

Comparação dos processos de fundição em areia, gravidade e sob pressão usando liga de alumínio

Robney Coelho Ramos¹
Ricardo Elias Boulos²

RESUMO

O processo de fundição consiste em vaziar metal líquido em um molde, permitindo assim a criação de peças em formatos diversos e personalizados. A matéria-prima utilizada denominada liga metálica é classificada em ferrosa (ligas de carbono e ferro) e não ferrosa (ligas de alumínio, zinco, cobre e magnésio). É de extrema importância definir o material e o processo utilizado na fundição de peças para que o resultado final seja alcançado e o produto esteja no padrão de qualidade adequado. Os tipos de processos normalmente usados são: Fundição por gravidade, em areia, por centrifugação, de precisão, sob pressão, entre outros. O presente artigo aborda os métodos de fundição em areia, por gravidade e sob pressão na elaboração de peças usando a matéria-prima alumínio apresentando as etapas de cada método usando a mesma liga metálica para destacar qual processo de fundição é o mais eficaz. Para embasar o conteúdo, foi realizada pesquisas bibliográficas entre vários autores e estudos de caso apresentando o conceito de fundição, os vários métodos existentes, as diversas etapas de cada processo, os insumos e equipamentos necessários para elaboração da peça e o seu resultado final.

Palavras-chave: Fundição; Alumínio; Areia; Sob pressão; Gravidade (coquilha);

1 INTRODUÇÃO

A fundição é um dos processos mais antigos da história das indústrias. Seus primeiros registros foram marcados na época da pré-história bem antes de Cristo. Acredita-se que o cobre e o bronze tenham sido os primeiros materiais a serem usados para a elaboração de peças e objetos, inclusive para fins militares. E a partir daí, que as técnicas de fundição foram criadas e aperfeiçoadas, dando origem aos materiais e sistemas de fabricação de peças atuais.

As peças fundidas são utilizadas hoje na maioria das áreas, tais como destaques: automotiva, têxtil, agrícola, militar, bem como objetos usados dentro de casa como maçanetas, torneiras e objetos de decoração.

A Fundição é um dos processos mais importantes na indústria, pois é onde tudo começa, a partir da moldagem de metais em seu estado líquido, sendo os mesmos em temperaturas altas sendo despejados em moldes personalizados, criando assim diversas peças geométricas utilizadas em vários segmentos.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo enfatizar entre os diversos métodos que existem atualmente, usando a matéria-prima alumínio, os processos de fundição em areia, gravidade e sob pressão para demonstrar qual o processo se mostra mais produtivo, sendo ponto relevante quais os parâmetros para decisão de qual processo a ser utilizado?

A importância na decisão do processo a ser usado levando em consideração os detalhes das peças a serem criadas, sua qualidade final, durabilidade, bem como a minimização de tempo e desperdícios na sua elaboração.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa realizado neste artigo foi a Revisão de Literatura de natureza descritiva. Sabe-se que a pesquisa descritiva está destinada a ampliar o conhecimento, pois é realizada levando em consideração os detalhes. Este tipo de pesquisa é útil para incrementar o conhecimento de um determinado tema. Foram consultados livros publicados por diferentes editoras nos últimos 36 anos, revistas e artigos publicados em sites nos últimos 9 anos, todos voltados para o setor de processos de Fundição. Foi usado como base artigos acadêmicos de estudos de caso com diferentes processos de fundição utilizando a matéria-prima alumínio.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Conceito de Fundição

Fundição é um sistema de criação de peças onde um metal ou liga metálica em seu estado líquido é vazado em um molde com formato e medidas específicas correspondentes aos da peça a ser produzida. “Ele permite a fabricação de peças nas mais variadas formas, complexidades e tamanhos, além da possibilidade de fabricação em série ou peças únicas.” (BALDAM; VIEIRA, 2013, p. 21).

