ENSINO DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO EM AREIA APLICADO A LIGAS DE ALUMÍNIO NO CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

Lorena G. O. da Gama[1], Mário V. M. da Silva[2], Nelma C. S. da Silva[2], Lourival A. de S. Neto[2],Yury Y. F. L. Leite[3], Luiz G. da S. Nascimento[4]

[1]Mestranda de Engenharia de Materiais – PPGEMAT - IFPA, Belém-PA, Brasil
Lorena_greice@hotmail.com
[2]Mestrandos de Engenharia de Materiais – PPGEMAT - IFPA, Belém-PA, Brasil
[3]Mestrando de Engenharia de Mecânica – PPGEM - UFPA, Belém-PA, Brasil
[4]Dr. de Engenharia de Recursos Naturais da Amazonia, – PRODERNA - UFPA, Docente do IFPA Campus Belém, Belém - PA, Brasil

Resumo: A fundição em areia é um dos processos de fabricação mais utilizados na produção de componentes metálicos, destacando-se pela versatilidade, baixo custo e capacidade de produzir peças com diferentes dimensões e geometrias. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o processo de fundição de liga de alumínio em molde de areia, abordando as etapas de preparação da areia de moldagem, confecção do molde, refusão do metal e obtenção da peça fundida, bem como a avaliação dos principais defeitos observados durante o processo experimental. Inicialmente, realizou-se o peneiramento da areia fina para remoção de impurezas e melhoria da uniformidade granulométrica. Posteriormente, a areia foi misturada com bentonita e água em betoneira, obtendo-se uma mistura com adequada plasticidade e coesão para moldagem. Em seguida, procedeu-se à preparação da caixa de moldagem, posicionamento do modelo e compactação da areia verde. Após a preparação do molde, a sucata de alumínio foi submetida à refusão em forno tipo mufla a aproximadamente 660 °C até completa fusão do metal. O alumínio líquido foi então homogeneizado e vazado no interior do molde confeccionado. Os resultados demonstraram que o processo possibilitou a obtenção de uma peça com geometria satisfatória e adequado preenchimento da cavidade do molde. Entretanto, foram observadas irregularidades superficiais e defeitos de porosidade, associados principalmente à compactação inadequada da areia, turbulência durante o vazamento e aprisionamento de gases. Dessa forma, os resultados evidenciam a importância do controle dos parâmetros de moldagem, temperatura e vazamento para minimizar defeitos e garantir melhor qualidade metalúrgica das peças fundidas.

Palavras-chave: Fundição em areia; Liga de alumínio; Moldagem em areia verde; Defeitos de fundição; Porosidade; Engenharia de materiais.

INTRODUÇÃO

A fundição constitui um dos processos de fabricação mais antigos e relevantes da engenharia metalúrgica, sendo amplamente empregada na produção de componentes metálicos de diferentes dimensões, geometrias e aplicações industriais. O processo consiste, fundamentalmente, no vazamento de metal líquido em uma cavidade previamente confeccionada em um molde, cuja geometria corresponde ao formato desejado da peça. Após o resfriamento e a solidificação do metal, obtém-se o componente fundido com características próximas às dimensões finais especificadas.

Devido à sua elevada versatilidade, a fundição permite a fabricação tanto de peças simples quanto de componentes com elevada complexidade geométrica, podendo ser aplicada na produção unitária ou em larga escala. Além disso, destaca-se pela capacidade de produzir peças com ampla variedade de tamanhos e formatos, tornando-se um dos métodos mais econômicos e eficientes para obtenção de componentes metálicos destinados aos mais diversos setores industriais (BALDAM; VIEIRA, 2014).

Historicamente, os processos de fundição possuem origem em civilizações antigas, com registros associados ao Egito Antigo e à utilização do método conhecido como “cera perdida”, no qual um modelo confeccionado em cera é eliminado durante as etapas de preparação do molde antes do vazamento do metal

líquido (GROOVER, 2014). Ao longo do desenvolvimento tecnológico, os processos de fundição evoluíram significativamente, incorporando melhorias relacionadas ao controle térmico, qualidade dos materiais de moldagem e otimização dos parâmetros operacionais.

