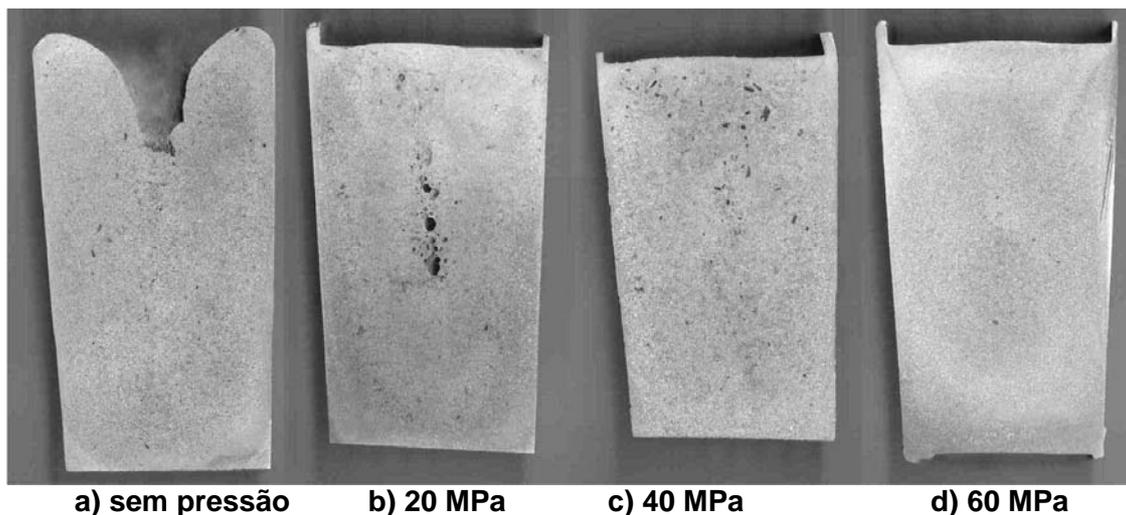


Figura 2. Macroestrutura da liga AA3003 $T_v = 680^\circ\text{C}$: a) sem pressão; b) 20 MPa; c) 40 MPa; d) 80 MPa. Ataque de Tucker. Aumento de 1/2X

Pôde-se verificar a predominância de grão equiaxiais refinados em todos os lingotes. Chadwick e Yue⁽⁷⁾ propuseram que a pressão não tem nenhum efeito direto

no refinamento de grão, eles observaram que a estrutura granular refinada é obtido pelo maior coeficiente de transferência de calor gerado devido à diminuição do gap entre o metal e lingoteira, favorecendo uma maior área de contato efetiva. Franklin,⁽⁸⁾ porem propõe que a aplicação da pressão provoca um maior resfriamento da liga superaquecida, ocasionando maiores taxas de transferência de calor, favorecendo assim a formação de mais núcleos, refinando a macroestrutura.

A Figura 2 mostrou a macroestrutura para o lingote sem pressão, observou-se a presença de leve rechupe no topo do lingote, a presença de grãos equiaxiais refinados e alguns pontos de macrossegregação. Para uma pressão de 20 MPa obteve-se lingotes com poros e macrossegregação.

Uma pressão de 40 MPa na condição de temperatura de vazamento da liga a 680°C eliminou as porosidades, porém formou-se muitos pontos de macrossegregação proveniente do movimento de líquido ou sólido, provocando a formação de uma composição química que se difere da composição média.⁽⁹⁾ No processo Squeeze Casting este movimento pode ser ocasionado pela deformação da fase solidificada por ação de tensões térmicas ou pela pressão. Segundo FERREIRA 1999⁽²⁾, a macrossegregação pode ser evitada aumentando-se a temperatura da lingoteira ou diminuir o tempo de espera para a aplicação da pressão.

Para a pressão de 80 MPa observou-se uma macroestrutura contendo uma combinação de sound casting (peça sem defeito de fundição) e refino grão.

A Figura 3 apresenta as macroestruturas para a liga AA3003 para a temperatura de vazamento de 720°C, temperatura da lingoteira de 200°C, e pressões: sem pressão, 20 MPa, 40 MPa e 60 MPa.

