

Influência da umidade relativa do ar na Porosidade de rodas de liga leve

Thaís Fernanda Medrani, thaismedrani84@gmail.com¹
Mariana Carvalho Oliveira, mari.coliveira@hotmail.com²
Fábio Gatamorta, fabio.gatamorta@gmail.com¹

¹ Faculdade Anhanguera de Jundiaí, SP- Brasil, Rua do Retiro, 3000, Jundiaí, SP - Brasil

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/USP), SP - Brasil

Resumo: A fundição é uma das etapas mais importantes para a confecção de rodas de liga leve por injeção. O processo ocorre pela fusão da matéria prima que, em seu estado líquido é acondicionada em uma injetora e por ação mecânica preenche um molde dando forma ao produto. Os defeitos associados a essa técnica impactam diretamente na etapa posterior de usinagem de acabamento superficial das peças. A porosidade é um dos principais problemas enfrentados durante a manufatura dos componentes fundidos e pode ser atribuída a presença de ar no metal líquido ou vazios de contração durante a etapa de solidificação. Por essa razão, o trabalho tem como objetivo estudar a influência da umidade relativa do ar na presença de porosidade das rodas produzidas. Os dados de umidade relativa do ar e o percentual de refugo por porosidade foram coletados diariamente. Para a coleta da umidade relativa utilizou-se um termo-higrômetro digital. Na identificação da porosidade macroscópica das peças, utilizou-se o ensaio visual por meio da análise de raio-x. As peças que apresentaram defeitos macroscópicos foram automaticamente refugadas. As peças aprovadas no raio-x foram inspecionadas pelo ensaio de líquido penetrante. Os dados de umidade relativa do ar e os percentuais diários de porosidade foram comparados graficamente. Apesar da porosidade representar aproximadamente 56% dos defeitos (ou 7.000 peças refugadas) no caso estudado, os dados não demonstraram qualquer correlação entre a umidade relativa do ar e os índices de refugo por porosidade.

Palavras-chave: fundição, porosidade, umidade do ar, liga de alumínio, liga A356.

1. INTRODUÇÃO

As rodas de liga leve podem ser fabricadas utilizando o processo de fundição por injeção. Ele pode ser realizado em câmara quente, quando o pistão está inserido no metal líquido, ou por câmara fria, onde o metal é fundido separadamente e posteriormente inserido na injetora antes do preenchimento do molde por pressão. Após o preenchimento do molde, ocorre a solidificação e o produto é extraído na forma de peça semiacabada. Por fim, as peças são usinadas na etapa de acabamento superficial garantindo que as dimensões nominais serão atendidas.

Na fabricação da maior parte dos produtos fundidos utilizam-se ligas metálicas comerciais. Essas ligas apresentam características específicas em função de sua composição química e podem garantir propriedades mais adequadas à aplicação desejada. A liga A356 é muito utilizada na fabricação de rodas de automóveis. Essa liga permite que sejam realizadas etapas de tratamento térmico T6 (solubilização e envelhecimento) no intuito de elevar os limites da tensão de ruptura da liga e aumentar a dureza dos fundidos (ABAL, 2007).

Segundo Torres (2013), a temperatura do metal fundido influencia no preenchimento do molde e na formação dos defeitos pontuais. A injeção do metal líquido deve ocorrer a uma temperatura superior ao início de sua transformação (superaquecimento) permitindo que o líquido seja moldado (Garcia, 2007). Após a moldagem, a solidificação é acelerada pelo sistema de refrigeração obtendo uma peça sólida semiacabada. Para obter um material fundido de boa qualidade é necessário controlar a solidificação da liga utilizada. A solidificação é o fenômeno de transformação e, quando não corretamente controlada, pode acarretar a formação de defeitos pontuais como: poros, vazios de contração ou mesmo a presença de fases indesejáveis. Esses defeitos têm efeito direto nas propriedades mecânicas dos componentes fundidos. A presença de porosidade, a composição química, a morfologia dos grãos e a distribuição das fases na microestrutura são características importantes para obtenção de uma peça fundida com boas propriedades mecânicas. (Gomes, 2012).

