

## **REDUÇÃO DO ÍNDICE DE POROSIDADE EM PEÇAS FUNDIDAS SOB ALTA PRESSÃO**

### **Allan Rogers da Silva Teixeira**

Discente do curso de Engenharia Mecânica-UNINORTE

E-Mail: suzyviegas27@gmail.com

Telefone: (92) 99314-6017

Endereço: Rua Brasileira N° 13 Compensa 2

### **Angelo Marcos Seabra Silva**

Discente do curso de Engenharia Mecânica-UNINORTE

E-Mail: angelo.navegantess@gmail.com

Telefone: (92) 99239-3781

Endereço: Rua Djalma Dultra N°217 Nossa Senhora Das Graças

### **Leon Denis Rodrigues Dos Santos**

Docente do curso de Engenharia Mecânica-UNINORTE

E-Mail: LEONRSANTOS@bol.com.br

Telefone: (92) 99292-9584

Endereço: Rua 211 Q.392 N°30 Cidade Nova 4 Núcleo 16

## **RESUMO**

Daremos ênfase neste trabalho a experimentos voltados as porosidades, suas origens e soluções em peças de fundição sob alta pressão, avaliando as necessidades de utilizar medidas preventivas ou corretivas em liga de alumínio HD2 utilizada na fabricação de peças, como carcaças, tampas e cilindros do motor na fundição HPDC.

Foram realizados experimentos com parâmetros diferentes e massalotes de tamanhos diversos, saídas de gases obstruídas em máquinas de 800 toneladas da fundição HPDC, voltados a expulsão de gases originados por turbulências no momento da injeção do alumínio no molde.

Vale ressaltar que todas as amostras coletadas foram identificadas, processadas em lote fechado pelo processo de usinagem e levadas ao teste de estanqueidades para avaliação de vazamentos originados por porosidades, depois retornadas para testes de serra em locais específicos das peças e realizado os testes de rocou para avaliação de diferentes níveis de porosidades.

Após a análise dos testes realizados com rocou, teste de flexão, teste de torção, teste de impacto, teste de pista, parâmetros e massalotes de diversos tamanhos notou se que as porosidades estar relacionadas não só a parâmetros e massalotes mas a tratamentos do alumínio antes da injeção no molde.

Os experimentos coletados e mostrados são com base a pesquisas em experimentos já existentes e em prática realizadas em peças de fundição injetadas sob alta pressão, com a finalidade de reduzir as porosidades em peças fundidas, eliminando outros problemas como vazamentos e trincas.

Palavras-chaves: Teste de rocou. Nível de porosidade. Massalotes. Liga de alumínio HD2. Teste de estanqueidade. Teste de Flexão. Teste de Torção. Teste de impacto. Teste de pista.

## **SUMMARY**

We will emphasize in this work experiments on porosities, their origins and solutions in castings under high pressure, evaluating the needs of using measures preventive or corrective actions in aluminum alloy HD2 used in the manufacture of parts, such as housings, caps and engine cylinders in the HPDC casting.

Experiments were carried out with different parameters and size various gas outlets clogged in 800 tonnes of HPDC foundry machines, directed to the expulsion of gases originated by turbulences at the moment of the injection of the aluminum in the mold.

It is noteworthy that all the collected samples were identified, batch processed closed by the machining process and taken to the leakage test for the evaluation of leaks originated by porosity, then returned to sawing at of the pieces and carried out the rococo tests for evaluation of different levels of porosities.

After the analysis of the tests performed with rococo, flexural test, torsion test, impact, runway test, parameters and massifs of various sizes, it was noticed that the porosities are related not only to parameters and massories but to before injection into the mold.

The experiments collected and shown are based on research in experiments already and practice in castings injected under high pressure with purpose of reducing porosities in castings, eliminating other problems such as leaks and cracks.

**Keywords:** Rococo test. Porosity level. Massalotes. Aluminum alloy HD2. Test tightness. Flexion Test. Torsion Test. Impact test. Track test



<b>LISTA DE IMAGENS</b>	<b>Pág.</b>
Imagem 1 - Formação de gases. ....	9
Imagem 2 - Dendritas. ....	9
Imagem 3 - Microporosidade. ....	10
Imagem 4 - Macroporosidades. ....	10
Imagem 5 - Porosidade gasosa. ....	10
Imagem 6 - Trinca. ....	11
Imagem 7 - Teste de rocol. ....	11
Imagem 8 - Testes de serra. ....	12
Imagem 9 - Teste de serra. ....	12
Imagem 10 - Teste de rocol. ....	13



