

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE INJEÇÃO SOBRE A FORMAÇÃO DE DEFEITOS EM PEÇAS INJETADAS EM LIGAS DE ALUMÍNIO: RESULTADOS EXPERIMENTAIS VS. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Guilherme Ourique Verran

Departamento de Engenharia Mecânica- Universidade do Estado de Santa Catarina
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n – Bairro Bom Retiro
89223-100 – Joinville – Santa Catarina – Brasil
gverran@joinville.udesc.br

Rui Patrick Konrad Mendes

WEG Indústrias S.A.- Motores – Departamento de Engenharia Industrial
Av. Prefeito Waldemar Grubba, 3000.
89.256-900 – Jaraguá do Sul – Santa Catarina – Brasil
rmendes@weg.com.br

Marco Aurélio Rossi

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade do Estado de Santa Catarina
marcorossi@pop.com.br

***Resumo.** Neste artigo são descritos os resultados obtidos em um estudo realizado em parceria entre a LabFund/DEM/PGCEM/UEDESC e os Departamentos de Engenharia Industrial, de Controle da Qualidade e de Injeção de Alumínio da WEG Motores envolvendo a combinação de uma metodologia experimental DOE e de um aplicativo numérico comercial para investigar a influência dos parâmetros de injeção velocidade na primeira fase, velocidade na segunda fase e pressão de recalque sobre a qualidade de peças injetadas usando a liga SAE 305. Primeiramente foi elaborado um plano de corridas experimentais onde foram utilizadas diversas combinações entre os três parâmetros de injeção acima mencionados de forma a possibilitar a avaliação de suas influências quanto à ocorrência de defeitos de fundição tais como porosidades e solda fria. Para avaliação da sanidade das peças obtidas foram realizadas inspeções visuais pelo pessoal do controle de qualidade da empresa, análises fotográficas e determinação das porosidades usando analisador de imagens, bem como medições de densidade em uma região significativa de uma peça que apresentava uma grande incidência de porosidades após a sua usinagem. Com base nos resultados obtidos através destas análises foram realizadas simulações numéricas do processo usando as combinações de parâmetros de injeção que apresentaram os melhores e os piores resultados quanto à presença de porosidades e solda fria nas corridas experimentais. Na comparação entre os resultados experimentais e as informações obtidas através das análises das simulações realizadas pode-se observar uma boa convergência quanto à tendência a ocorrência de porosidade e de solda fria em função das variações nos parâmetros de injeção.*

***Palavras-chave:** ligas de alumínio, fundição sob pressão, defeitos, simulação, parâmetros de injeção.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de injeção sob pressão é regido por uma série de parâmetros, que adequadamente determinados e ajustados, resultam em uma peça injetada de qualidade. Na injeção sob pressão, o defeito mais comum nas peças obtidas é a porosidade interna. Uma das maiores causas é o ar aprisionado no metal líquido durante o processo de injeção. Porosidade interna também pode surgir na forma de rechupe, devido à solidificação prematura do metal no canal de ataque. Normalmente, as principais variáveis controladas são a temperatura do molde, volume de dosagem, velocidades lentas e rápidas de injeção, pontos de comutação, pressões de injeção, recalque bem como a qualidade metalúrgica, composição química e temperatura do alumínio líquido.

O projeto dos canais de alimentação, ataques e bolsas do molde, normalmente, visam a minimização da turbulência do metal durante o preenchimento da cavidade do molde, para evitar aprisionamentos de ar e possibilitar a injeção de uma peça de qualidade ⁽¹⁾. Uma vez definido o projeto do molde, somente resta a determinação adequada dos parâmetros de processo. Alguns parâmetros de injeção são facilmente ajustáveis durante o processo de injeção.

Normalmente, as principais variáveis controladas são a temperatura do molde, volume de dosagem, velocidades lentas e rápidas de injeção, pontos de comutação, pressões de injeção, recalque bem como a composição química e temperatura do alumínio líquido.

No presente trabalho utilizou-se uma metodologia de combinação de parâmetros experimentais (DOE), com o objetivo de determinar como alguns parâmetros influenciam na qualidade da peça injetada. Com esta informação, o fundidor pode ajustar estes parâmetros de modo a otimizar ao máximo o processo de injeção de uma determinada peça.

Os parâmetros de injeção estudados neste trabalho foram:

- *Velocidade lenta de injeção* – também chamada velocidade da primeira fase, é a velocidade do pistão quando o mesmo se movimenta para posicionar o alumínio no canal de ataque, preparando a injetora para o disparo. Alguns autores definiram as velocidades ideais em função do percentual de enchimento ⁽²⁻⁴⁾.

Velocidades muito altas da primeira fase podem provocar turbulência na câmara resultando no aprisionamento de ar ⁽⁵⁻⁶⁾. Caso isto ocorra, a peça injetada pode ficar com um alto índice de porosidade interna.

- *Velocidade alta de injeção* – é a velocidade da fase responsável pelo preenchimento da peça. Esta fase determina o tempo de enchimento da peça e a velocidade no canal de ataque.