Os processos de fundição podem sofrer alterações ocasionando em defeitos durante o processamento do metal fundido e na solidificação do metal no molde. Alguns dos defeitos mais encontrados na manufatura desses componentes são: porosidade, contração, deformação das peças, composição química fora da especificação e resfriamento incorreto. Segundo Verran e Mendes (2006), a porosidade interna é o defeito mais comum encontrado em peças produzidas utilizando a técnica de fundição sob pressão. A porosidade é normalmente atribuída à presença de ar aprisionado no metal líquido ou à formação de vazios de contração durante a solidificação prematura do metal nos canais de

alimentação. No intuito de prever a solidificação e evitar o resfriamento incorreto, utilizam-se modelagens computacionais ou simulações via softwares comerciais como: o MAGMA® e PROQUEST® (Serra, Scal e Ferreira, 2011). No caso estudado, a porosidade representou aproximadamente 56% dos defeitos e mais de 7.000 peças refugadas.

O presente trabalho tem como objetivo estudar se há influência da umidade relativa do ar no local na porosidade presente nas rodas de liga leve fabricadas. As rodas foram fabricadas via fundição por injeção utilizando a liga A356. Os valores de umidade relativa do foram coletados diariamente e comparados com os índices de refugo no intuito de correlacionar essas variáveis buscando estabelecer métodos para corrigir ou minimizar a causa do efeito.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1. Identificação da porosidade

Para avaliação e qualificação dos tipos de defeitos, 100% das peças produzidas foram inspecionadas por meio da análise de raio-x. Quando detectou-se defeitos macroscópicos e facilmente perceptíveis as peças foram automaticamente refugadas, sem registro do tipo de defeito. Normalmente atribui-se esses defeitos a vazios de contração ou falhas no preenchimento dos moldes decorrentes de erros nos parâmetros de fabricação. Na Figura 1, exibe-se um caso onde foi identificada porosidade. Analisando a imagem, percebe-se na região circulada em vermelho uma área esbranquiçada indicando ausência de material.



Figura 1. Porosidade em uma amostra encontrada por meio da análise de raio-x.

Das peças aprovadas na análise de raio-x, cinco em cada lote foram coletadas e analisadas por meio do ensaio de líquido penetrante (não destrutivo). O ensaio de líquido penetrante é o que define se as peças serão refugadas por porosidade. Em geral, as peças que exibem uma elevada densidade de poros e vazios concentrados são reprovadas. A Figura 2 apresenta uma imagem do ensaio de líquido penetrante realizado em uma amostra.



Figura 2. Porosidade na amostra encontrada por meio do ensaio de líquido penetrante.

Após o procedimento, determina-se que caso seja encontrado um alto índice de porosidade todo o lote da amostra deve ser reprovado e torna-se refugo. Algumas peças que haviam sido aprovadas nos ensaios mencionados foram também descartadas quando exibiram porosidade superficial após a usinagem de acabamento. Entretanto, quando o defeito foi encontrado nessa etapa do processo ele não foi classificado como refugo por porosidade, apenas como defeito decorrente do próprio processo produtivo.

Não foram realizadas medidas quantitativas do volume de poros presentes nas amostras. Por se tratar de um processo produtivo contínuo determinou-se que seria mais compatível com a dinâmica do local análises visuais e qualitativas. As peças refugadas retornam a fundição gerando retrabalho, mas a matéria-prima não foi perdida.

2.2. Valores de referência

Na Figura 3, apresenta-se o termo-higrômetro digital utilizado nas medições de umidade relativa do ar no local. Adotaram-se os valores médios diários registrados ao longo de oito meses em horários pré-estabelecidos.



Figura 3. Termo-higrômetro utilizado para medição de umidade e temperatura ambiente.

Para identificação da quantidade de peças refugadas por dia e do percentual de refugo referente a esse tipo de defeito utilizou-se os dados da produção via controle estatístico de processo (CEP) ao longo de 310 dias. Por fim, os dados coletados através do termo-higrômetro digital foram comparados com os índices diários de refugo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 apresenta um dos casos de porosidade aparente na secção transversal em uma das amostras reprovadas. Os vazios estão distribuídos ao longo de toda a secção e alguns deles possuem morfologia esferoidal, sugerindo a presença de gás dissolvido no metal líquido. A oxidação não foi analisada, mas sabe-se que esta pode ser uma das causas da porosidade nos fundidos. A análise por raio-X comprovou elevada quantidade de porosidade e suficiente para reprovação do lote.