De acordo com Groover (2018), a fundição é considerada um método dos mais versáteis processos de fabricação e é utilizado em diferentes tipos de ligas, como aços, cobre, zinco, alumínio, magnésio, entre outros, afirma.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

Ligas metálicas assim chamadas são formadas por dois ou mais elementos que possuem em sua composição algum metal. São divididos em duas categorias: ferrosos, no qual o principal componente é o ferro e não-ferrosos, que incluem os outros tipos de metais, sendo o alumínio um representante desse grupo. (GROOVER, 2018).

Baldam e Vieira (2013) classifica as etapas do processo de fundição em: projeto e criação do modelo das peças; elaboração do molde e machos, vazamento do metal líquido, desmoldagem e acabamento.

Para Groover (2018), a fundição dos metais tem um princípio básico: derramar nos moldes e aguardar a sua solidificação, porém para obter resultados positivos alguns passos e variáveis devem ser analisados e seguidos.

Segundo Baldam e Vieira (2013), os processos mais conhecidos são: fundição em areia, de precisão (cera perdida), por gravidade (coquilha), sob pressão, por centrifugação, fundição contínua e no estado semissólido.

2.2.2 Apresentação dos processos de Fundição

A escolha de qual processo usar depende do tamanho e da geometria da peça, do tipo de liga, quantidades de peças a serem produzidas, da qualidade desejada, entre outros parâmetros. (BALDAM; VIEIRA, 2013).

Casotti, Filho e Castro (2011) diz que a decisão de qual sistema de fundição utilizar é essencial para definir o grau de precisão, o acabamento e as propriedades mecânicas da peça que se quer criar.

Soares (2000) afirma que, a fabricação de uma peça unitária ou a fabricação em grande escala só é possível devido a escolha do processo a ser utilizado levando em consideração as exigências do cliente, o custo e o tempo necessário para sua elaboração.

2.2.2.1 Processo de Fundição em areia

Conforme Groover (2018), o método em areia é o sistema mais tradicional usado, responsável pela grande maioria de fundidos produzidos pelas indústrias em todo mundo. O processo envolve despejar o metal fundido em um molde de areia, onde o metal endurece e a peça fundida é extraída com a quebra do molde.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

A maior parte das ligas pode ser utilizadas em moldes de areia, este é um dos processos que podem usar metais em altas temperaturas, como níquel, aço e titânio. As inúmeras possibilidades nesse método permitem fabricar peças de vários formatos e tamanhos e em quantidade variadas (GROOVER, 2018).

De acordo com Soares (2000), o molde nesse processo possui menor resistência podendo ceder devido a pressão do metal.

2.2.2.2 Processo de Fundição sob pressão

Em conformidade com Groover (2018), a fundição sob pressão introduz o metal fundido na cavidade do molde permanente sob alta tensão. A pressão é usada enquanto solidifica o metal, após o molde é aberto e a peça retirada. Dependendo do tipo de metal a ser fundido, será definido a utilização em uma máquina de câmara quente ou fria.

Baldam e Vieira (2013), declara que a fundição de peças em liga de alumínio sob pressão tem uma maior resistência do que em outro método, como de areia por exemplo.

Devido a rapidez para encher a cavidade do molde, esse método permite a elaboração de peças bem complexas. (CHIAVERINI, 1986).

Segundo Soares (2000), a fundição sob pressão fica restrita as ligas não-ferrosas devido ao baixo ponto de fusão evitando desgastes no molde. A qualidade das peças criadas é boa e o parâmetro de peso é determinado pela capacidade de fechamento do equipamento.

De acordo com Baldam e Vieira (2013), o molde denominado matriz é produzido em aço ferramenta, totalmente resistente, sendo possível fundir metais em temperaturas altas.

2.2.2.3 Processo de Fundição por gravidade (coquilha)

Em conformidade com Kiminame, Castro e Oliveira (2013) são usados moldes permanentes nesse método e seu enchimento não necessita esforço, somente a força da gravidade. O molde permanente é produzido em aço, ferro fundido, bronze ou grafite, permitindo ser usado diversas vezes, sendo o mesmo

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

formado por duas ou demais partes que são criadas para abrir e fechar de forma simples e fácil, tendo o intuito de controlar os canais de vazamento e massalote.