<b>SUMÁRIO</b>	<b>Pág.</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
1.1 Objetivo geral .....	5
1.2 Objetivos específicos .....	5
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	5
2.1 Área de estudo .....	5
2.2 Coleta de dados .....	6
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	6
<b>4 DESENVOLVIMENTO</b> .....	7
4.1 Fundição .....	7
4.2 Tipos de fundição .....	7
4.3 Processos de Produção .....	7
4.4 Porosidades de rechupe .....	8
4.5 Porosidade em peças de fundição .....	8
4.6 Método de Taguchi .....	13
4.7 Testes de fadigas através do método de Taguchi .....	14
4.8 Fundição por compressão .....	14
4.9 Porosidade por contração .....	14
4.9.1 A injeção lenta do alumínio fundido .....	14
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	15
<b>6 RESULTADOS</b> .....	16
6.1 Vantagens .....	16
6.2 Desvantagens .....	16
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	17

## 1. INTRODUÇÃO

As peças originadas no processo de fundição sob alta pressão atualmente vistas como elementos da engenharia de um futuro inovador, que otimiza custos de processos posteriores e ganha com um produto leve, resistente e durável a fundição sob alta pressão é um dos processos mais utilizável mundialmente totalizando 70 % da produção das peças de fundição de alumínio.

Embora este tipo de processo de fundição sob alta pressão possua muitas vantagens existem também uma série de limitações ocasionadas pelas porosidades, que podem ocorrer pela contração do alumínio na hora da solidificação ou por gases.

Com a finalidade de reduzir as porosidades em peças fundidas, eliminando outros problemas como vazamentos e trincas.

Eliminando o problema na causa raiz. As porosidades são defeitos apresentados em peças fundidas, também chamadas de vazios que se localizam no interior das peças injetadas.

Tais vazios provocam uma descontinuidade do material ocasionando pouca resistência mecânica no produto e aumentando o índice de trincas quando em processo.

Estas porosidades podem ocasionar vazamentos em carcaças, quando ocorre o aumento da pressão com funcionamento do motor.

Este tipo de problema pode ser decorrente de falta de compressão no canal de alimentação, turbulência do alumínio na fase de injeção, fluxo do material na cavidade do molde.

Este tipo de problemas também pode ser decorrente de gases que se formam dentro dos fornos de espera das injetoras, passando para a peça em de porosidades, devido alguns moldes as vezes estar com as saídas de gases obstruídas gerando vazios na hora do alumínio se compactar dentro do molde. Muitas das vezes essas porosidades ou descontinuidades podem gerar perda de produção em grande escala e aumentando o índice de vazamento.

### 1.1. Objetivo geral

Analisar os defeitos de porosidades que podem ocorrer em peças fundidas em alta pressão, baixa pressão, e gravidade, dando ênfase para seus problemas e ajudando a melhorar ações voltadas a eliminação dos problemas gerados por porosidades.

### 1.2. Objetivos específicos

- Desenvolver novas técnicas com base nos estudos já existentes e metodologias originadas durante o processo.
- Propor novas ideias e técnicas com auxílio da tecnologia implantada no tratamento do alumínio e no novo processo de checagem do material a ser avaliado.
- Minimizar os defeitos em peças de fundição chamados de porosidades ou vazios que podem ser ocasionados na hora da contração do alumínio e gases gerados por turbulências.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

Esse estudo foi realizado na área de máquinas injetoras, LPDC HPDC da fundição numa empresa do polo industrial de Manaus, localizada no Bairro do Distrito Industrial situada na cidade de Manaus no Amazonas, a Empresa Moto Honda da Amazônia Ltda. Instalada no Polo Industrial há 42 anos, sendo pioneira na fabricação de motocicletas, líder de vendas do mercado nacional e internacional do polo de duas rodas.

Atualmente a empresa conta com um pouco mais de 4.500 colaboradores sendo que desses 4.500 colaboradores cerca de 300, só no setor de Fundição que trabalham divididos nos três turnos na fabricação de peças como Cabeçotes, Carcaças, Rodas de Liga Leve, Cilindros dentre outros. Para atender tanto a produção interna de motos, como reposição de peças para as concessionárias.

## 2.2. Coleta de dados

Todos os dados coletados foram realizados na área da fundição mais específicos nas injetoras, fornos de espera das máquinas injetoras, mesmo nas próprias peças coletadas e preparadas para análise, também foi realizado teste de usinagem e após realizado teste de serra em pontos específicos da peça, onde a peça é preparada para ser realizada o teste de rocol, devido existir porosidade que não pode ser vista a olho nu. (Figura 9).

## 3. JUSTIFICATIVA

No processo de produção atualmente, existem perdas de produção relacionadas a peças com problemas que geram transtornos e reclamações de clientes de setores subsequentes internos ou externos, a grande maioria são detectados no setor de usinagem ou na inspeção final em último caso no cliente.

Analisar a microestrutura e as propriedades mecânicas do material através de testes de serra e aplicação do teste de rocol em pontos específicos da peça para revelar os defeitos de porosidades que podem ocorrer em peças fundidas em alta pressão, baixa pressão, e gravidade, dando ênfase para seus problemas e ajudando a melhorar ações voltadas a eliminação dos problemas gerados por porosidades. (Figuras 7 e 8).