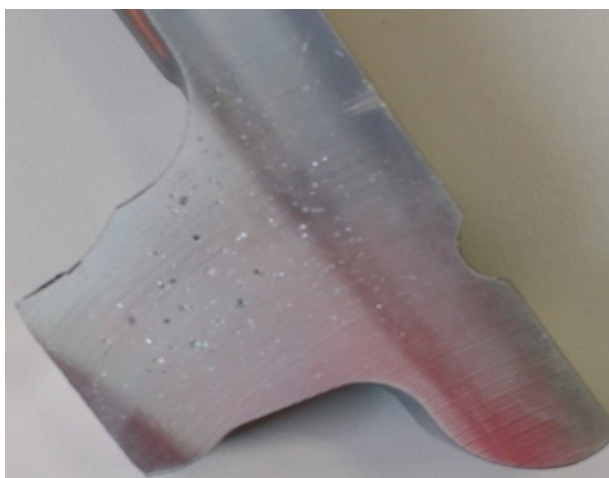


Figura 4. Secção transversal de uma peça reprovada na inspeção de porosidade.

A Figura 5 apresenta os valores de umidade relativa do ar e a porcentagem de defeitos por porosidade encontrados durante o processo produtivo. O gráfico revela uma grande variação dos valores de umidade relativa. A umidade variou de 10 a 90% com pequenos intervalos de baixa ou alta umidade em períodos específicos de acordo com o clima local. Observa-se também que os percentuais das peças reprovadas apresentaram baixa amplitude de variação e demonstraram valores randômicos.

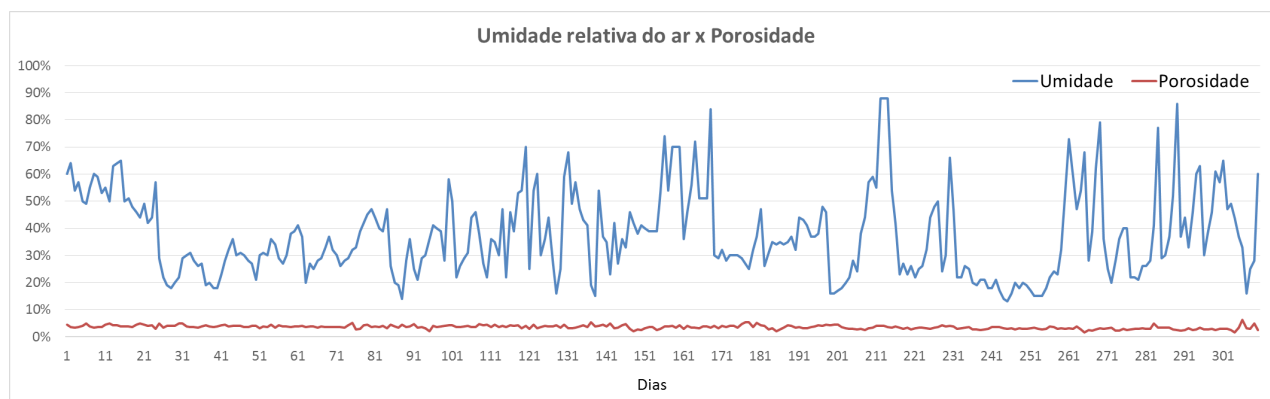


Figura 5. Percentual de defeitos por porosidade e a umidade relativa do ar durante o processo produtivo.

Na figura 6, apresentam-se os dados reorganizados e dispostos graficamente em ordem decrescente. A Figura 7 apresenta um recorte dos 50 maiores percentuais de refugo onde, observa-se que os maiores percentuais de refugo se relacionam a baixos valores de umidade relativa do ar. Entretanto, essa relação não foi verificada no restante dos dados, logo não pode ser configurada como uma tendência de comportamento.