Esse processo permite a criação de diversos modelos de peças, em diferentes tipos de ligas, entre elas o alumínio, cobre e zinco. Apresenta acabamento e características mecânicas boas, porém possui uma limitação no tamanho das peças pelo custo alto dos moldes. (CHIAVERINI, 1986).

2.2.3 Estudos de caso

2.2.3.1 Fundição de areia

No estudo elaborado por Eglenilso Silva Brandão, Lorenzo Piccolo Leiria e Leon Denis Rodrigues dos Santos, intitulado FUNDIÇÃO DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO EM MOLDE DE AREIA DO RIO AMAZONAS apresentado no ano de 2018 no Centro Universitário do Norte – UNINORTE, os autores apresentam um estudo de caso onde é reproduzido uma peça de formato determinado em liga de alumínio usando o processo de fundição em molde de areia.

Brandão, Leiria e Santos (2018) citam que a liga metálica escolhida para o estudo foi definida devido sua temperatura baixa de fusão e por ser uma matéria-prima facilmente encontrada.

O ponto de fusão é quando o material é derretido passando do seu estado sólido para o estado líquido. “Existem inúmeros tipos de equipamentos ou fornos construídos para a fusão dos metais e preparo das ligas”. (CHIAVERINI, 1986, p. 42).

A areia utilizada no processo foi do rio Amazonas por ter características semelhantes à areia verde e devido a seu baixo custo. O forno utilizado para o estudo foi da marca Jung, modelo TB3010, cedido pela UNINORTE.

De acordo com Chiaverini (1986), o método mais usado e simples é o de molde de areia. O processo divide-se em compactar, de forma manual ou através de máquinas a areia sobre o modelo inserido ou montado na caixa do molde.

Os fornos usados na fundição possuem diversos tamanho e formatos. Variam de acordo com a fonte de energia utilizada, eletricidade ou combustão e de como é operado. (TÂMEGA, 2017).

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

O objetivo do experimento, segundo Brandão, Leiria e Santos (2018) foi verificar os benefícios e as desvantagens do processo, bem como o comportamento do alumínio no processo de fundição em areia em relação ao tempo de fusão, resfriamento e o resultado final da peça. A peça produzida ficou bem semelhante a original. Apresentou algumas rebarbas e alguns desvios devido a uma falha na caixa de moldagem, o travamento não estava adequado e alinhado. A peça fabricada também apresentou uma pequena diferença na questão de peso devido a matéria-prima usada. Os resultados obtidos no presente estudo foram satisfatórios, principalmente relacionado as etapas do processo para fabricação, bem como aos valores para produção.

2.2.3.2 Fundição sob pressão

No estudo elaborado por Denilson José Viana e Antônio Faria Neto intitulado OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO SOB PRESSÃO APLICANDO O MÉTODO DE TAGUCHI publicado no ano de 2013 na Revista Produção Online, os autores apresentam um estudo de caso onde são realizados experimentos usando o método de Taguchi onde são usados parâmetros analíticos de qualidade na Fundição sob pressão para determinar fatores que influenciam o aparecimento de porosidade muito presente nesse método e estabelecer parâmetros adequados para redução e prevenção desse problema que reduz a resistência mecânica e induz o surgimento de trincas na peças.

Em concordância com Moro e Auras (2007), os aços fundidos podem apresentar elevadas tensões residuais, pequenas porosidades e variações no tamanho.

Conforme Chiaverini (1986), a presença de ar no interior da matriz é o principal causador de poros nas peças produzidas.

O estudo foi feito por Viana e Neto (2013) em uma metalúrgica multinacional fabricante de moto-redutores onde possui um setor de Fundição sob pressão em alumínio. O equipamento usado foi uma injetora da marca Bühler, modelo Evolution B53 Compact integrada a um forno dosador StrikoWestofen GmbH, modelo Westomat 1200S. Foi usado um aplicador automático do fabricante Acheson, modelo MCT1, integrado a injetora para a aplicação de desmoldante.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

Conforme Viana e Neto (2013) as etapas do experimento foram definidas em:

- Definição das variáveis de entrada: como base foi usado o Diagrama de Causa-Efeito com os fatores possíveis de influência no aparecimento da porosidade, entre eles, temperatura do metal; velocidade da primeira e segunda fase de injeção, pressão específica da terceira fase de injeção, curso da primeira fase de injeção e temperatura do molde;

- Definição do arranjo ortogonal: Foi usado uma Matriz ortogonal L8, onde foram realizadas oito rodadas de experimentos. Para garantir os resultados com precisão, foram executados vinte ciclos em cada parâmetro experimental, sendo usadas as peças dos quatro últimos ciclos, resultando em um processo se estável termicamente e que as peças fossem representativas do processo em ritmo normal de produção.