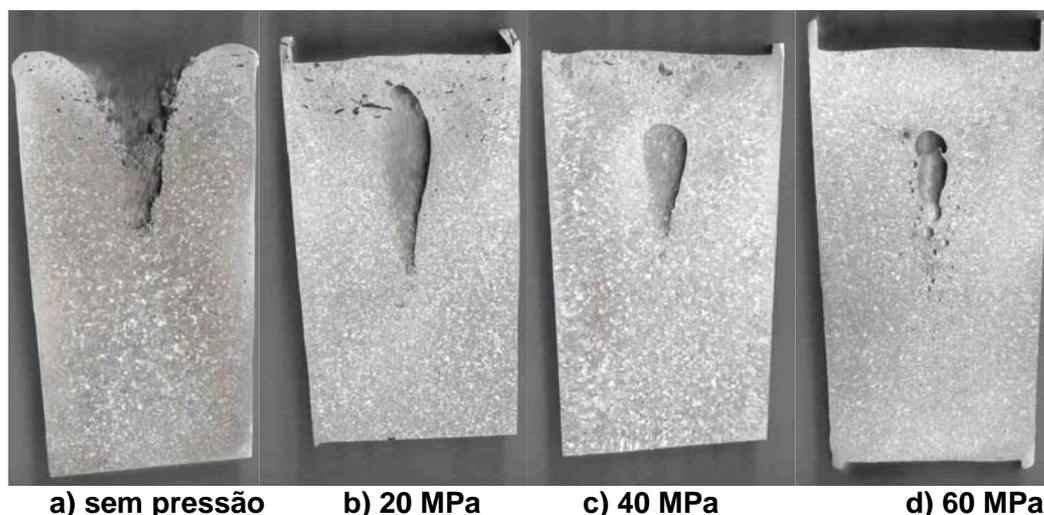


Figura 2. Macroestrutura da liga AA3003 $T_V = 720^\circ\text{C}$: a) sem pressão; b) 20 MPa; c) 40 MPa; d) 80 MPa. Ataque de Tucker. Aumento de 1/2X

Observou-se que um aumento de 40°C na T_V proporcionou a formação de grãos equiaxiais maiores em relação à T_V de 680°C. Os grãos equiaxiais sofreram um refinamento entre os lingotes de 0,1 MPa e 60 MPa. Verificou-se que para a liga AA3003 com uma T_V de 720°C pressões abaixo de 60 MPa não eliminam to talmente os defeitos de fundição.

Maleki⁽¹⁰⁾ observou que, quando se aplica baixas pressões no processo *Squeeze Casting* surge o aparecimento de bolhas de ar aprisionadas no interior do lingote durante sua solidificação. Como foi mostrado na Figura 3, para as pressões

de 20 MPa e 40 MPa houve o surgimento de porosidades e alguns pontos de macrosegregação.

Para a pressão de 60 MPa a macrosegregação foi totalmente eliminada, permanecendo somente as porosidades.

Verificou-se que para a liga AA3003 as duas temperaturas de vazamento analisadas influenciaram de formas distintas, mostrando que temperatura de vazamento e pressão atuam de forma direta na formação da morfologia macroestrutural para peças produzidas via processo *Squeeze Casting*.

4 CONCLUSÕES

Para a liga AA3003 uma temperatura de vazamento de 680°C proporcionou a combinação de formação de peças sem defeitos de fundição e grãos equiaxiais refinados para baixas pressões em torno de 60 MPa. Uma T_V de 720°C não há formação de peças sem defeitos para pressões abaixo de 60 MPa, as macrosegregações são eliminadas para pressões de 40 MPa e há um refino de grão a partir desta pressão.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal do Pará (UFPA) e CNPQ, pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 BRITNELL, D.J., NEAILEY, K., Macrosegregation in thin walled castings produced via the direct squeeze casting process. *Journal of Materials Processing Technology* 138 (2003) 306–310.
- 2 FERREIRA, J. M. G. de C., *Tecnologia da Fundição*, Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 507-518, 1999
- 3 DORCIC, J. L. and VERMA, S. K., Squeeze Casting, IN.: American Society for Metals: ASM Handbook, vol 15, "Casting", 9a edition, pp. 323-327, 1988.
- 4 KAINER, K.U. *Magnesium Alloys and Technology*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KG aA, Weinheim. Germany, 2003
- 5 BRAY, Jack W. *Aluminum Mill and Engineered Wrought Products*. ASM Handbook, vol 2, "Selection Non Ferrous", 9^o edition. pp. 124-14, 1988
- 6 BRITO, Crystopher Cardoso. *Influência da Pressão na Modificação Estrutural e Propriedades Mecânicas da liga Al-7%Mg Obtida Através do Processo Squeeze Casting*. Monografia de Graduação. Universidade Federal do Pará. 2009.
- 7 CHADWICK, G.A., YUE, T.M., *Principles and applications of squeeze castings, Met. Mater.* 5 (1) (1989) 6±12.
- 8 FRANKLIN, J.R., A.A. *FOUNDRYMAN, Das, Br.* 77 (3) (1984) 150.
- 9 GARCIA, Amauri. *Solidificação: fundamentos e aplicações*. Editora da Unicamp, Campinas, SP. 2001.
- 10 MALEKI, A. et al. Effects of squeeze casting parameters on density, macrostructure and hardness of LM 13 alloy. IN: *Materials Science & Engineering*. 2006. Pag. 135-140