



EVENTO
ON-LINE



estga
universidade
de aveiro

ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

O papel do Engenheiro de Produção no processo de Fundição

Thais da Silva Peron

Departamento de Engenharia de Produção – ICEA/ UFOP

Rafael Lucas Machado Pinto

Departamento de Engenharia de Produção – ICEA/ UFOP

Resumo: O presente artigo tem como objetivo demonstrar a atuação do engenheiro de produção no processo de fundição que é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida. O engenheiro de produção é o responsável por gerenciar os processos produtivos e o controle de qualidade e sua importância no como e por que fazer a aplicação dos indicadores de qualidade no processo da empresa do setor de fundição, no relacionamento da empresa com seus fornecedores e clientes.

Palavras-chave: fundição, qualidade, processo produtivo.

The role of the Production Engineer in the Casting process

Abstract: This article aims to demonstrate the performance of the production engineer in the Casting process, which is a manufacturing process where a metal or metal alloy, in a liquid state, is poured into a mold with a shape and measurements corresponding to those of the part to be produced. The production engineer is responsible for managing the production processes and quality control and its importance in the how and why to apply quality indicators in the company's process in the foundry sector, in the company's relationship with its suppliers and customers.

Keywords: casting, quality, production process.

1. Introdução

Fundição é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida. A peça produzida por fundição pode ter as formas e dimensões definitivas ou não. Neste processo, as peças complexas podem ser fabricadas de forma econômica e rápida, o que de outra forma implicaria muito tempo se produzido por outros métodos como moldar ou cortar. O processo de fundição pode ser utilizado para produzir uma grande variedade de peças que são usadas em diferentes indústrias, desde um pequeno brinquedo de plástico até uma grande lâmina de turbina a gás. Em muitos casos após a fundição, a peça é usinada para serem feitos ajustes dimensionais ou mesmo conformada

mecanicamente (por exemplo, ser forjada), para que as formas e dimensões finais sejam obtidas. O setor de fundição caracteriza-se como uma importante indústria primária que fornece bens intermediários para diversas outras, tais como: automotivas, siderúrgicas, construção, dentre outras, citado por Araujo e Arenales (2003). Esse processo é considerado um dos mais versáteis processos de fabricação e aplica-se a diversos tipos de metais, tais como aços, zinco, magnésio, cobre, alumínio, ferros fundidos e entre outros.

Em muitos casos, os processos de fundição apresentam algumas vantagens em relação a outros tipos de processos de fabricação, como no caso da produção de peças complexas e com cavidade internas ou na produção de peças muito grandes. Por outro lado, as propriedades mecânicas de peças fundidas geralmente são inferiores às propriedades de peças conformadas mecanicamente. Além disso, durante o processo de solidificação pode haver formação de porosidade.

Diferentes processos de fundição estão disponíveis para utilização, e sua adequação é influenciada por uma série de fatores que devem ser considerados para se escolher adequadamente o processo de fabricação: quantidade de peças a produzir, projeto da fundição, tolerâncias requeridas, grau de complexidade, especificação do metal, acabamento superficial desejado, custo do ferramental, comparativo econômico entre usinagem e fundição, limites financeiros do custo de capital, requisitos de entrega.

Este estudo busca, por meio de revisão bibliográfica, caracterizar os processos de fundição utilizando-se áreas de conhecimento da Engenharia de Produção, como Engenharia da Qualidade e Gestão de Sistemas de Produção e Operações, proporcionando oportunidades de atuação dos profissionais da engenharia de produção neste importante setor econômico brasileiro.

2. Processos de Fundição

As transformações dos metais e ligas em peças para utilização em elementos e conjuntos mecânicos são inúmeras e variadas, é evidente que a fundição é acompanhada por diversos processos e etapas onde a escolha adequada de cada passo depende da geometria da peça, do tipo de liga a ser fundida, do número de peças a ser produzida e da qualidade superficial desejada. (BALDAM; VIEIRA, 2014). A Figura 1 ilustra um típico processo de fundição.