Velocidades muito baixas da segunda fase podem resultar em falhas de preenchimento e solda fria. Velocidades muito altas podem resultar em porosidades na peça injetada ⁽¹⁾.

- *Pressão de recalque* - É a pressão multiplicada no cilindro de injeção após o preenchimento da peça, pressão esta responsável pela compactação da peça durante a solidificação, impedindo assim a expansão dos gases nela aprisionados e diminuindo a formação de rechupes devido à contração do metal. Caso ocorra demora na aplicação da pressão da terceira fase, o metal no canal já terá solidificado, resultando na formação de porosidade e rechupes ⁽⁷⁾.

A utilização de ferramentas para análise via CAE (*Computer Aided Engineering*), tornou-se elemento essencial para otimização das condições de processo de fundição e do projeto dos ferramentais e das peças fundidas. Através dela pode-se percorrer, indefinidamente, todo o processo de manufatura de uma peça, num curto espaço de tempo a um baixo custo, modificando parâmetros de processo ou mesmo detalhes da geometria tanto do molde como da peça a ser idealizada.

Estes recursos viabilizam a previsão de um conjunto de informações fundamentais para a construção do molde e definição de processo, como avaliação da vida útil do molde, suas variações dimensionais e possíveis deformações de seus componentes pela análise térmica. O mesmo pode-se aplicar à peça, prevendo propriedades estruturais localizadas, campos de tensões, precisão dimensional, crescimento de grão, segregações e defeitos provenientes da contração do metal durante o processo de solidificação e resfriamento, permitindo o ajuste de canais de distribuição e ataque, adaptações na geometria da peça, adequação dos canais de refrigeração, localização de bolsas de ar e outros parâmetros do processo ⁽⁸⁾.

Faura et al. ⁽⁶⁾ propuseram uma solução baseada no programa comercial WRAFTS, enfatizando a determinação da aceleração ótima do pistão de injeção. O código utiliza o método de Elementos Finitos convencional e as simulações foram feitas empregando elementos isoparamétricos de 8 nós.

Uma análise utilizando o mesmo programa WRAFTS foi apresentada por Backer et al. ⁽⁹⁾, que discutiu a necessidade da inclusão de modelos capazes de descrever o comportamento do ar aprisionado. As soluções numéricas foram comparadas qualitativamente com processos industriais.

Wang et al. ⁽⁵⁾ utilizaram o programa comercial FLOW3D para otimizar a aceleração do pistão no início da fase de *dosagem*. Os autores concluíram que as melhores condições de injeção são obtidas quando o pistão avança com uma aceleração variável. O programa comercial FLOW3D é baseado no método de Diferenças Finitas, sendo formulado a partir de uma descrição *Euleriana* das equações de Navier-Stokes e de transferência de calor, associadas ao modelo de turbulência *k-ε*.

O presente trabalho utilizou-se uma metodologia de combinação de parâmetros experimentais (DOE), com o objetivo de determinar como estes parâmetros influenciam na qualidade da peça injetada, trabalho semelhante foi realizado por Syrkos ⁽¹⁰⁾ usando a técnica de Tagushi. A partir dos resultados experimentais foram escolhidas as combinações de parâmetros de injeção que permitiram a obtenção dos melhores e dos piores resultados em termos de sanidade interna das peças obtidas e realizadas simulações do preenchimento e da solidificação com o objetivo de comparar os resultados experimentais com os dados obtidas nas simulações.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A peça utilizada neste estudo foi uma “tampa duplo cilindro” para motores aplicados a compressores (Figura 1.a), que apresentava problemas de porosidade e alto índice de refugo. Para avaliação da sanidade foi escolhida uma região crítica desta peça quanto à ocorrência deste tipo de defeito (Figura 1.b). A principal causa de refugo é o aparecimento de porosidades após o fresamento das regiões que precisam ser usinadas para que ocorra o acoplamento da camisa do pistão.