No ponto de vista metalúrgico, a fundição envolve uma série de fenômenos físicos, químicos e térmicos associados às transformações de fase ocorridas durante a fusão e solidificação do metal. Tais fenômenos influenciam diretamente a microestrutura, as propriedades mecânicas e a qualidade superficial das peças produzidas.

Além disso, o processo compreende sucessivas transferências geométricas entre modelo, molde e peça final, exigindo elevado controle dimensional para garantir fidelidade ao formato originalmente projetado (GIULIANO, 2008).

A seleção do processo de fundição mais adequado depende de diversos fatores, tais como quantidade de peças a serem produzidas, complexidade geométrica, dimensões, acabamento superficial requerido, precisão dimensional e custos envolvidos na fabricação.

Adicionalmente, aspectos relacionados ao controle de defeitos, tratamentos térmicos posteriores e propriedades mecânicas finais também exercem influência significativa sobre a escolha do método de fundição a ser empregado.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o processo de fundição de liga de alumínio em molde de areia, abordando as etapas de preparação do molde, fusão do metal e obtenção da peça fundida, bem como a avaliação dos principais defeitos observados durante o processo experimental.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foram peneiradas aproximadamente 25 pás de areia fina (Figuras 1A e 2A), com o objetivo de remover impurezas e promover maior uniformidade granulométrica do material. Posteriormente, a areia obtida foi adicionada a um misturador rotativo (betoneira), juntamente com bentonita na proporção aproximada de 5% em massa (Figura 1B) e sete copos de água, correspondentes a aproximadamente 100 mL cada, visando proporcionar adequada aglomeração da mistura e conferir plasticidade à areia de moldagem (Figura 1C).

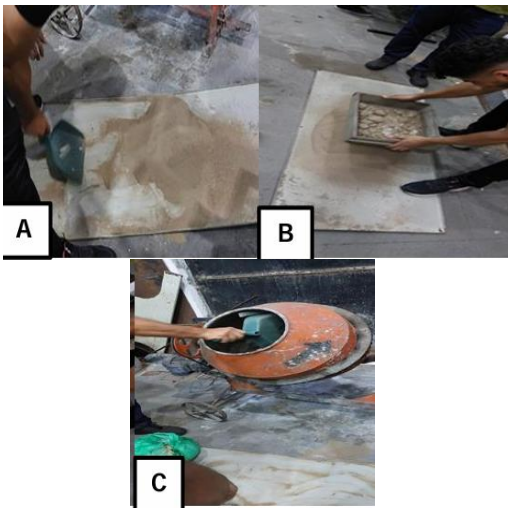


Figura 1 – A) Pá contendo areia; B) Peneiramento da areia; C) Mistura da areia na betoneira.

A mistura foi homogeneizada na betoneira durante aproximadamente cinco minutos (Figuras 2A e 2B), permitindo adequada distribuição da umidade e do aglomerante ao longo da areia. Após a homogeneização, observou-se que a mistura apresentou boa coesão e plasticidade, características fundamentais para a confecção do molde de Fundição (figura 2c).

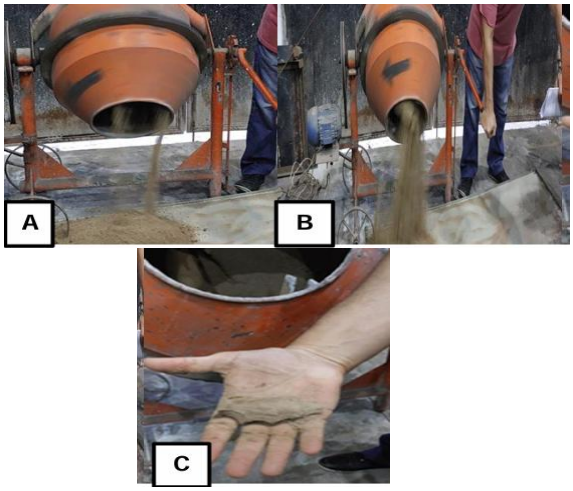


Figura 2 – A) e B) Homogeneização da mistura; C) Areia homozeneizada

Após a preparação da areia de moldagem, procedeu-se à montagem da caixa de moldagem, posicionando inicialmente a caixa superior sobre a inferior. Em seguida, a caixa superior foi removida e o modelo da peça (Figura 3A) foi posicionado no interior da caixa inferior previamente invertida. Posteriormente, aplicou-se pó desmoldante sobre o modelo, visando facilitar sua remoção após a compactação da areia.