Figura 1. Processo de fundição. Vazamento de metal líquido em molde



Fonte: Revista Ferramental, artigo fundição

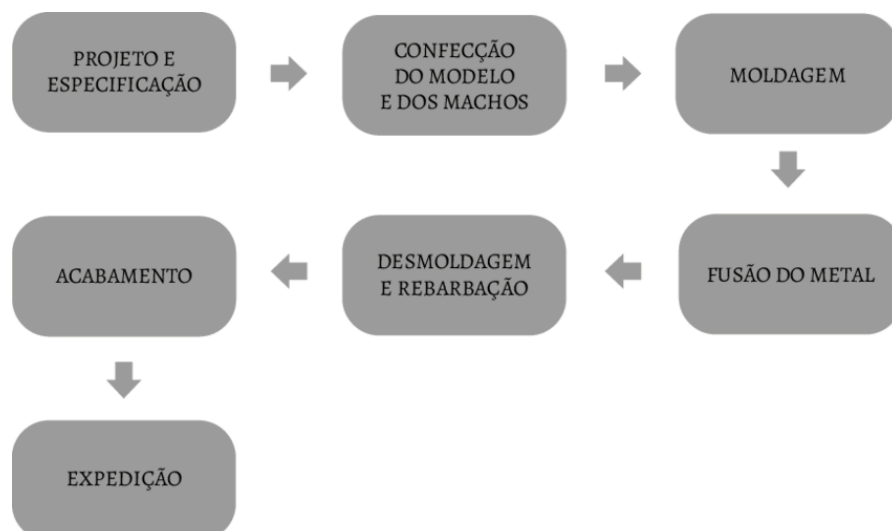
As principais propriedades no processo de fundição são temperatura de fusão e fluidez do metal que será fundido. “A fusão da liga é uma importante etapa do processo de fundição porque está diretamente relacionada à qualidade da peça fundida” (KIMINAMI; CASTRO; OLIVEIRA, 2013, p. 31). Nesta fase deve ser rigorosamente processada a composição química, pois as propriedades e microestrutura da peça fundida dependem dela e do processamento. E para certificar-se que a propriedade do metal fundido a ser vazado dentro de um molde seja o específico, é necessário o conhecimento das composições e

da pureza do material a ser utilizado. (KIMINAME; CASTRO; OLIVEIRA, 2013). Para Weiss (2012), o processo mais quente da fundição é a fusão, onde o metal é posto para fundir dentro de um equipamento de fundição. E este equipamento é feito para resistir temperaturas maiores do que a necessária para a fusão do metal.

No processo de fundição o metal líquido é vazado num molde, cuja cavidade corresponde ao negativo da peça que se deseja obter. O vazamento uma etapa crítica no processo de fundição, após a etapa de fusão o metal fundido está pronto para ser vazado por meio do sistema de canais e na cavidade do molde. E para que esta etapa finalize tudo correto é preciso que o metal atinja todas as regiões do molde antes da solidificação. (GROOVER, 2014). A propriedade do metal em fluir e preencher o molde é conhecida como fluidez” (KIMINAMI; CASTRO; OLIVEIRA, 2013, p. 34). Vai a depender da composição química da liga, temperatura de fusão, intervalo de solidificação e também do superaquecimento (é quando o metal está acima da sua temperatura de fusão) a sua fluidez. (KIMINAME; CASTRO; OLIVEIRA, 2013). De acordo com Groover (2014) há fatores existentes que possam afetar a operação de vazamento que são temperatura de vazamento, velocidade de vazamento e turbulência.

Para se construir o molde é necessário primeiramente se fabricar o modelo (adaptação do desenho da peça) e os machos, caso existam furos ou partes ocas. Numa primeira abordagem pode-se dizer que o modelo é fabricado em madeira e o molde e o macho em areia. Dessa forma, a partir de um modelo podemos fabricar inúmeros moldes, cada molde dando origem a uma peça fundida. Paralelamente à fabricação do molde, o metal é convenientemente fundido. Após vazamento e solidificação, a peça é retirada do molde, com forma próxima à final precisando apenas passar pelas etapas de acabamento: corte de canais; rebarbação; usinagem; tratamento térmico e soldagem (opcionais); controle de qualidade final e expedição. A Figura 2 ilustra as etapas envolvidas para se produzir peças por fundição.