Quando um lote apresenta defeito na usinagem, apesar do reaproveitamento refugo, existem perdas e gastos já gerados no processo. Uma das etapas mais críticas que ocorre durante todo o processo é a solidificação do alumínio, devido o processo de resfriamento rápido pode ocasionar tensões na peça ou seja a má formação dos grãos gerando porosidades na peça, que irá comprometer ou influenciar na sua propriedade mecânica, tais problema poderá comprometer a produção gerando vazamentos no setor de usinagem elevando o índice de peças fundidas para ser sucateadas, elevando gastos desnecessários com retrabalhos.

Segundo Ferreira (2005) para a produção de problemas que geralmente ocorrem durante o processo é necessário a identificação de sua causa básica através de análise dos parâmetros de processo, de acordo com uma sequência de procedimentos lógicos, baseados em fatos e dados.

A produção de peças fundidas é um processo complexo que envolve um grande número de fases de fabricação, a ocorrência de erros em qualquer fase do processo de produção de uma peça, seja na construção do molde, fusão e lingotamento da peça, pode resultar na geração de porosidades na peça de fundição de alta pressão. Este tipo de defeito prejudica a qualidade do produto podendo em muitos casos ser providenciado de urgência a fabricação de novas peças para repor as rejeitadas durante o processo.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. Fundição

É um dos primeiros processos industriais utilizados na produção de objetos de metal. A fundição de alumínio pode ser feita por gravidade, com uso de areia ou molde metálico, e sob alta pressão ou baixa pressão. Além desses há também processos especiais, como de cera perdida e tixofundição.

As peças fundição de alumínio têm suas principais aplicações na área automotiva e de transporte. Por exemplo em blocos de motor, cabeçotes, caixas de câmbio, carcaças e rodas tanto duas rodas como quatro rodas e veículos pesados e outros. Os produtos de alumínio podem ser produzidos a partir dos seguintes processos.

### 4.2. Tipos de fundição

**Fundição em areia:** O vazamento do metal líquido em moldes de areia é uma das mais antigas artes industriais. Ainda é utilizado quando as peças fundidas são de pequena produção, de tamanho excepcionalmente grande ou muito intrincadas.

**Fundição em coquilha:** Feito por gravidade, esse processo consiste em obter peças por meio de vazamento do metal líquido em um molde metálico, também chamado de coquilha. A introdução do metal é essencialmente determinada pela força de gravidade.

**Fundição sob pressão:** Consiste na injeção de um metal líquido contido em um recipiente (câmara de injeção) para o interior da cavidade de um molde fabricado em aço, por meio de pistão. Na câmara de injeção. Depois, há um rápido preenchimento da cavidade do molde para evitar o resfriamento do metal. A última etapa é a compactação do metal para diminuir o volume das porosidades, microporosidades e macroporosidades originadas da contração de solidificação do metal.

**Tixofundição:** Pode ser chamado também de fundição de ligas semi-sólidas de alumínio, a tecnologia utiliza, ao invés de alumínio líquido, o metal em pasta, evitando o desgaste no contato entre o metal e o molde e aumentando a produtividade. As principais aplicações desse processo se dão na indústria automotiva, na fabricação de peças como suspensões, de carcaças e discos de embreagem e outros.

### 4.3. Processos de Produção

Uma das vantagens muito importante do alumínio é o fato de poder ser transformado com facilidade. O alumínio pode ser laminado em qualquer espessura e extrudado numa infinidade de perfis de seção transversal constante e grande comprimento. O metal pode ser também, forjado ou impactado. Arames de alumínio trefilados a partir de vergalhões dão origem a fios de alumínio que, após serem encordoados, transformam-se em cabos condutores.

A facilidade e a velocidade com o qual o alumínio pode ser usinado é outro importante fator que contribui para difundir o uso desse material e que também aceita todos os métodos de união, tais como rebiteagem, soldagem, brasagem e colagem. Além disso, para a maioria das aplicações do alumínio não são necessários revestimentos de proteção.

Com o aumento da produção de peças fundidas em alta pressão e a grande disputa pelo mercado mais competitivo com o passar dos anos, em busca de redução de custos melhoramentos nos processos trouxe muitos benefícios, com tais benefícios surgiram defeitos como as porosidades geradas no momento da compactação do alumínio.

Pequenos vazios que podem ser de superfície que são irregulares, com o aparecimento das dendritas, principalmente nas partes de maior volume das peças;

Em peças de pequenos intervalos para solidificação, os rechupes tem maior concentração, umas das características que pode aparecer são as superfícies lisas da peça.