- Medição da variável de resposta: Depois dos experimentos realizados, as peças passaram por usinagem e análise, sendo classificadas conforme tamanho e quantidade de porosidade.

Os resultados apresentados por Viana e Neto (2013) no estudo foram positivos. Pelo método de Taguchi foi possível parametrizar o processo e assim minimizar o aparecimento de poros nas peças.

2.2.3.3 Fundição por gravidade (coquilha)

No estudo elaborado por Vitor Hugo da Silva Almeida intitulado FUNDIÇÃO EM COQUILHA POR BAIXA PRESSÃO DE LIGAS DE ALUMÍNIO apresentado no ano de 2016 na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o autor apresenta um estudo de caso usando o método de fundição em coquilha por baixa pressão onde o objetivo é reproduzir um sistema de gintage e alimentação para elaboração de uma peça 82005 na liga AlMg4Z.

O estudo realizado de acordo com Almeida (2016) foi para adquirir conhecimento para melhor gerenciar o sistema de gintage e alimentação para produção de peças nas empresas. Esse processo de fundição em coquilha é indicado para produção em grandes quantidades, porém as peças devem ser de fácil complexidade e normalmente de pequenas a médios tamanhos.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

O processo foi dividido por Almeida (2016) nas seguintes etapas: enchimento do Gito, enchimento do canal de alimentação de forma lenta, enchimento da moldação e o total preenchimento da cavidade do molde. O aumento da pressão é opcional, uma vez que pode ajudar ou não na elaboração da peça, sendo que na solidificação das peças se deve manter pressão para que não surja defeitos. A solidificação é o processo onde o metal se esfria e endurece, os aspectos relacionados a esse procedimento consistem no tempo necessário para o metal endurecer, contração de solidificação, solidificação direcional e projeto de massalote. (GROOVER, 2018).

Desta forma, Almeida (2016) conclui que o objetivo do presente estudo foi alcançado, o projeto de um sistema de gitagem e alimentação que permite a elaboração de peças de qualidade, com menores possibilidades de defeitos, com menores taxas de rejeição e com maior rendimento produtivo.

De acordo com os estudos de caso apresentados por Brandão, Leiria e Santos (2018) sobre fundição em areia do rio Amazonas, Viana e Neto (2013) sobre fundição sob pressão e Almeida (2016) sobre fundição em coquilha em baixa pressão, os métodos de fabricação apresentados são diferentes um do outro, cada um tem um processo distinto, com várias etapas e tipos de equipamentos diferentes para produção de peças personalizadas tendo em comum entre eles a mesma liga metálica alumínio como matéria-prima. O Alumínio é um metal fácil de ser encontrado e por isso é muito utilizado no setor industrial no mundo todo. Tem uma boa resistência à corrosão permitindo assim uma melhor conservação, é considerado reciclável, trazendo benefícios ao meio ambiente.

3 CONCLUSÃO

O mercado industrial está a cada dia mais competitivo, exigindo assim a busca incessante de novas tecnologias. Nesse cenário, o processo adotado para fundição de peças é extremamente importante, pois determina os recursos necessários para sua fabricação.

Atualmente, as peças fundidas são utilizadas em praticamente todas as áreas, como militar, automotiva, aeroespacial, saúde, agrícola, têxtil, entre outras. Esse processo ao longo dos anos vem sendo aprimorado através de estudos, passando a

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

ganhar importância e espaço em todo mundo, sendo considerado a base de toda a indústria.