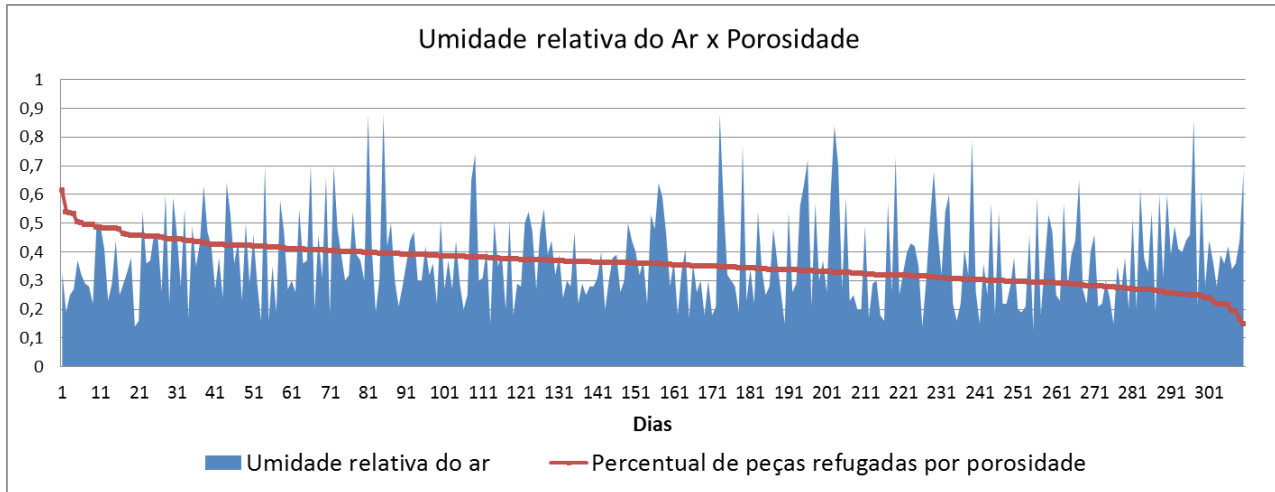


Figura 6. Comparação entre os defeitos por porosidade e a umidade relativa do ar.

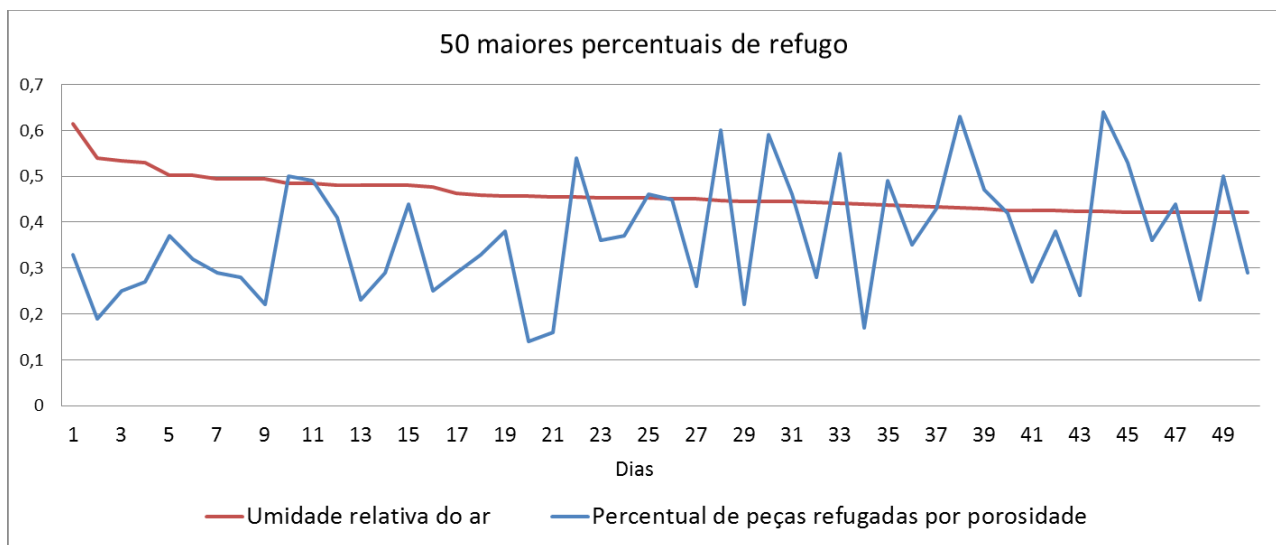


Figura 7. Umidade relativa do ar nos 50 dias com maiores percentuais de refugo por porosidade.