Figura 2: Etapas do Processo de Fundição



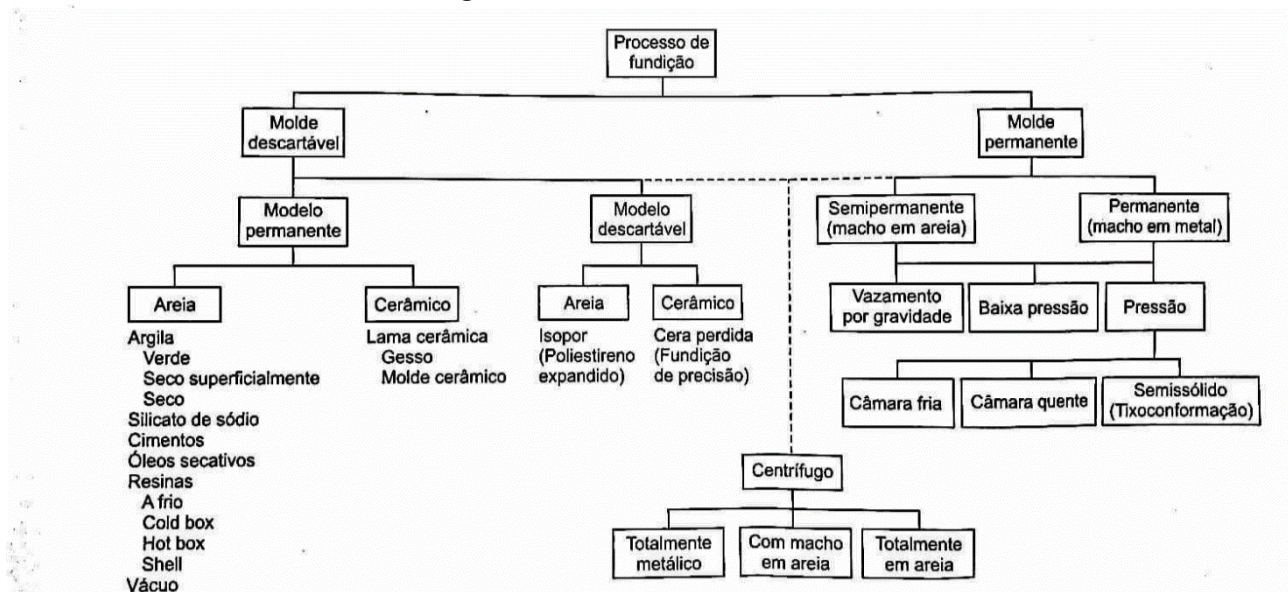
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

2.1.Classificação dos Processos de Fundição

Os processos de fundição são classificados com base nas técnicas e métodos específicos utilizados para formar peças a partir de metal líquido. A escolha do processo depende das características específicas da peça desejada, incluindo tamanho, complexidade,

tolerâncias dimensionais e volume de produção. Os principais processos de fundição utilizados na indústria de fabricação estão representados na Figura 3.

Figura 3: Processos de Fundição



Fonte: Adaptado de Baldam e Vieira (2014, p. 29)

2.2.1. Fundição de areia

A fundição de areia é normalmente utilizada para a produção de grandes peças, preenchendo um metal fundido na cavidade do molde que foi moldada a partir de areia natural ou sintética. A cavidade é criada pela utilização de um padrão, geralmente feito de madeira ou metal que é da mesma forma e dimensões que a parte real. O padrão é preparado ligeiramente sobre dimensionado pelo qual a cavidade também é um pouco maior e compensa a contração do metal fundido durante o resfriamento. A superfície das peças fundidas de areia é normalmente áspera com impurezas superficiais para as quais é incluído um subsídio de usinagem.

2.1.2. Fundição de molde

Neste processo, o metal é forçado no molde a uma alta pressão que garante a produção de peças idênticas, um melhor acabamento superficial e uma maior precisão dimensional. Algumas peças mesmo produzidas por fundição, não requerem usinagem após a fundição, ou podem exigir apenas uma usinagem leve para atingir as dimensões desejadas. Os defeitos de porosidade são encontrados com maior frequência em fundições grandes por causa do ar aprisionado e a solidificação da massa fundida antes de atingir os limites da cavidade. Peças com uma espessura de parede uniforme podem ser produzidas com mais precisão por fundição. Os moldes de fundição sob pressão são caros, uma vez que estes são feitos de aço endurecido e porque é necessária uma duração mais longa para a produção.

2.1.3. Fundição centrífuga

Esta é uma técnica de fundição que possui uma extensa gama de aplicações industriais, incluindo a moldagem de acessórios de máquinas onde a durabilidade do produto acabado é importante. Os tubos de imagem de televisão, objetos de vidro esférico, tubos, volantes e caldeiras também são produzidos por fundição centrífuga. À medida que o

metal fundido é vertido, um molde permanente gira a altas velocidades em torno de seu eixo. O metal fundido move-se em direção às paredes do molde devido à força centrífuga, solidifica após o resfriamento, produzindo uma parte fina. O diâmetro externo da fundição possui grãos finos e é resistente à corrosão atmosférica.