Em peças com maior intervalo para se solidificar, os rechupes aparecem mais espalhados o que pode ser facilmente confundidos com as porosidades;

#### 4.4. Porosidades de rechupe

Todos os tipos de ligas fundidas apresentam contração, ou seja, diminuição de volume devido o seu processo de solidificação. Por causa destes fenômenos se faz necessário alimentar o canal de alimentação (massalotes) com intuito de evitar a ocorrência de rechupes.

Com este método utilizado os problemas de rechupe se unem todos nós massalotes que são retirados das peças e reutilizados novamente.

Para ser obter um excelente desempenho dos massalotes tem alguns macetes a serem obedecidos:

Devem se direcionar os canais de alimentação para preenchimento primeiramente das paredes mais finas e solidificação das paredes mais volumosas por último, ou seja, as entradas dos canais de alimentação do alumínio líquido.

Cada canal de alimentação e suas ramificações de ligamento com a peça tem que se compactar após o preenchimento por completo da peça no molde, as condições térmicas são requisitos essenciais para esta condição.

Cada canal de entrada do alumínio no molde tem que ter volume compatível maior que o necessário para preencher a região da peça no molde, tem que ter a quantidade de alumínio suficiente total preenchimento. É essencial o tamanho, a distância, espessura e a direção do massalote nesta situação.

Para se ter uma boa eficiência e qualidade na hora da alimentação do alumínio são necessários utilização de alguns recursos extras que alteram as velocidades de resfriamento do alumínio líquido, evitando as porosidades ou vazios nas partes internas das peças.

#### 4.5. Porosidade em peças de fundição

A porosidade tem as paredes lisas, esféricas, sem relação com o exterior. As maiores aparecem isoladas, as menores sempre aparecem em grupos de diversos tamanhos tais problemas so aparecem após o processo de usinagem aonde são reveladas ou no processo de estanqueidade que geram vazamentos.

A fundição é dos processos fabricação mais versáteis já utilizados até hoje, podendo ser usado para confecção tanto de peças complexas quanto simples, e que podem ser utilizados a peças dos mais diversos materiais desde que esse possam ser liquefeitos. Porém o aspecto mais importante que vai garantir uma peça fabricada por fundição de alta pressão é o nível de sanidade do metal obtido após a fusão é o tratamento do banho metálico (MELO; RIZO; SANTO, 1996).

A definição de fundição é a conformação do metal em estado líquido, vertendo dentro do molde, para após a solidificação obter a peça moldada (TOLEDO, 2006).

Porém existem dentro do processo de fundição diversas variáveis que geram problemas que elevam o número de refugo e o retrabalho de peças de fundição de alta pressão, uma delas seria as porosidades, podendo ser um problema crônico durante o processo de usinagem, que quando usinado a peça após passar pelo processo de estanqueidade pode ser reprovada devido



vazamento ocasionado por porosidades em algumas partes da peça de maior concentração de massa, causada pela contração de solidificação ou a presença de gases dissolvidos.( figura 1 ).

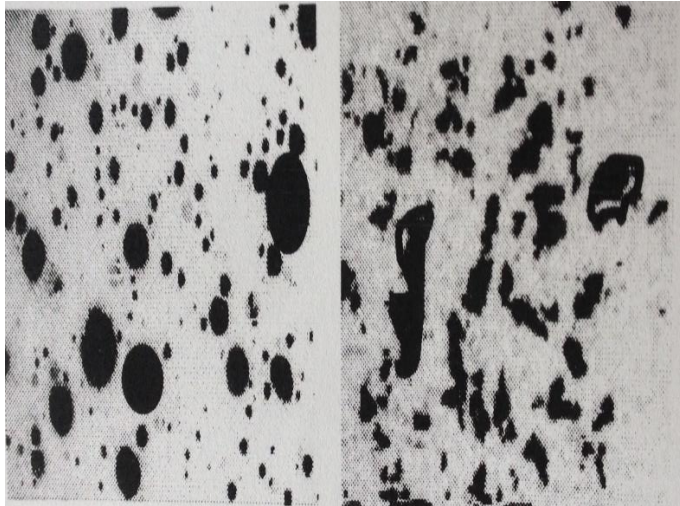


Imagem 1. Formação de gases. Fonte: Próprio autor.

**Porosidade definição:** As porosidades são vazios ou poros internos, que podem ser originados por contração ( rechupe ) ou gases no metal líquido se caracteriza por contrações concentradas em um único ponto da peça, que é a última região a se solidificar, resultando em um vazio grande e com superfície interna rugosa formada pelas dendritas.

**Dendritas :** É um óxido de silício, cristal que tem uma formação de ramificação dentro parecendo uma árvore. (Figura 2).