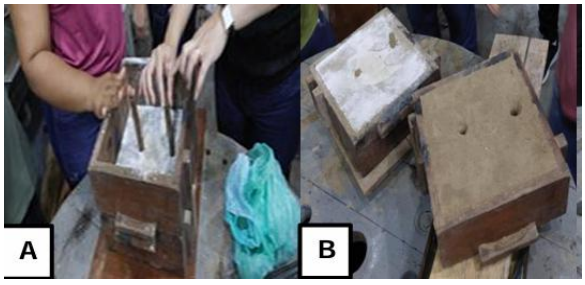
Na sequência, a caixa foi preenchida com areia verde (Figura 3B), sendo realizada a compactação manual e o nivelamento da superfície da areia (Figura 3C), mantendo-se expostas as regiões correspondentes ao canal de alimentação e ao massalote (Figura 4A).



Figura 3 – A) Modelo posicionado na caixa; B) Caixa preenchida com areia; C) Compactação e nivelamento da areia.

Posteriormente, o cilindro correspondente ao canal de alimentação foi removido, sendo confeccionada uma geometria em forma de funil na entrada do canal para facilitar o vazamento do metal líquido. O cilindro do massalote também foi retirado, deixando os canais devidamente preparados para o processo de fundição (Figura 4B).

Posteriormente, a caixa superior foi separada da inferior para a remoção do modelo. Após essa etapa, permaneceu no interior do molde a cavidade negativa correspondente à geometria da peça a ser fundida. Em seguida, realizou-se a montagem final do conjunto, reposicionando a caixa superior sobre a inferior e efetuando sua fixação com auxílio de presilhas metálicas, garantindo o alinhamento e a estabilidade do molde durante o vazamento do metal líquido (Figura 4C).



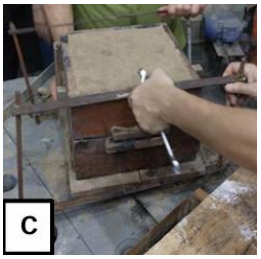
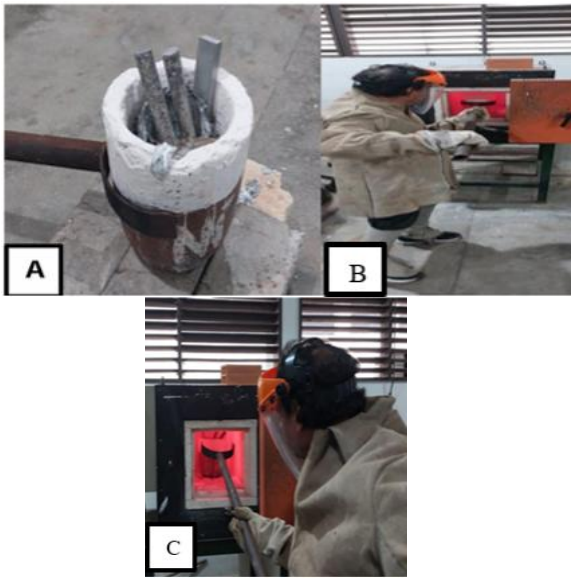


Figura 4 – A) Saídas do canal de alimentação e massalote; B) Separação da caixa; C) Caixa posicionada e fixada com presilhas.

Após a preparação do molde, a sucata de alumínio foi acondicionada em um cadinho para realização do processo de refusão (Figura 5A). Em seguida, o conjunto foi inserido em forno tipo mufla, permanecendo sob aquecimento a aproximadamente 660 °C por cerca de 40 minutos, até a completa fusão do metal (Figuras 5B e 5C).

Durante essa etapa, buscou-se garantir adequada homogeneização térmica do alumínio líquido, favorecendo melhores condições de fluidez durante o vazamento no molde.



5 – A) Sucata de alumínio utilizada no experimento; B e C) Refusão do alumínio em forno tipo mufla.