2.1.4. Fundição por cera

A fundição por cera é um processo de fabricação antigo usado para metais que são difíceis de serem usinados ou fabricados. Também é usado para a fabricação de peças que não podem ser formadas por técnicas de fabricação usuais, como turbinas ou componentes de avião sujeitos a altas temperaturas. Este processo proporciona uma excelente precisão dimensional e acabamento superficial. O padrão é feito de cera ou outra substância que é derretida, deixando para trás uma cavidade que é preenchida com o material da peça que está sendo produzida.

3. Aspectos Metodológicos da Pesquisa

3.1. Classificação da pesquisa

Segundo Medeiros (2006) a pesquisa científica tem como objetivo contribuir para a evolução do conhecimento humano em todos os setores, da ciência pura, ou aplicada; da matemática ou da agricultura, da tecnologia ou da literatura. A Figura 4 ilustra alguns critérios de classificação da pesquisa científica em engenharia de produção, como proposto por Turrioni e Mello (2017).

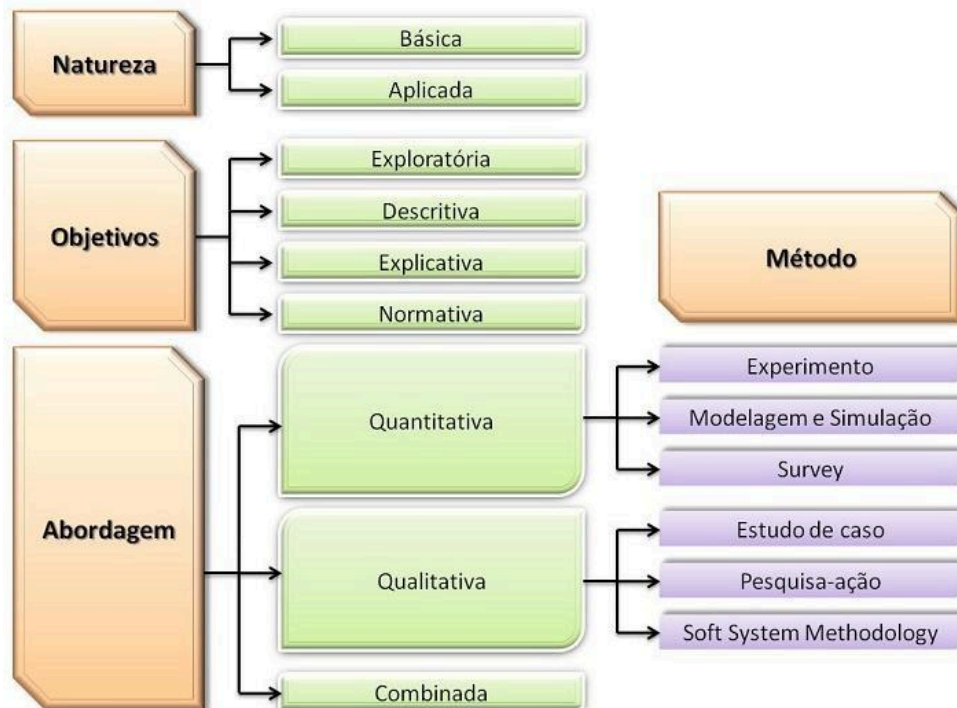
Do ponto de vista da natureza da pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada, pelo seu interesse prático, no qual o conhecimento teórico adquirido durante a revisão bibliográfica é utilizado na realidade da organização para solucionar os problemas encontrados.

Quanto aos objetivos, caracteriza-se como exploratória, pois, conforme Medeiros (2006), esse modelo visa proporcionar maior familiaridade com um problema a fim de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses, e tem como objetivo o aprimoramento de ideias. Pode-se utilizar levantamento bibliográfico, documental e observação direta intensiva.

Quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa possui características de abordagem qualitativa. De acordo com Turrioni e Mello (2017), há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e aspectos subjetivos que são complexos de serem mensurados em números e análises estatísticas. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa.

Relativo ao método, a pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso, pois o deseja-se analisar a influência de um determinado conjunto de variáveis no objeto de estudo, bem como formas de controle e observação dos efeitos que estas variáveis produzem no objeto de estudo.

Figura 4- Classificação da pesquisa científica em Engenharia de Produção.