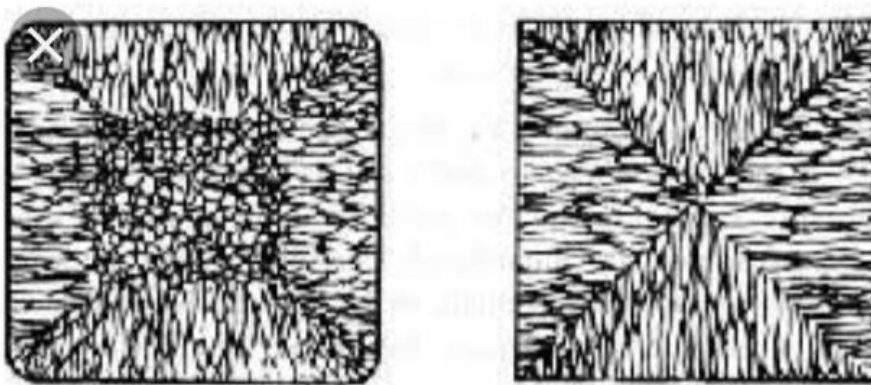


Imagem 2. Dendritas. Fonte: Próprio autor.

Como resultado da contração de solidificação aparecem porosidades no produto, que podem ser macroporosidades ou microporosidades, ou porosidade gasosa, o fator de dependência mais determinante no tipo de porosidade no intervalo de solidificação. (Figura 3 e 4).

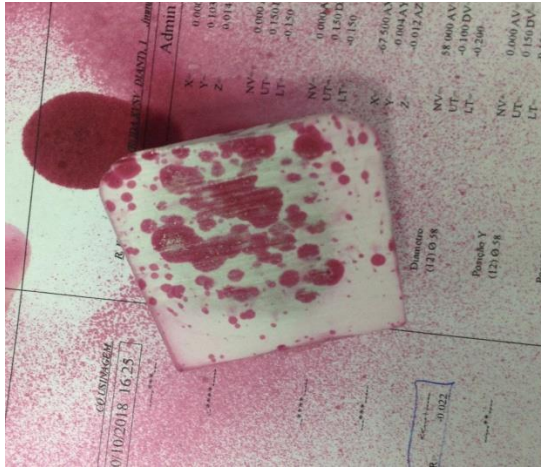


Imagem 3. Microporosidade. Fonte: Próprio autor.



Imagem 4. Macroporosidades. Fonte: Próprio autor.

Porosidade gasosa: Está relacionado com maneiras de injeção de alta velocidade, enorme turbulência na hora do escoamento do alumínio e devido o processo muito rápido na hora do preenchimento do alumínio no molde. (Figura 5).

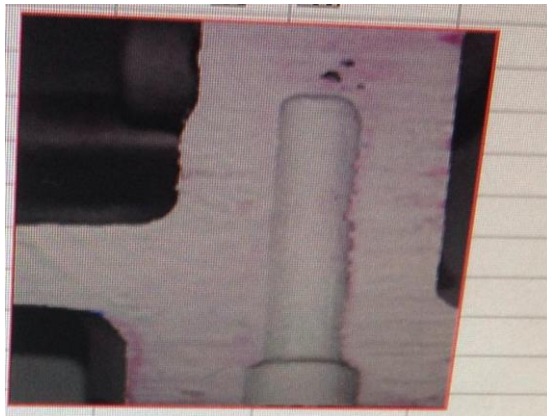


Imagem 5. Porosidade gasosa. Fonte: Próprio autor.

**Microporosidades** : São vazios de pequenas dimensões.

**Macroporosidades** : Defeito de porosidade que se caracteriza por contrações concentradas em um único ponto da peça.

As porosidades são pequenos furos no interior da peça ou vazios que se localizam nas partes internas de maior concentração de massa do material injetado. Esses furos geralmente são encontrados após o processo de usinagem.

Segundo Malavazi (2018), estas porosidades provocam descontinuidades de material no produto diminuindo a resistência mecânica e também favorecendo a ocorrência de trincas quando em uso. Além disso, podem provocar vazamentos em peças fundidas comprometendo o funcionamento de todo o conjunto. (Figura 6).



Imagem 6. Trinca. Fonte: Próprio autor.

A causa, mas comum da porosidade estar relacionado com regulagem, turbulência do material na primeira fase da injeção, fluxo do material na cavidade do molde, descompressão do canal de alimentação, podendo ser produzidas em grande escala de parâmetros de máquinas, mas também é possível que esteja relacionado a preparação do alumínio.

Com a finalidade de reduzir as porosidades em peças fundidas, eliminando outros problemas como vazamentos e trincas, que são gerados devido as porosidades ou vazios ocasionados na hora da solidificação da peça provenientes de gases que se formam na hora do fechamento do molde ou causada por turbulências no alumínio no momento do escoamento do forno de espera até a câmara da injeção do molde.



Imagem 7. Teste de rocol. Fonte: Próprio autor.