Posteriormente, foi realizada a homogeneização do metal fundido (Figura 6A) e, em seguida, efetuou-se o vazamento do alumínio líquido no interior do molde (Figuras 6B e 6C).

Após o preenchimento completo da cavidade, o molde de silicio permaneceu em repouso durante o período de solidificação até a etapa de desmolde da peça fundida.

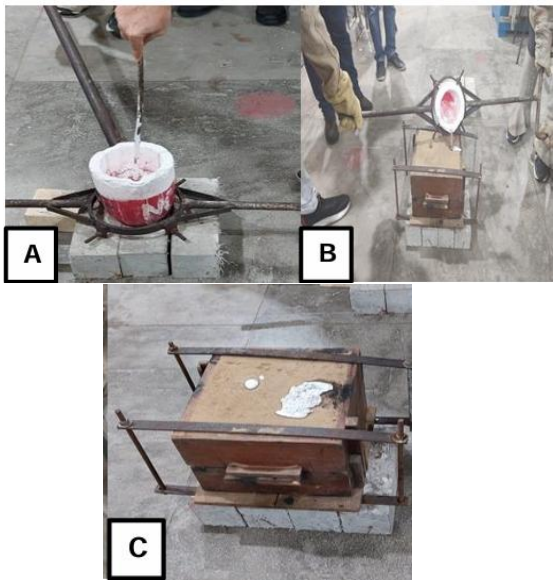
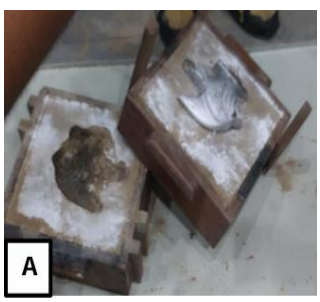


Figura 6 – A) Homogeneização do metal fundido; B) Vazamento do alumínio líquido no molde; C) Molde preenchido após vazamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de fundição da liga de alumínio em molde de areia foi realizado com sucesso, possibilitando a obtenção de uma peça com geometria satisfatória e preenchimento adequado da cavidade do molde (Figura 7A). A peça fundida apresentou formato uniforme, evidenciando que o sistema de alimentação e o processo de vazamento permitiram o preenchimento da cavidade durante a etapa de solidificação.

Entretanto, durante a análise visual da peça obtida, observou-se a presença de pequenas irregularidades superficiais e falhas de acabamento (Figura 7B). Tais defeitos podem estar associados a diferentes fatores relacionados às etapas de moldagem e vazamento do metal líquido. Entre os principais fatores, destacam-se a compactação inadequada da areia, o desprendimento de partículas do molde durante o vazamento, além da elevada velocidade de entrada do metal líquido na cavidade do molde, que pode provocar turbulência e aprisionamento de gases no interior da peça.



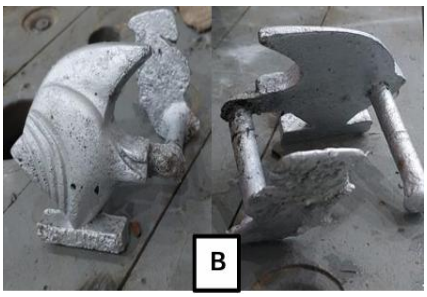


Figura 7– A). Peça fundida ainda na caixa de moldagem; B). Peça após desmolde.

Além disso, verificou-se a presença de pequenas cavidades distribuídas na superfície da peça fundida, caracterizadas como defeitos de porosidade (Figura 7C). Esses defeitos são frequentemente denominados bolhas, vazios ou porosidades e estão relacionados, principalmente, ao aprisionamento de gases durante o vazamento e solidificação do metal líquido. Segundo Groover (2014), a formação de porosidades em ligas fundidas pode ocorrer devido à turbulência durante o escoamento do metal, elevada absorção de gases no estado líquido ou insuficiente permeabilidade da areia de moldagem.