Fonte: Adaptado de Turrioni e Mello (2017).

3.2. Etapas do desenvolvimento da pesquisa

Por meio de revisão bibliográfica, uma série de fatores foram considerados para se escolher adequadamente o processo de fabricação: quantidade de peças a produzir, projeto da fundição, tolerâncias requeridas, grau de complexidade, especificação do metal, acabamento superficial desejado, custo do ferramental, comparativo econômico entre usinagem e fundição, limites financeiros do custo de capital, requisitos de entrega.

Além disso, os processos de fundição foram caracterizados utilizando-se áreas de conhecimento da Engenharia de Produção, como Engenharia da Qualidade e Gestão de Sistemas de Produção e Operações, proporcionando oportunidades de atuação dos profissionais da engenharia de produção neste importante setor econômico brasileiro. Foram analisadas as vantagens e desvantagens de se produzir peças por fundição, aspectos de inspeção e qualidade envolvidos neste setor, controle da produção, padronização de processos, características da mão-de-obra envolvida, gestão de fornecedores e os principais indicadores de processo empregados para análise de desempenho do setor de fundição.

4. Resultados

4.1. Características dos processos de fundição

A fundição é classificada como um processo metalúrgico que apresenta como característica predominante a fusão do material seguido pela gravidade ou pressão para preencher o molde. Os produtos típicos produzidos são peças complexas, componentes de motores, objetos decorativos. O tipo de processo em manufatura envolvido é variável, podendo ser repetitivo em massa, em lotes ou processos por projeto, dependendo da estratégia mercadológica da empresa envolvida. Os produtos típicos podem envolver pouca ou elevada padronização, as peças fundidas podem ser produzidas dentro de

padrões variados de acabamento e tolerância dimensional. Geralmente produtos sob medida, com um sistema de produção orientado para a encomenda podendo ser em produção em larga escala ou por projeto. O volume de produção pode ser variável, alta variedade de produção, baixa a média flexibilidade, mão de obra com baixa a média polivalência, o layout de produção pode ser por arranjo físico funcional ou por processo. O lead time do processo produtivo pode variar de acordo com o projeto, o setup pode ser significativo e a capacidade dos recursos variável.

Como exemplo de um processo de fundição, pode-se citar a produção de peças automotivas. Diversas peças veiculares são fabricadas por fundição, e a escolha do processo de fundição muitas vezes depende das propriedades desejadas da peça, do material utilizado e da complexidade do design. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos, e a fundição mostra-se como um processo versátil que pode ser aplicado a várias peças automotivas. O tipo específico de fundição escolhido dependerá das propriedades desejadas para a peça final e da viabilidade econômica.

Tabela 1: Exemplos de peças de carros comuns fabricadas por fundição

Peça de carro	Material	Processo
Blocos de Motor	Ferro fundido ou ligas de alumínio	Fundição em molde de areia ou fundição sob pressão.
Cabeçotes de Cilindro	Ligas de alumínio ou ferro fundido	Fundição em molde de areia, fundição de investimento ou fundição sob pressão
Turbocompressores	Ligas de alumínio ou aço inoxidável	Fundição de precisão ou fundição de investimento
Hastes de Conexão (Barras de Direção)	Ligas de aço ou alumínio	Fundição em molde de areia ou fundição de investimento
Peças Ornamentais e Estéticas	Ligas de alumínio ou plásticos de alta resistência	Fundição em molde de areia, fundição sob pressão ou moldagem por injeção de plástico
Peças do Sistema de Exaustão (como Coletores de Escape)	Ligas de ferro fundido ou aço inoxidável	Fundição em molde de areia ou fundição de investimento.
Componentes de Suspensão (como Suportes de Mola)	Ligas de alumínio ou ferro fundido	Fundição em molde de areia ou fundição sob pressão.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

4.2. Vantagens e Desvantagens da Fundição

O processo de fundição pode ser substituído por outros tratamentos de materiais. Por isso, é importante conhecer as vantagens e as desvantagens para escolher qual a melhor opção.

Como vantagens, destaca-se que a fundição é um processo que pode ser aplicado a vários tipos de ligas metálicas, ferrosas e não ferrosas. Sendo a sua versatilidade uma das principais vantagens. Dessa forma, é ideal para fazer reciclagem de sucata e permite

uma fabricação de peças contínuas de forma mais rápida e qualitativa, enquanto ainda se reduz a quantidade de trabalhadores especializados.