Com o aumento da produção de peças fundidas e com a competitividade cada vez mais acirrada, a fundição tem necessidades de melhorar a qualidade e reduzir custos desnecessários um dos caminhos mais simples para tal está na mão do fundidor, basta saber a causa raiz dos seus defeitos, para tomar corretiva.

Reduzindo o problema na causa raiz as porosidades são defeitos apresentados em peças fundidas, também chamadas de vazios que se localizam no interior das peças injetadas.

Tais vazios provocam uma descontinuidade do material ocasionando pouca resistência mecânica no produto e aumentando o índice de trincas quando em processo.

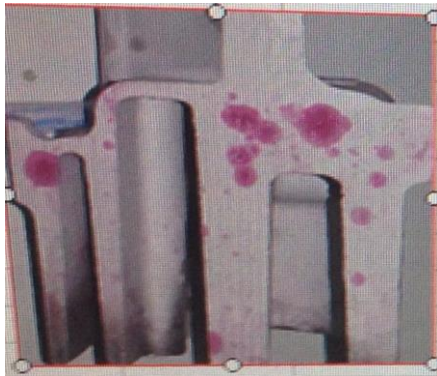


Imagem 8. Testes de serra. Fonte: Próprio autor.

Estas porosidades podem ocasionar vazamentos em carcaças, quando ocorre o aumento da pressão com funcionamento do motor.

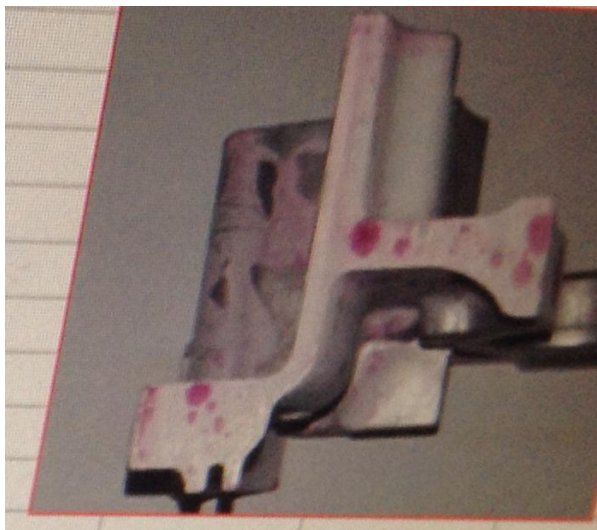


Imagem 9. Teste de serra. Fonte: Próprio autor.

Muitas das vezes essas porosidades ou discontinuidades podem gerar perda de produção em grande escala e aumentando o índice de vazamento e gerando custos com retrabalhos.

Com ênfase em solucionar, parâmetros de máquinas, moldes com saídas de gases obstruídas. A palavra porosidade vem do latim *porosus*, o termo porosidade é usado em diversos campos da ciência bem como na pedologia e engenharia. A matéria é descontínua, isso quer dizer que existem espaços entre as partículas que formam qualquer tipo de matéria.



Imagem 10. Teste de rocol. Fonte: Próprio autor.

#### 4.6. Método de Taguchi

É uma abordagem da engenharia de qualidade "off-line" que busca aumentar a robustez dos produtos por meio de diminuição dos efeitos dos parâmetros "ruído" no seu desempenho, são os esforços aplicados à qualidade do projeto, o que inclui qualquer atividade de projeto e desenvolvimento que ocorre antes da fabricação do produto. É o controle da qualidade aplicado durante o projeto do produto e durante o projeto do processo. "off-line", é o controle de qualidade exercido durante a produção ou manufatura do produto "on-line".

Experimentos consiste em alteração de parâmetros e avaliar os efeitos de porosidades nas peças fundidas em alta pressão, os parâmetros de temperatura do alumínio e velocidade de primeira e segunda fase de injeção foram os que mais contribuíram na redução de porosidades dos produtos avaliados. A utilização dos experimentos através do método de Taguchi foi o que mais contribuiu para a melhor redução das porosidades em peças produzidas sobre estas condições de parâmetros fechados e avaliados durante todo o processo de fundição até o processo de usinagem onde foi avaliado os índices de vazamentos do lote produzidos nestas condições.

Tais condições em que foi utilizado uma combinação de parâmetros estudados levando em consideração a velocidade de primeira fase da injeção, e a velocidade de segunda fase da injeção e pressão de compactação na hora de solidificação do alumínio, onde foi avaliado o nível de porosidade em partes do produto de maior concentração de massa do alumínio onde costuma ocorrer a maior concentração de porosidades. Nos dois comparativos de pressão, foi o parâmetro de compactação que teve maior influência na porosidade das peças. O que resultou em uma análise de variação de parâmetros fechados o que permitiu uma configuração ideal dos resultados com os parâmetros e os fatores que influenciaram durante o processo.