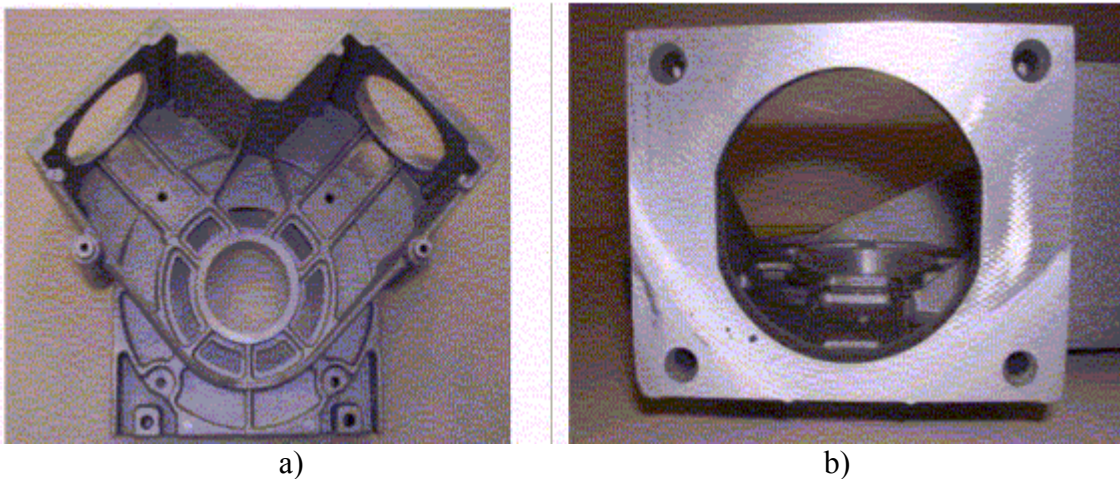


Figura 1. Peça utilizada neste estudo - Tampa Duplo Cilindro (a) e região da peça analisada mostrando a ocorrência de porosidades (b).

Foi proposta a utilização de uma metodologia DOE (Design of Experiments) com o objetivo principal de verificar a influência de alguns dos principais parâmetros de injeção sobre a qualidade final do produto injetado.

Os experimentos, bem como o processo de manufatura desta peça, foram realizados numa célula de injeção composta de uma máquina injetora Wotan com força de fechamento de 630 ton, um forno de espera e sistemas automáticos de lubrificação. O metal líquido foi vazado na câmara de injeção pelo operador com o auxílio de uma concha, sendo que a extração da peça e a aplicação do desmoldante também foram feitas de forma manual.

Foram estudados três parâmetros de injeção com as seguintes configurações: dois níveis de velocidade de 2ª fase (rápida), três níveis de velocidade de 1ª fase (lenta) e três níveis de pressão de recalque. Estes parâmetros foram selecionados devido à facilidade de manipulação e controle. Ao todo, foram feitas dezoito combinações diferentes, sendo injetadas cinco peças para cada combinação, totalizando uma quantidade de noventa amostras.

Como a injetora não possuía um sistema de aquisição e monitoramento de dados automático, foi necessário implantar este sistema. Para isto foi utilizado um sistema composto por CPU, cabos de conexão, placa de conversão Analógico/Digital (A/D), fonte de alimentação, transdutor de pressão, transdutor linear, starter, temporizador e um software.

Para determinação da qualidade das peças injetadas, foram utilizados três critérios distintos. No primeiro, pela inspeção visual da quantidade de porosidades, foram estabelecidos 5 níveis de porosidade, desde o nível 0 que representa isenção de porosidade, até um nível alto de porosidades visível macroscopicamente representado pelo nível 4.

O segundo critério utilizado foi a determinação da densidade, pelo princípio de Arquimedes, da região da peça que sofre usinagem em uma face. A densidade é um parâmetro muito utilizado no controle da sanidade em peças fundidas devido a facilidade na medição e eficiência na quantificação de vazios, tanto na forma de porosidades relacionadas com a presença de gases retidos no metal líquido, como na forma de rechupes devidos às contrações no estado líquido e durante a solidificação.

Um outro critério adotado usou análise quantitativa do percentual de porosidades na face usinada da mesma usando técnica fotográfica e um software de análise de imagens.

A Tabela 1 apresenta a programação de experiências. Para cada corrida experimental foram injetadas cinco peças, o que resultou num total de noventa peças fundidas. Na determinação da densidade e dos índices de porosidades foram analisadas todas as peças obtidas e calculados os valores médios.

Tabela 1. Programa de Experiências realizadas usando uma metodologia DOE.

Número da Corrida Experimental	Velocidade da 1º fase (m/s)	Velocidade da 2º fase (m/s)*	Pressão de recalque MPa
01	0,14	1,25	15,0
02	0,14	2,53	15,0
03	0,14	1,32	22,5
04	0,14	2,75	22,5
05	0,14	1,23	30,0
06	0,14	2,75	30,0
07	0,27	1,34	15,0
08	0,27	2,62	15,0
09	0,27	1,35	22,5
10	0,27	2,47	22,5
11	0,27	1,33	30,0
12	0,27	2,53	30,0
13	0,29	1,34	15,0
14	0,29	2,56	15,0
15	0,29	1,37	22,5
16	0,29	2,65	22,5
17	0,29	1,35	30,0
18	0,29	2,64	30,0

* Os valores da velocidade na segunda fase da injeção são variáveis de acordo com as medições realizadas.

Os valores apresentados na tabela 1 foram escolhidos com base em experimentos preliminares, nos quais foram observados os limites máximos e mínimos das velocidades capazes de produzirem

peças dentro da faixa de trabalho da injetora. Os maiores valores são os valores máximos que permitem produzir peças sem a ocorrência de respingos de alumínio líquido. Os menores valores são os mínimos que possibilitam um preenchimento adequado da peça.