É um processo de produção mais econômico que permite obter peças de geometrias complexas internas e externas e enviar prontas para usinagem ou montagem, com peso reduzido e menor risco de empenamento. As peças fundidas podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamento e tolerância dimensional. Geralmente produtos sob medida em larga escala ou por demanda específica (por projeto).

Já como desvantagens, ressalta-se que os problemas da fundição normalmente estão no controle de defeitos, como porosidade e rechupe. Isso, junto a certas limitações e propriedades mecânicas, provocam acabamento superficial, difícil descarte, variação no tamanho dos grãos e na inclusão de material refratário do molde.

4.3. Inspeção e Qualidade no Processo de Fundição

Quando se trata da fabricação de peças fundidas em grande escala, o controle da produção e de qualidade torna-se ainda mais crítico para garantir a consistência, a eficiência e a conformidade com os padrões. Alguns aspectos essenciais são relacionados ao controle da produção e de qualidade para peças fundidas em larga escala.

4.3.1. Controle da Produção

- Planejamento de Produção: desenvolver um plano de produção detalhado que leve em consideração a capacidade da fundição, os prazos de entrega, a demanda do mercado e a disponibilidade de matéria-prima.
- Controle de Processos: implementar sistemas de controle automatizado para monitorar parâmetros críticos durante o processo de fundição, como temperatura, pressão e velocidade de vazamento.
- Manutenção Preventiva: estabelecer um programa de manutenção preventiva para garantir que os equipamentos de fundição estejam em condições ideais de funcionamento, reduzindo o risco de paradas não programadas.
- Gestão de Estoque: manter um controle rigoroso do estoque de matérias-primas, evitando interrupções na produção devido a falta de material.
- Automação e Robótica: integrar sistemas automatizados e robóticos sempre que possível para melhorar a eficiência, reduzir erros e aumentar a produtividade.

4.3.2. Controle de Qualidade

- Inspeção em Tempo Real: implementar sistemas de inspeção em tempo real para detectar defeitos ou variações durante o processo de fundição, permitindo correções imediatas.
- Testes Não Destrutivos (TND): realizar testes não destrutivos, como ultrassom, radiografia ou partículas magnéticas, para identificar defeitos internos nas peças fundidas.
- Análise de Processos: conduzir análises detalhadas dos processos de fundição para identificar oportunidades de melhoria e otimização.

- Controle Estatístico de Processo (CEP): implementar técnicas de CEP para monitorar a variabilidade dos processos e garantir que permaneçam dentro de limites controlados.
- Avaliação de Microestrutura: realizar análises metalográficas para avaliar a microestrutura das peças, garantindo conformidade com as especificações de resistência e durabilidade.
- Testes de Resistência Mecânica: conduzir testes de resistência mecânica, como ensaios de tração e de impacto, para verificar se as propriedades mecânicas atendem aos requisitos do projeto.
- Padronização de Processos: desenvolver e manter procedimentos padronizados para garantir consistência na produção e na qualidade das peças fundidas.
- Avaliação de Acabamento: realizar inspeções visuais para verificar o acabamento superficial das peças e garantir que atendam aos padrões estéticos e funcionais.
- Rastreabilidade: implementar sistemas robustos de rastreabilidade para acompanhar cada lote de peças, permitindo a rápida identificação da origem em caso de problemas de qualidade.

A implementação eficaz dessas práticas de controle da produção e de qualidade é importante para garantir a produção consistente, a satisfação do cliente e a conformidade com padrões industriais e regulamentações. Através do controle pode-se garantir que as peças fabricadas atendam aos padrões especificados e se enquadrem nos critérios de tolerância dimensional, evitando retrabalhos e desperdícios de materiais. Garante rastreabilidade e registro de não conformidades, otimizando a eficiência da produção e permitindo tomadas de decisão rápidas.

O engenheiro de produção desempenha um papel crucial no controle de qualidade no processo de fundição. Sua atuação visa otimizar a eficiência, reduzir custos e garantir a conformidade dos produtos fabricados com as especificações desejadas. Algumas das responsabilidades específicas do engenheiro de produção nesse contexto:

4.4. Análise de Processos

Realizar uma análise detalhada dos processos de fundição, identificando pontos críticos e áreas de potencial melhoria. Avaliar a eficácia das práticas de fundição existentes em termos de qualidade e eficiência. Exemplo: Realizar um estudo detalhado dos tempos de solidificação e resfriamento do metal durante o processo de fundição, identificando oportunidades para otimização e redução de defeitos como porosidade ou inclusões.