Com a utilização do método de Taguchi foi possível compreender melhor o fenômeno de formação de porosidades nas peças fundidas sob alta pressão e com o auxílio métodos já existentes na literatura relacionados ao assunto de porosidades em peças de fundição sob alta pressão.

Durante o processo de solidificação, a pressão da injeção da máquina injetora foi bastante avaliada e os efeitos das variações de porosidades com relação a qualidade do produto o que se notou o seguinte com o aumento da velocidade da injeção a porosidade aumenta devido as turbulências na câmara de injeção da máquina injetora e que diminui com o aumento da pressão da injeção. Nota esses experimentos podem variar com tempo em longo prazo de duração e

devido a alterações ou variações de máquinas e moldes pois não foi avaliado nessas condições o que pode ficar como base para pesquisas futuras. Pois foi avaliado a curto prazo.

#### 4.7. Testes de fadigas através do método de Taguchi

Método em que simula uma realidade em amostras selecionadas durante o experimento de parâmetros com intuito de avaliar trincas ou deformações ocasionadas por porosidades internas impossível de ser identificado na checagem visual, após algumas horas na máquina de tração que simula a fadiga do produto, aonde após esse processo é realizada outra checagem visual e avaliado as trincas ou deformações geradas pelas porosidades internas o que se observou-se os resultados foram satisfatórios pois não houve ocorrências de trincas ou deformações que comprometeriam a estrutura física do produto.

#### 4.8. Fundição por compressão

Fundição por compressão é um processo desenvolvido para produzir peças com baixo índice de porosidade e alta integridade estrutural. As diferenças principais entre a fundição por compressão e a fundição de alta pressão estão no desenho do canal de alimentação, nas velocidades de injeção e intensificação da pressão. Já que muita porosidade por gás é originada por turbulência criada quando o alumínio líquido é empurrado para dentro da cavidade do molde pelo canal estreito, a fundição por compressão utiliza canais mais largos e o alumínio entra num regime laminar ou fluxo em pistão. Isso reduz a infiltração de ar para dentro do alumínio líquido, amenizando assim a porosidade. A maior intensificação da pressão no final do ciclo da injeção o que garante um encolhimento mínimo.

Na fundição por compressão as velocidades menores no canal de alimentação resultam num tempo de preenchimento mais longos. Também podem trazer uma solidificação prematura, que pode resultar numa cavidade insuficientemente preenchida sendo assim o foco principal.

A fundição por compressão (squeeze casting) está se estabelecendo como um processo de produção viável, cujos custos mais elevados são compensados com a obtenção de peças com um mínimo de porosidade e dimensões próximas às acabadas.

#### 4.9. Porosidade por contração

A contração ou rechupe que se origina a porosidade ou vazios em peças fundidas que aparecem devido à alteração do volume na hora da solidificação do alumínio. Tem características não esférica, o poro tem formatos irregulares, e o alumínio em seu redor apresentam aparência das dendritas, isso ocorre devido a transferência de calor do molde e o canal de alimentação da cavidade que aparece com mais facilidade regiões de grandes espessuras, ou seja, de maiores volumes.

##### 4.9.1. A injeção lenta do alumínio fundido

A primeira fase da injeção: Seria a fase de aproximação do pistão dentro da camisa da injeção com velocidade lenta, o que permite a expulsão dos gases e ar existentes no interior da câmara. A primeira fase termina com o alumínio líquido ocupa todo o volume da câmara da injeção, sendo estabelecidas nesta fase o curso e a velocidade da injeção.

Segunda fase da injeção: É o curso final do pistão da injeção, de onde o alumínio líquido ocupa toda a cavidade do molde com mais rapidez devido a velocidade mais elevada seguidamente após o término da primeira fase, também avaliados nesta fase é mesmo utilizado na primeira fase da injeção sendo o curso e a velocidade.

Terceira fase de injeção ou recalque de pressão: É a pressão exercida pelo pistão de injeção sobre o alumínio líquido, ou seja, as injeções mantem pressionado o alumínio mesmo após ter sido injetado totalmente na cavidade do molde tendo como finalidade de impedir a expansão dos

gases e compensar a contração do alumínio toda a pressão colocada é a função da qualidade no produto final.

A vantagem principal que se obtém com a fundição por compressão é o índice de porosidade extremamente baixo, todo tipo de produto produzido por fundição de alumínio apresenta alguma porosidade o que se torna impossível sua densidade de 100%. As propriedades mecânicas dependem muito da quantidade de porosidade retida na peça o pode afetar a vida útil e comprometer outros tipos de operações realizadas com o produto secundário.

Podemos se dizer que neste processo de fundição que a peça se torna mais flexível para a sua utilização quando o nível de vazios for pequeno, o segredo para manter uma peça com nível baixo de porosidade seria o ciclo de injeção extremamente lenta durante o processo de compactação. Aonde são comuns um ciclo fechado de tempo entre 5 a 10cm/seg. Se alterar ciclo de tempo da máquina também ir aumentar as chances de apresentar porosidades de gás.