As simulações foram realizadas usando o módulo de fundição sob pressão do MAGMASOFT, tendo sido escolhidas as melhores e piores combinações de parâmetros de injeção em função dos resultados obtidos nas avaliações de sanidade das peças produzidas nas diferentes corridas experimentais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios de densidade e dos índices de porosidades obtidos em todas as corridas experimentais realizadas são apresentados na Tabela 2, onde estão grifados em negrito as combinações de parâmetros que permitiram a obtenção dos melhores (corrida 05) e piores (corrida 14) resultados.

Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos usando a metodologia experimental DOE.

Corrida	Velocidade da 1ª fase (m/s)	Velocidade da 2ª fase (m/s)	Pressão de recalque MPa	Densidade (g/cm ³)	Índice de Porosidade (Inspeção visual)	Índice de Porosidade Quantitativo (% em área)
1	0,14	1,25	150	2,678	1,6	0,031
2	0,14	2,53	150	2,662	3,6	0,167
3	0,14	1,32	225	2,675	0,4	0,005
4	0,14	2,75	225	2,689	1,6	0,021
5	0,14	1,23	300	2,707	0,2	0,001
6	0,14	2,75	300	2,702	1,20	0,018
7	0,27	1,34	150	2,673	1,6	0,031
8	0,27	2,62	150	2,658	3,2	0,075
9	0,27	1,35	225	2,700	0,6	0,014
10	0,27	2,47	225	2,691	1,6	0,054
11	0,27	1,33	300	2,703	1,2	0,022
12	0,27	2,53	300	2,689	1,4	0,041
13	0,29	1,34	150	2,688	1,2	0,021
14	0,29	2,56	150	2,639	3	0,197
15	0,29	1,37	225	2,702	1,2	0,033
16	0,29	2,65	225	2,684	1,6	0,027
17	0,29	1,35	300	2,700	0,8	0,016
18	0,29	2,64	300	2,665	2,2	0,037

Conforme pode ser observado na Tabela 2 a combinação de parâmetros que resultou nos melhores valores de qualidade das peças para os três critérios de avaliação utilizados aconteceu na corrida 5 (baixas velocidades nas primeiras e segundas fases da injeção e alta pressão de recalque), enquanto que os piores resultados ocorreram na corrida 14 (altas velocidades de injeção nas duas fases e baixa pressão de recalque). Estas observações confirmam as previsões teóricas sobre as influências das velocidades nas duas fases da injeção sobre o surgimento de porosidades, ou seja, a utilização de maiores velocidades de injeção, tanto na primeira como na segunda fase, aumenta a turbulência no metal líquido, ocasionando aprisionamento de ar pela frente de enchimento e formação de maiores índices de porosidades nas peças produzidas. Quanto a pressão de recalque também foi confirmada a hipótese de que maiores pressões se tornam necessárias para uma compactação mais efetiva da peça, no entanto uma análise mais detalhada dos resultados experimentais indicou que em várias combinações, especialmente naquelas onde foram utilizadas

baixas velocidades de injeção, o uso de valores intermediários de pressão de recalque (22,5 MPa) resultou em peças com boa qualidade.

Os resultados mostraram que a combinação dos parâmetros de injeção: pressão de recalque 30,0 MPa e velocidades de injeção da primeira fase igual 0,14 m/s e da segunda fase igual a 1,23 m/s resultou na peça com a maior densidade, no entanto foi observada a ocorrência de defeito tipo solda fria em algumas das peças obtidas usando esta combinação.

A princípio a ocorrência de solda fria foi atribuída à baixa velocidade na segunda fase da injeção, o que elevou o tempo para o preenchimento da peças ocasionando queda na temperatura da frente de enchimento, gerando então o defeito conhecido como solda fria. Para evitar a ocorrência de solda fria foi proposta e testada uma velocidade intermediária (1,95 ms/) na segunda fase da injeção, o que eliminou a ocorrência deste tipo de defeito sem alterar de forma significativa o índice de porosidades.

De uma forma geral pode-se afirmar que os resultados obtidos através das duas técnicas para avaliação do índice de porosidade estão em concordância com os valores de densidade. Os gráficos das figuras 2 e 3 mostram a ocorrência de uma correlação de 79% entre a densidade e o índice de porosidade visual na peça sendo os mesmos inversamente proporcionais (figura 2) e uma correlação de 83 % entre o índice de porosidade quantitativo e o índice visual (figura 3) Estas constatações indicam que o critério visual de avaliação da porosidade utilizado em escala de produção é eficiente, uma vez que apresenta boas correlações com critérios mais precisos realizados em escala de laboratório.