4.5. Padronização de Processos

Desenvolver e implementar procedimentos padronizados para o processo de fundição, garantindo que cada etapa seja realizada de maneira consistente. Garantir a adesão estrita às normas e regulamentações de qualidade pertinentes ao setor de fundição. Exemplo: Desenvolver um manual de procedimentos padrão que detalhe as temperaturas ideais de fusão, as taxas de alimentação de metal, os tempos de vazamento e outros parâmetros críticos para garantir consistência na produção.

4.6. Controle Estatístico de Processo (CEP)

Implementar técnicas de Controle Estatístico de Processo para monitorar continuamente a variação nos parâmetros de produção. Estabelecer limites de controle e tomar ações corretivas quando os processos se desviam desses limites. Exemplo: Implementar gráficos de controle para monitorar a temperatura do metal durante o processo de fundição, identificando rapidamente qualquer desvio significativo que possa afetar a qualidade do produto. A medição e o controle da temperatura são fundamentais em processos de fundição, que devem atender a padrões rigorosos para fabricação de peças de qualidade a partir de diferentes tipos de metais ou ligas metálicas e o uso de moldes.

4.7. Inspeção e Testes

Desenvolver planos de inspeção para monitorar a qualidade dos produtos em diferentes estágios do processo de fundição. Coordenar a realização de testes não destrutivos e destrutivos para avaliar a integridade dos produtos fundidos. Exemplo: Estabelecer um plano de inspeção que inclua a verificação visual, análise de ultrassom e ensaios de tração em amostras representativas de cada lote de peças fundidas.

4.8. Treinamento de Pessoal

Capacitar a equipe de produção em práticas de controle de qualidade e garantir que todos compreendam a importância da conformidade com as especificações. Atuar na formação de uma cultura de qualidade dentro da equipe. Exemplo: Organizar sessões de treinamento para operadores de máquinas de fundição, abordando temas como a importância do manuseio correto dos moldes, a prevenção de contaminações e a identificação de defeitos visuais.

4.9. Melhoria Contínua

Identificar oportunidades de melhoria contínua nos processos de fundição, com o objetivo de aprimorar a qualidade dos produtos e a eficiência operacional. Implementar metodologias como o Lean Manufacturing para eliminar desperdícios e otimizar a produção. Exemplo: Implementar um programa de sugestões dos funcionários para capturar ideias de melhoria, como a introdução de refrigeração controlada para moldes ou a otimização da mistura de ligas metálicas.

4.10. Gestão de Fornecedores

Colaborar com fornecedores para garantir a qualidade dos insumos utilizados no processo de fundição. Estabelecer padrões de qualidade para os fornecedores e monitorar seu desempenho. Exemplo: Estabelecer critérios de qualidade para os fornecedores de areia para moldagem, realizando auditorias regulares para garantir que os padrões estejam sendo atendidos e prevenindo possíveis problemas de qualidade.

4.11. Gestão de Não Conformidades

Desenvolver procedimentos para lidar com não conformidades, incluindo a análise das causas raízes e a implementação de ações corretivas. Exemplo: Desenvolver um sistema de rastreabilidade para identificar a origem de peças não conformes, investigar as causas raízes e implementar ações corretivas, como ajustes nos parâmetros de fundição ou treinamento adicional da equipe.

4.12. Indicadores do processo

Os indicadores de desempenho da qualidade ou simplesmente indicadores de qualidade são, em síntese, elementos que medem níveis de eficiência e eficácia de uma organização, ou seja, medem o desempenho dos seus processos, relacionados à satisfação dos clientes, segundo DE ROLT, (1998 citado por BASTOS; DAMM, 2009). No mundo atual, a qualidade é um investimento e um fator determinante para a sobrevivência das organizações.

Adequar às formas de gestão de cada organização, tendo em vista a satisfação das necessidades dos clientes, mais do que um desafio é uma condição essencial a essa sobrevivência. Neste contexto da qualidade, conhecer e medir o desempenho dos serviços e das organizações assume um papel fundamental como resposta à necessidade de relacionar custos/benefícios e aferir o grau de satisfação dos seus clientes segundo PAIXÃO et al., (2005, citado por MIRANDA; DIAMANTINO e SOUZA, 2009).

Os indicadores do processo de fundição são métricas e parâmetros que são monitorados para avaliar a eficiência, a qualidade e o desempenho geral do processo de fabricação de peças fundidas. A escolha dos indicadores pode variar com base na natureza específica do processo, no tipo de peça fundida e nos objetivos da produção.