4. CONCLUSÕES

Após análise dados coletados na manufatura das rodas de liga leve, não foi possível afirmar que existe uma correlação entre a umidade relativa do ar e o aumento de porosidade dos produtos fundidos. Os valores encontrados não revelam uma tendência de comportamento e a presença de porosidade deve estar relacionada às variações dos parâmetros do próprio processo produtivo. Importante observar que a informação bastante difundida nas metalúrgicas acerca da influência da umidade relativa do ar na porosidade dos fundidos não pode ser verificada no processo estudado.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Faculdade Anhanguera de Jundiáí.

6. REFERÊNCIAS

- Abal., 2007, “Associação Brasileira do Alumínio”. Fundamentos e Aplicações do Alumínio, São Paulo, pp 68.
- Torres, L.V., 2013, “Tixotomografia de novas ligas Al-Si-Cu”, Tese - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP, pp. 201.
- Garcia, A., 2007, “Solidificação: Fundamentos e Aplicações”, Editora da Unicamp, Campinas, 2 ed.
- Gomes, L.G., 2012, “Microestrutura Dendrítica”, Macrosegregação e Microporosidade na Solidificação de Ligas Ternárias Al-Si-Cu, Tese - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP.
- Serra J.G, Scal M.W, Ferreira F., 2011, “Modelagem da Formação de Porosidades na Solidificação de Tarugos pelo Programa Thermocalc®” Tecnologia Metalúrgica Materiais e Mineração, Vol 8, São Paulo, pp. 99 - 108.
- Verran, G.O. and Mendes, R.P.K., 2006, “Simulação numérica de DOE aplicados na melhoria do processo de fundição sob pressão de ligas de alumínio”, Estudos Tecnológicos, Vol. 2, São Leopoldo, pp. 13-25.
- Chaudhury, S., and Apelian, D., 2005, “Effects of Solution Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Al-Si-Cu-Mg (354) Alloy Using a Fluidized Bed Reactor”, AFS Transactions, pp. 1-14.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

INFLUENCE OF RELATIVE AIR HUMIDITY ON LIGHT ALLOY WHEELS POROSITY

Thaís Fernanda Medrani, thaismedrani84@gmail.com¹
Mariana Carvalho Oliveira, mari.coliveira@hotmail.com²
Fábio Gatamorta, fabio.gatamorta@gmail.com¹

¹ Anhanguera College of Jundiaí, SP- Brazil, Retiro street, 3000, Jundiaí, SP - Brazil

² Nuclear and Energy Research Institute (IPEN/USP), SP - Brazil

Abstract. Casting is one of the most important steps for the injection of light alloy wheels. The process occurs by casting the raw material, which in its liquid state is conditioned in an injector and by mechanical action fills a mold giving form to the product. The defects associated to this technique have a direct impact on the subsequent part surface machining. Porosity is one of the major problems found during casting and can be attributed to the the presence of air in the liquid metal or voids during the solidification step. Therefore, the objective of this work is to study the relative air humidity influence in the wheels porosity. Air humidity and porosity percentages were collected daily. A digital thermo-hygrometer was used to collect the relative humidity. To identify the pieces macroscopic porosity, the visual test was applied via x-ray analysis. The pieces that presented macroscopic defects were automatically rejected. Pieces approved on the x-ray were inspected by the penetrant test. The pieces corresponding to the reprobated lots were sectioned and analyzed by x-ray. The relative air humidity data and the daily percentages of porosity were compared graphically. Although porosity represents approximately 56% of the defects (or 7,000 scraps) in this particular case, the data did not show any correlation between the relative air humidity and the porosity scrap percentage.

Keywords: casting, porosity, air humidity, aluminium alloy, A356 alloy.