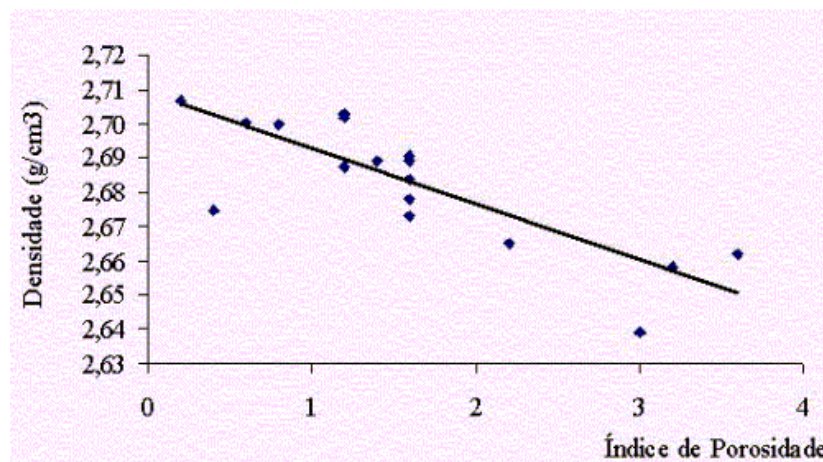


Figura 2. Correlação entre a densidade e o índice de porosidade visual

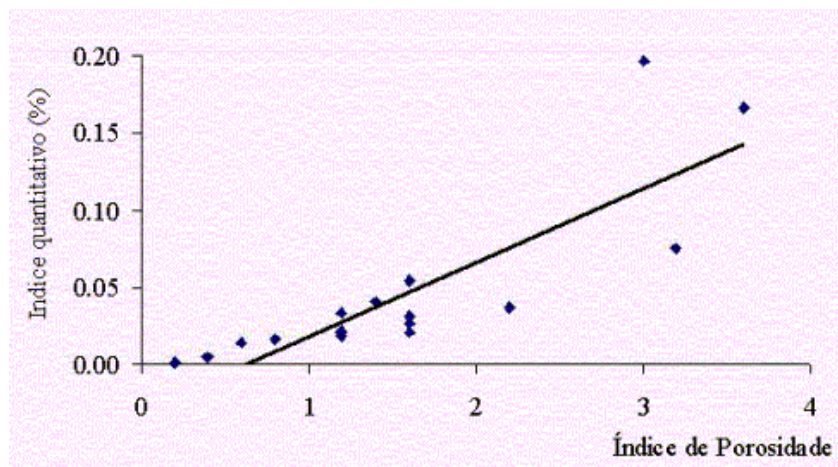


Figura 3. Correlação entre o índice de porosidade quantitativo e o índice de porosidade visual.

A seguir foram realizadas as simulações do preenchimento e da solidificação da peça usando como dados de entrada as combinações de parâmetros de injeção que resultaram nos melhores (corrida 05) e piores resultados (corrida 14) em termos de presença de porosidades (ou densidades), conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Combinações de parâmetros de injeção para a realização das simulações numéricas

Combinação 01 – Piores Resultados		Combinação 02 – Melhores Resultados	
Velocidade 1ª fase	0,27 m/s	Velocidade 1ª fase	0,14 m/s
Velocidade 2ª fase	2,6 m/s	Velocidade 2ª fase	1,3 m/s
Pressão de Recalque	15,0 MPa	Pressão de Recalque	30,0 MPa

Foram feitas simulações do preenchimento do molde para cada uma destas combinações, visando avaliar a tendência à formação de porosidades através da análise da distribuição de pressão do ar preso na cavidade durante o processo de injeção, quanto maior a pressão de ar preso na cavidade maior será a tendência à ocorrência de porosidades na peça injetadas. Através deste método é possível prever a presença de porosidades nas peças, porém não prevê o local e o tamanho exato dos poros ⁽²⁾.

Também foram realizadas análises das distribuições de temperatura no interior da cavidade nos estágios finais do preenchimento, de modo a permitir avaliar a tendência à formação de solda fria em função da velocidade de enchimento (velocidade na segunda fase da injeção).

A figura 4 apresenta os resultados práticos da combinação que resultou no pior resultado quanto ao índice de porosidades (figura 4a) e da combinação que permitiu o melhor resultado quanto a este índice de porosidades (figura 4b).