Para isso teria que manter uma pressão do fluxo e alumínio líquido quase que coordenadas, como os níveis de porosidades em peças fundidas sob compressão são mínimos e que podem ser termicamente tratadas sobre temperaturas que podem variar entre 900c e 1.000c. A utilização corretamente da fundição sob pressão para alcançar um custo acessível.

Esta análise tende a abordar vários parâmetros e métodos já realizados através de outras pesquisas já conhecidas como método de Taguchi em fundição sob pressão, alta pressão, baixa pressão, e gravidade onde foi retirado novos conhecimentos que poderá servi para objeto de estudos futuros.

## **5. CONCLUSÃO**

Após todas as análises e acompanhamento do alumínio desde a fusão até o vazamento no forno de espera da máquina injetora e pesquisas bibliográficas já realizadas, concluímos que podemos reduzir a porosidade e garantir a qualidade da peça, evitando à reclamação do cliente do setor subsequente realizando o tratamento correto do alumínio no forno de espera da máquina injetora, utilizando métodos já existentes para desgaseificar o alumínio e evitar a criação de óxidos que ajudam a gerar as porosidades, quando injetado no molde sob pressão, devido muitas das vezes as saídas de gases dos moldes não ajudar na expulsão dos gases através de métodos já existentes, métodos esses que não são utilizados devido ser um processo de fundição de alta pressão, mais que deste modo seria um meio bastante viável na redução das porosidades nas peças a atender a um processo de produção ou de serviço, que possa garantir a confiabilidade, reduzindo custos futuros.

Desde à aquisição da máquina até sua instalação, já deveria ser implantado um dispositivo GBF já existente que auxilia no tratamento do alumínio para posterior utilização, com o intuito de garantir uma excelente produtividade a um aumento da qualidade dos produtos.

Através do mesmo é possível preservar máquinas em condições de funcionamento evitando alteração nos parâmetros evitando forçar a máquina podendo até aumentar a vida útil de peças da injetora.

## 6. RESULTADOS

Foi utilizado alumínio da liga HD2, máquina para lixamento das amostras, líquido penetrante e revelador que ajuda na revelação das porosidades nas amostras.

Recentemente foi implantado novos equipamentos, como uma máquina de raio x para realizar uma avaliação melhor detalhada do produto, com intuito de detectar as porosidades mais complexas.

Mesmo após a peça passar pela máquina de raio x, são selecionadas algumas peças para realizar outros testes como:

Teste de Torção onde a peça sofre esforços mecânicos durante um determinado tempo, simulando uma realidade.

Teste de flexão onde simula o movimento circular da peça.

### 6.1. Vantagens

- As vantagens das peças fundidas sob alta pressão: Apresentam maiores resistências do que as de fundição de areia.
- As produções delas podem ser fundidas em formas mais complexas.
- Maior possibilidade de produção de peças com paredes ainda mais finas e tolerâncias dimensionais mais fechadas, ajudando no melhor acabamento e no desempenho da peça.
- Alta capacidade de produção em grandes quantidades e rapidez de reposição de estoques maior durabilidade.

### 6.2. Desvantagens

- O emprego é limitado no processo, ele é usado para ligas não-ferrosas, com poucas exceções.
- O limite no peso das peças raramente ultrapassa 5 kg.
- Retenção de ar no interior dos moldes, originando peças incompletas e porosidades nas peças fundidas sob alta pressão.
- Custos elevados dos equipamentos e peças de reposição o que determina a produção em grandes volumes de produção.
- Teste de impacto onde a peça sofre impacto simulando a realidade, na hora que a moto passa em buracos em ruas e estradas.
- Vale ressaltar que todos esses testes avalia o índice de porosidades, porosidades essas que pode fragilizar a peça podendo causar trincas se houver porosidade na peça.



## 7. REFERÊNCIAS

Lume.ufrgs.br

www.jmmsassessoria.com.br

Chemtrend.com

Foundrygate.com

Pt.slideshare.metododetaguchi.net

Abal.org.br/alumínio/processosdeprodução

www.ucv.edu.br

www.pt.m.wikipedia.org

www.cimm.com.br

www.femat.unifesspa.edu.br

htt://br.linkedin.com-Jefferson-malavazi

Melo, M. de I. N. M; RIZO, E. M. da S; SANTO, R. G. dos S. Análise da influência do teor de hidrogênio e da contração na forma de microporosidades durante solidificação da liga AL-4,5%Cu. In 51º congresso anual da ABM. São Paulo, P.609-620. 1996.

TOLEDO, Edna Beronheiro Signoreli. Método de Utilização de Areia de Fundição e Resíduo de Poeira de Jateamento (Microesferas de vidro) para Produzir Cerâmica Vermelha. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.