Focando nessa situação, o presente artigo justifica-se abordando alguns dos principais processos de Fundição: em areia, sob pressão e por gravidade (coquilha), entre outros que geralmente são os mais usados nas fábricas e evidenciando a sua utilização nas empresas.

Cada processo tem suas características, benefícios e limitações. O que determina o processo a ser usado é o projeto da peça a ser produzida, sendo assim necessário a escolha dos materiais a serem usados para sua elaboração, maquinários, além de considerar fatores primordiais como tempo, custo e qualidade. A atenção precisa ser redobrada para evitar possíveis falhas no processo gerando atrasos, retrabalho e custos adicionais ao processo.

O setor de Fundição sempre está em evolução necessitando assim de investimentos e estudos constantes na área do processo de fabricação.

A Fundição em areia é muito usada devido ser um processo bem simples e seu custo ser baixo. A Fundição sob pressão nos dias atuais como se trata de um processo automatizado, tem seu foco voltado principalmente para área automotiva e a Fundição em coquilha é voltada para elaboração de peças mais simples, de tamanho geralmente menores. Esse método de produção tem uma boa qualidade de acabamento e como o molde usado é permanente, pode ser usado diversas vezes.

Todos os tipos de processos de Fundição possuem etapas de elaborações distintas e o que determina a sua utilização é o projeto da peça a ser produzida, considerando tempo e custos necessários na sua fabricação. Todos os processos tem suas limitações, no caso da areia, se a caixa modeladora não estiver de acordo com as especificações, o resultado será uma peça com defeitos. No processo sob pressão, é comum o surgimento de poros, alterando a resistência e durabilidade das peças e o método de coquilha geralmente trabalha com ligas metálicas de baixa fusão para não desgastar o molde e o tempo de preparo é mais lento.

A fundição tem grande participação na economia, evidenciando a necessidade de incentivos financeiros principalmente relacionados a compra de matérias-primas e regulamentações que protejam e ajudem as indústrias e seus trabalhadores.

Como a Fundição trabalha com diversas matérias-primas, como sugestões de futuros estudos, novas comparações entre diferentes métodos de fundição com

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

diversas ligas metálicas se mostrando relevante para novas adaptações e melhorias nos processos de fundição.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Vitor Hugo da Silva. **Fundição em coquilha por baixa pressão de ligas de alumínio**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/91868/2/139368.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

BALDAM, Roquemar, VIEIRA, Estefano. **Fundição: Processos e tecnologia correlatas**. São Paulo: Érica, 2013.

BRANDÃO, Eglenilso Silva; LEIRIA, Lorenzo Piccolo; DOS SANTOS, Leon Denis Rodrigues. **Fundição de uma liga de alumínio em molde de areia do rio Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso -TCC (Curso de Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Norte – UNINORTE, 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/fundicao_em_areia_rio_amazonas.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.

CASOTTI, Bruna; FILHO, Egmar; CASTRO, Paulo. **Indústria de Fundição: situação atual e perspectivas**. Rio de Janeiro, BNDS Setorial, n. 33, Mar. 2011, p. 121-162, Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream.pdf> Acesso em: 09 set. 2022.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica: Processos de Fabricação e Tratamento**. 2. Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

GROOVER, Mikell P. **Introdução ao processo de fabricação**. 1. Ed – Rio de Janeiro: LTC, 2018.

KIMINAMI, Claudio; CASTRO, Walman; OLIVEIRA, Marcelo. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo: Blucher, 2013.

MORO, Norberto; AURAS, André. **Processos de Fabricação – Fundição**. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA GERÊNCIA EDUCACIONAL DE METAL MECÂNICA CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA INDUSTRIAL, 2007. Disponível em: <http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/fundicao.pdf> Acesso em: 04 out. 2022.

SOARES, Gloria de Almeida. **Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

TÂMEGA, Fábio. **Fundição de processos siderúrgicos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

VIANA, D. J.; FARIA NETO, A. **Otimização do processo de fundição sob pressão aplicando o método de Taguchi**. Revista Produção Online, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1435–1465, 2013. DOI: 10.14488/1676-1901.v13i4.1431. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1431>. Acesso em: 17 out. 2022.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.