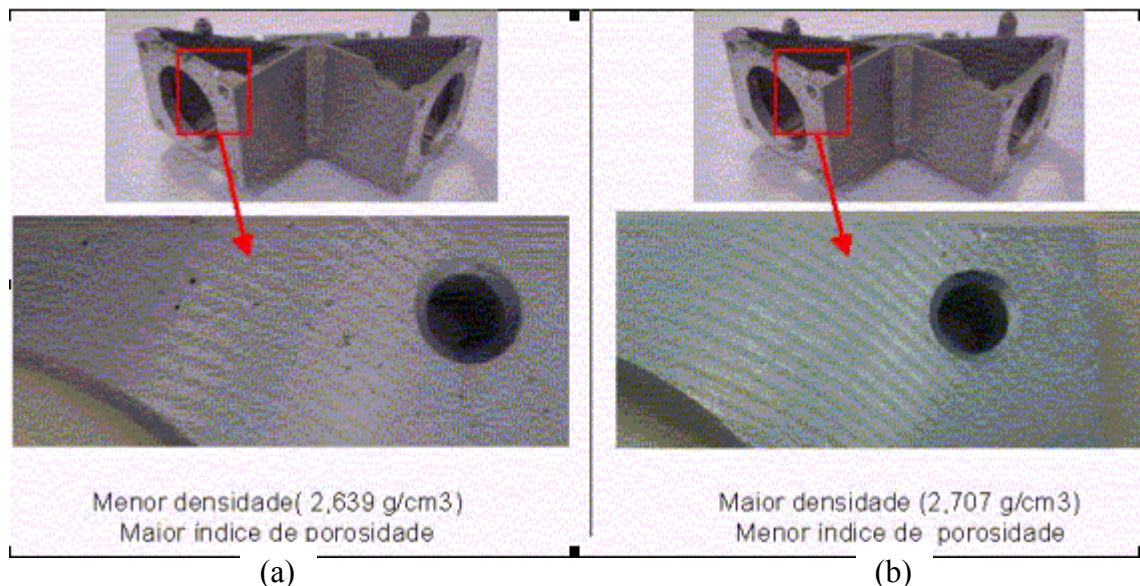


Figura 4. Região de peças fundidas mostrando peça com porosidades obtida com a pior combinação de parâmetros (a) e peça relativa a melhor combinação de parâmetros.

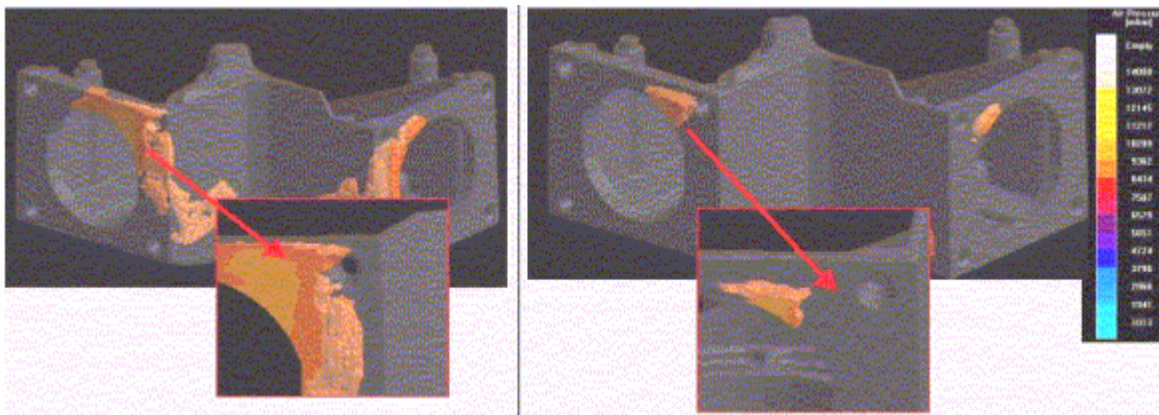


Figura 5. Simulação do preenchimento da peça mostrando a distribuição da pressão de ar preso no interior do molde para a melhor combinação de parâmetros (a) e para a pior combinação 2(b).

A figura 5 mostra imagens das simulações indicando que para a combinação 1 (piores resultados) existe uma maior quantidade de pressão de ar distribuída (Figura 5.a) em comparação com a combinação 2 (Figura 5.b), indicando a mesma tendência observada nos resultados obtidos experimentalmente.

A figura 6 apresenta os resultados práticos da combinação 1 (melhor resultado quanto à ocorrência de solda fria) (Figura 6.a) e da combinação 2 (pior resultado quanto à ocorrência de solda fria) (Figura 6.b).