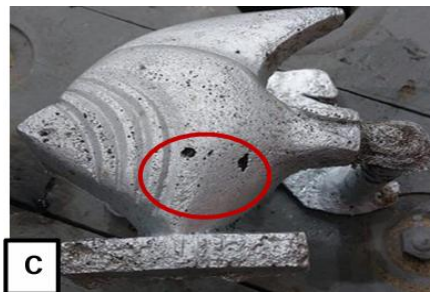


Figura 7 – C) Presença de falhas superficiais e porosidades na peça fundida.

Outro aspecto importante refere-se ao controle térmico durante o processo de fundição. Temperaturas excessivamente elevadas podem favorecer maior absorção de gases pelo alumínio líquido, enquanto temperaturas inferiores ao ideal podem comprometer a fluidez do metal e o preenchimento adequado do molde. Além disso, a granulometria da areia e o teor de umidade da mistura também exercem influência significativa sobre a qualidade superficial da peça e sobre a formação de defeitos internos.

Embora os defeitos observados tenham sido de pequena dimensão, sua presença é indesejável em componentes fundidos, uma vez que podem comprometer tanto o acabamento superficial quanto as propriedades mecânicas da peça. Em aplicações industriais, a ocorrência de porosidades pode reduzir a resistência mecânica, favorecer a nucleação de trincas e comprometer a vida útil do componente.

Dessa forma, peças que apresentam falhas superficiais frequentemente necessitam de operações posteriores de acabamento, como usinagem, lixamento ou retífica, resultando em aumento dos custos de produção e redução da eficiência do processo de fabricação. Assim, os resultados obtidos evidenciam a importância do controle rigoroso dos parâmetros de moldagem, compactação da areia, temperatura de vazamento e velocidade de preenchimento do molde, visando minimizar defeitos e garantir melhor qualidade metalúrgica das peças fundidas.

CONCLUSÃO

O processo de fundição da liga de alumínio em molde de areia demonstrou viabilidade técnica para a obtenção de peças com geometria satisfatória e adequado preenchimento da cavidade do molde, evidenciando a eficiência do sistema de moldagem e vazamento empregado. Os resultados obtidos confirmam que a fundição em areia permanece como uma rota de fabricação amplamente aplicável para ligas não ferrosas, especialmente devido à sua versatilidade, baixo custo operacional e facilidade de processamento.

Entretanto, as análises visuais realizadas após o desmolde evidenciaram a presença de irregularidades superficiais e defeitos de porosidade, associados principalmente às condições de compactação da areia, à dinâmica de escoamento do metal líquido e ao controle térmico durante o vazamento e solidificação. Tais defeitos demonstram a elevada sensibilidade do processo aos parâmetros operacionais, reforçando a necessidade de controle rigoroso das variáveis de processamento para assegurar maior integridade metalúrgica e melhor qualidade superficial das peças fundidas.

Além disso, os resultados indicam que defeitos aparentemente pequenos podem exercer influência significativa sobre o desempenho mecânico e a confiabilidade estrutural do componente, favorecendo a concentração de tensões, a nucleação de trincas e a redução da vida útil em serviço.

Nesse contexto, o estudo evidencia que a otimização de parâmetros como temperatura de vazamento, permeabilidade do molde, granulometria e teor de umidade da areia constitui fator essencial para a redução de defeitos e melhoria da eficiência do processo produtivo.

Por fim, o trabalho contribui para a compreensão dos principais mecanismos relacionados à formação de defeitos em peças fundidas de alumínio obtidas por moldagem em areia, fornecendo subsídios técnicos relevantes para aplicações industriais e para futuras investigações voltadas à otimização das condições de fundição e ao aprimoramento das propriedades finais dos componentes produzidos.

REFERÊNCIAS

BALDAM, Roquemar, VIEIRA, Estefano: Fundição: processos e tecnologia correlatadas; São Paulo: Érica, 2014, 380p.

CALLISTER, W. D., Jr. Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução. 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CAMPOS_FILHO, M. P. D. Solidificação e fundição de metais e suas ligas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica: Estrutura e propriedades das ligas metálicas. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

GIULIANO, José Antônio Schenini. OS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO, COMO FERRAMENTA NA OBTENÇÃO DE ESCULTURAS EM METAL. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, [S.L], p. 15, 2008.

GROOVER, Mikell P. Introdução ao processo de fabricação; 1. Ed – Rio de Janeiro; LTC, 2014, 737 p.