Tabela 2: Indicadores comuns usados na fundição

INDICADOR	DEFINIÇÃO	IMPORTÂNCIA
Taxa de Produção	Número de peças fundidas produzidas por unidade de tempo	Avalia a eficiência do processo em termos de produtividade
Taxa de Rejeição ou Refugo	Percentual de peças fundidas que não atendem aos padrões de qualidade e são rejeitadas.	Reflete a qualidade do processo e a eficácia do controle de qualidade
Taxa de Sucata	Percentual de material desperdiçado durante o processo de fundição	Indica eficiência no uso de materiais e recursos
Eficiência do Equipamento	Tempo efetivo de operação do equipamento em relação ao tempo total	Avalia o desempenho dos equipamentos e a disponibilidade para produção
Consumo de Energia	Quantidade de energia consumida durante o processo de fundição	Monitora a eficiência energética do processo
Tempo de Ciclo	Tempo necessário para completar uma operação ou ciclo de fundição	Influencia diretamente a taxa de produção e eficiência
Uniformidade Dimensional	Variação nas dimensões das peças fundidas em relação às especificações	Reflete a consistência e a precisão do processo de fundição
Taxa de Refusão	Percentual de material reciclado e reutilizado no processo	Indica a sustentabilidade e a redução do desperdício de material
Nível de Contaminação	Quantidade de impurezas ou inclusões não desejadas nas peças fundidas.	Afeta a qualidade e a integridade das peças
Custo por Peça	Custo total do processo dividido pelo número de peças produzidas	Avalia a eficiência econômica do processo
Conformidade com Especificações	Percentual de peças que atendem totalmente às especificações de qualidade	Mede a qualidade do produto final
Taxa de Acidentes e Incidentes	Número de acidentes ou incidentes de segurança durante o processo	Monitora a segurança no local de trabalho

A escolha e a interpretação dos indicadores devem ser adaptadas aos objetivos específicos da fundição, levando em consideração as características do processo, do produto e das metas de produção. A análise constante desses indicadores é crucial para a melhoria contínua e a otimização do processo de fundição.

5. Conclusão

O engenheiro de produção desempenha um papel crítico na gestão e otimização do processo de fundição, contribuindo para a produção eficiente, econômica e de alta qualidade de peças fundidas. Suas habilidades abrangentes abrangem desde o planejamento estratégico até a implementação de práticas operacionais inovadoras.

O papel do engenheiro de produção no controle de qualidade no processo de fundição é multifacetado e exige habilidades técnicas, analíticas e de liderança para garantir que os produtos atendam às expectativas de qualidade estabelecidas pela empresa e pelos clientes.

Por fim, ressalta-se que este estudo buscou empregar técnicas relativas às áreas da Engenharia de Produção - Engenharia da Qualidade e Gestão de Sistemas de Produção e Operações, proporcionando oportunidades de atuação dos profissionais da Engenharia de Produção neste importante setor econômico brasileiro.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO (ABIFA). Desempenho do setor de fundição. Abr/2011. Disponível em: <<http://www.abifa.com.br/Imagens/file/IndicesMercado/Desempenho/2011/DESEMPENHO%20ABRIL%202011.pdf>>.
- BALDAM, Roquemar, VIEIRA, Estefano **Fundição: Processos e tecnologia correlatas**; São Paulo: Érica, 2013, 384 p.
- 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, <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream.pdf>>. Acesso em 20/11/2019.
- CHIAVERINI, V, 1914 – **Tecnologia mecânica: Processos de Fabricação e Tratamento** ; São Paulo: McGraw-Hill, 1986, 315 p.
- MEDEIROS, J. B. **Redação Científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- MIRANDA, R. de C.; DIAMANTINO, S. R.; SOUZA, L. G. M. de. Análise dos indicadores de qualidade de duas empresas do setor automobilístico. Revista P&D em Engenharia de Produção vol.7, nº.1, p. 64-75, 2009.
- REVISTA FERRAMENTAL. Artigo Fundição, o que é e como funciona. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/artigos>. Acessado em 27 de setembro de 2024.
- REVISTA FUNDIÇÃO & MATÉRIAS-PRIMAS. Guia ABIFA de fundição 2000. Ano V, no 34, Mar/Mai 2000.
- TURRIONI, J. B., MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Curso de Especialização em Qualidade e Produtividade, 2017.