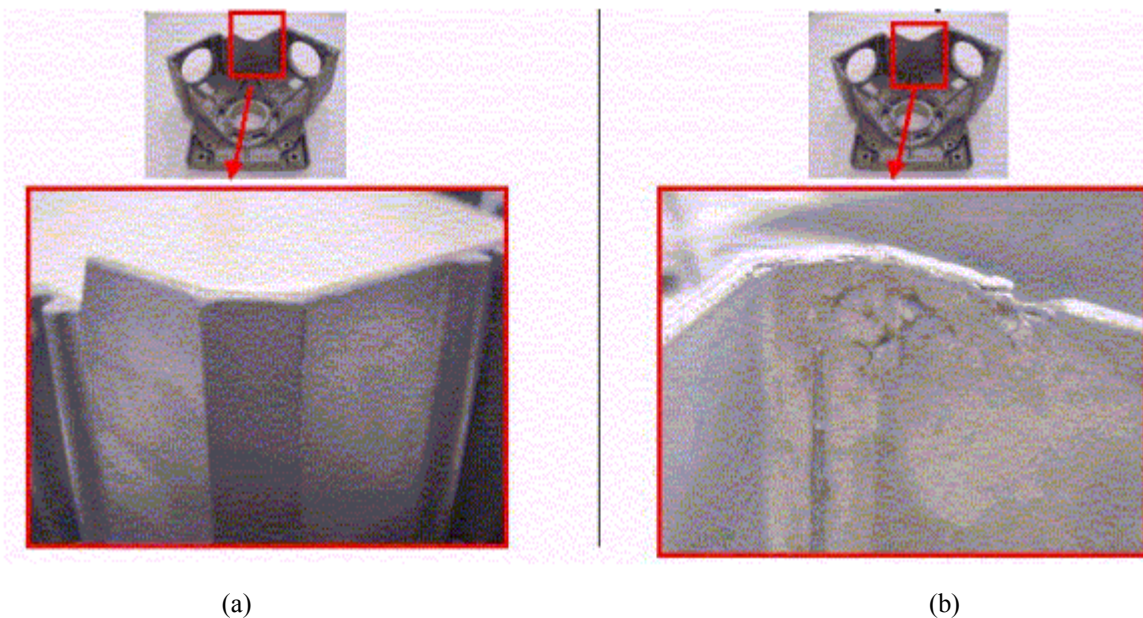


Figura 6. Peça sem solda fria (a) e peça com solda fria (b).

A figura 7 apresenta as imagens obtidas na simulação da distribuição de temperaturas do metal no estágio final do preenchimento do molde, indicando que para o uso de menores velocidades de injeção (combinação 2) existe um maior decréscimo da temperatura (Figura 7.b), onde se observa a existência de regiões com temperaturas inferiores à temperatura liquidus da liga utilizada o que aumenta a tendência ao surgimento do defeito solda fria. Na Figura 7.a observa-se que o uso de maiores velocidades de injeção faz com que o decréscimo de temperatura seja menos acentuado, eliminando assim a ocorrência de solda fria.

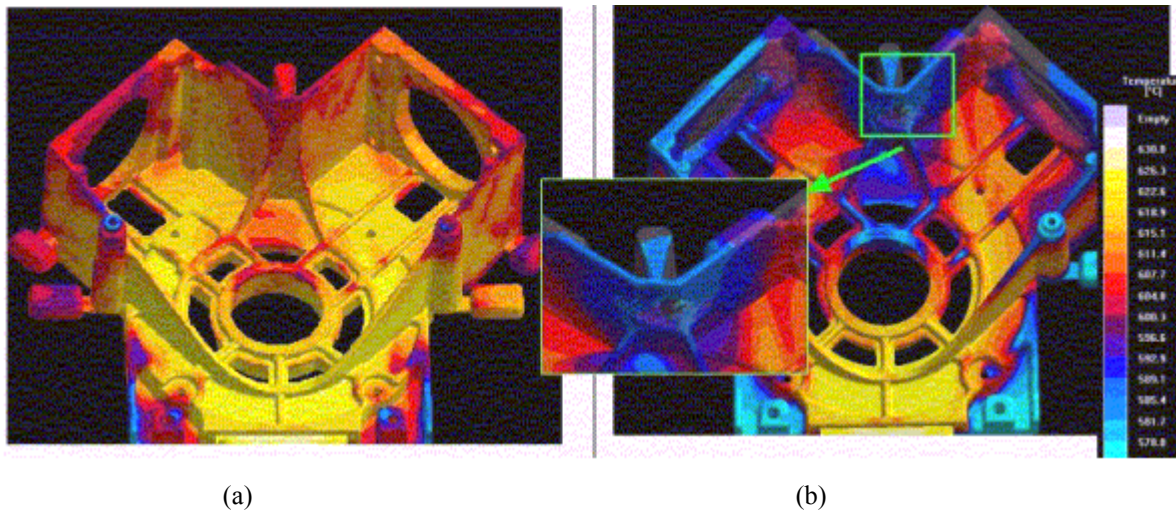


Figura 7. Simulação do preenchimento da peça, (a) uso de maiores velocidades de injeção e (b) uso de menores velocidades de injeção causando um maior resfriamento da frente de enchimento conforme observado no detalhe ampliado.

Comparando os resultados obtidos experimentalmente com as informações extraídas das análises das simulações realizadas, pode-se afirmar que tanto os dados experimentais como os resultados das simulações estão de acordo com as previsões teóricas sobre a influência dos parâmetros de injeção investigados sobre a formação dos defeitos porosidades e solda fria em peças fundidas sob pressão.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- os melhores valores em termos de sanidade interna da peça em estudo foram obtidos com a utilização de baixas velocidades de injeção, tanto na primeira fase (0,14m/s), como na segunda fase (1,33 m/s),
- os valores de densidade, e conseqüentemente a sanidade interna, apresentaram relação direta com as pressões de recalque utilizadas, não tendo sido constatadas melhoras significativas quando se aumentou a pressão de recalque de 22,5 MPa para 30,0 MPa, no entanto os melhores valores em termos de combinação dos três parâmetros de injeção testados foram obtidos com o uso de pressão de recalque igual a 30,0 Mpa,
- os três diferentes critérios utilizados para avaliação da qualidade das peças produzidas apresentaram boas correlações entre si, indicando que todos podem ser adotados como critério para avaliação da qualidade de peças fundidas sob pressão,
- os resultados obtidos concordam com os dados a revisão bibliográfica, de que baixos índices de porosidade estão relacionados com baixas velocidades de 1ª e 2ª fase e altas pressões de recalque,
- a utilização da metodologia DOE se mostrou efetiva na análise deste problema.
- as informações obtidas nas simulações numéricas estão de acordo com os resultados experimentais quanto a influência dos parâmetros de injeção estudados sobre a tendência a formação dos defeitos porosidades e solda fria.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à WEG Motores pela disponibilização de suas instalações, à UDESC pelo apoio financeiro e ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KARBAN, R. JR. Ph. D. The Effects of Intensification Pressure, Gate Velocity & Intermediate Shot Velocity on the Internal Quality of Aluminum Die Castings In: North American Die Casting Association Transactions, 2001, Indianapolis, USA, p. 1-10.
- [2] GARBER, L.W. A Nomograph for Determination of Slow Shot Travel. **Die Casting Engineer**, v.17, p.75-84, march/april1973.
- [3] KARNI, Y. Optimization of Process Variables for Die Casting. In: 17th International Die Casting Congress and Exposition. (Paper G-T93-018). October,1993.
- [4] TSZENG, T. C. & CHU, Y. A Study of Wave Formation in Shot Sleeve of a Die Casting Machine.(Report MS-ERC/NSM-C-92-01).Columbus. OH: Ohio State University, College of Engineering, 1992.
- [5] WANG, F L.; NGUYEN, T.; MURRAY, M. Simulation of Flow Pattern and Temperature Profile in the Shot Sleeve of a High Pressure Die Casting Process. In: North American Die Casting Association Transactions, 2001, Indianapolis, USA. p. 4-13.
- [6] FAURA, F; LOPEZ, J.; HERNÁNDEZ J. On the optimum plunger acceleration law in the slow shot phase of pressure die casting machines. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v.41, p. 173-91, 2001..
- [7] SAVAGE G.; GRESHENZENZON, M.; ROGERS K.J. The Role of Pressure in High Pressure Die Casting. In: North American Die Casting Association Transactions, 2001, Indianapolis, USA, p.1-3.
- [8] TSENG, C.H.E. & ASKELAND, D.R. Study of the EPC Mold Filling Process Using metal Velocity and Mass and Energy Balances. **AFS Transactions**, p. 520, 1992.
- [9] BACKER, G. RANGANATHAN, M. HEIMSCH, J. MCLAUGHLIN, M. KIM, W. Simulation of flow-induced gas entrapment and its effects on porosity in aluminum die castings In: North American Die Casting Association Transactions, 2001, Indianapolis, USA. p. 44-53.
- [10] SYRCOS G. P. Die casting process optimization using Tagushi methods. **Journal of Materials Processing Technology**, v.135, p. 68 – 74, 2003.

EVALUATION OF THE INJECTION PARAMETERS INFLUENCE OVER DEFECTS FORMATION IN DIE CASTING ALUMINIUM ALLOYS: EXPERIMENTAL RESULTS VS. NUMERIC SIMULATION

Guilherme Ourique Verran

Mechanics Engineering Department – Santa Catarina State University
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n – Bairro Bom Retiro
89223-100 – Joinville – Santa Catarina – Brasil
gverran@joinville.udesc.br

Rui Patrick Konrad Mendes

WEG Motors Department of Industrial Engineering
Prefeito Waldemar Grubba Street 3000.
89.256-900 – Jaraguá do Sul – Santa Catarina – Brasil
rmendes@weg.com.br

Marco Aurélio Rossi

Mechanics Engineering Department – Santa Catarina State University
marcorossi@pop.com.br

Abstract. This paper describes the results obtained in a study performed in partnership between LabFund/DEM/PGCEM/UESC and the Departments of Industrial Engineering, of Control of the Quality and of Aluminum Die Casting of WEG Motors involving the combination of an experimental methodology DOE (Design of Experiments) and of a commercial numeric applicative to investigate the influence of the speed injection parameters: speed in the first and second phases and upset pressure over the quality of die casting parts in 305 aluminium alloy. Initially was performed a plane of experiences where were used several combinations between the three injection parameters studied in order to enable the evaluation of its influences regarding the foundry defects occurrence such as porosities and cold shuts. Evaluation of the sanity in obtained castings was performed by visual inspections and quantitative metal graph analyses, as well as density mensurations in a significant region of the casting in which appear great quantities of porosities after surface machining. With base in the results obtained through those analyses were performed numeric simulations of the die casting process using the same injection parameters in which were obtained the best and the worst results regarding the presence of porosities and cold shuts in the experiments. The comparison between experimental results and the information obtained through the analyses of the performed simulations shows a good convergence regarding the trend to porosity and cold shuts occurrence in function of the variations in the injection parameters.

Key words: *aluminum alloys, die castings, defects, simulation, injection parameters.*