

N. CLASS.	M 658.562
CUTTER	E43v
ANO/EDIÇÃO	2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

ENGENHARIA MECÂNICA

MARLON MARANGÃO ELIZEI

**VIABILIDADE DE DISPOSITIVO À PROVA DE ERROS NO PROCESSO DE
SUBSUMIR INSERTO METÁLICO NO FURO DE FIXAÇÃO DE RODAS DE
ALUMÍNIO**

Varginha

2014

FEPESMIG

MARLON MARANGÃO ELIZEI

**VIABILIDADE DE DISPOSITIVO À PROVA DE ERROS NO PROCESSO DE
SUBSUMIR INSERTO METÁLICO NO FURO DE FIXAÇÃO DE RODAS DE
ALUMÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação da Prof. Oswaldo Henrique Barolli Reis.

Varginha

2014

MARLON MARANGÃO ELIZEI

**VIABILIDADE DE DISPOSITIVO À PROVA DE ERROS NO PROCESSO DE
SUBSUMIR INSERTO METÁLICO NO FURO DE FIXAÇÃO DE RODAS DE
ALUMÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel pela Banca Examinadora composta por:

Aprovado em / /

Oswaldo Henrique Barolli Reis

Obs.:

FEPESMIG

Dedico este trabalho primeiramente a meus familiares, aos meus professores, aos sinceros amigos de classe, aos companheiros de trabalho e a todos que contribuiram para o seu desenvolvimento.

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

Este trabalho mostra o estudo de viabilidade do emprego de dispositivo a prova de erros no processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação de rodas de alumínio. O estudo foi realizado com base em QSB – Quality Sistem Basic, pois são parâmetros de Qualidade do Cliente e no processo de fabricação de rodas de alumínio levando em conta processo manual e que depende da atenção do operador, visando a otimização do processo e o risco zero de defeito, e assim garantindo a qualidade do produto as exigências do Cliente.

Palavra chave: Dispositivo à prova de erros. Risco zero de defeito. Cliente.

ABSTRACT

This work shows the feasibility study of the use of device foolproof inserting metal insert in the fixing hole aluminum wheels process. The study was conducted based on QSB - Quality Sistem Basic requirement is that the client and in the manufacturing process of aluminum wheels in light manual process and it depends on the operator's attention, in order to optimize the process and zero risk of defect, and thereby ensuring the product quality requirements of the Customer.

Keywords: device foolproof, zero risk of default e Customer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matéria-prima lingotes de alumínio	11
Figura 2 – Fornos para fusão do alumínio	12
Figura 3 – Injetora	13
Figura 4 – Tratamento térmico	14
Figura 5 – Torno CNC	15
Figura 6 – Back-space	16
Figura 7 – Off-set	16
Figura 8 – Off-set positivo.....	17
Figura 9 – Off-set negativo.....	17
Figura 10 – Lima rotativa	18
Figura 11 – Pintura de rodas.....	19
Figura 12 – Inserto metálico.....	20
Figura 13 – Dispositivo de inserir inserto metálico.....	20
Figura 14 – Roda embalada em paletes	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 HISTÓRIA E APLICAÇÃO DAS RODAS	10
3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS DE ALUMÍNIO	11
3.1 Fundição do alumínio	11
3.1.1 Retirada da matéria-prima	11
3.1.2 Fusão do alumínio	11
3.1.3 Injeção de rodas	12
3.1.4 Estampagem do canal de injeção	13
3.1.5 Inspeção no raio-x	13
3.1.6 Tratamento térmico	14
3.2 Usinagem	14
3.2.1 Dimensões principais	15
3.2.1.1 Back-space	15
3.2.1.2 Off-set	16
3.2.1.3 Off-set positivo	17
3.2.1.4 Off-set negativo	17
3.3 Estanqueidade	18
3.4 Acabamento	18
3.4.1 Preparação	18
3.4.2 Pintura	19
3.5 Processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação	19
3.6 Embalagem	21
4 QUALIDADE	21
4.1 Conceitos de Qualidade	22
4.1.1 Benefícios	22
4.2 Dispositivo à prova de erros - Poka-Yoke	23
4.2.1 Conceito de Poka-Yoke	23
4.2.2 Objetivos	23
5 VIABILIDADE DO DISPOSITIVO À PROVA DE ERROS NO PROCESSO	24
5.1 Funcionamento do dispositivo à prova de erros	24
5.2 Viabilidade no processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação	24
5.3 Custo/Benefício	25
6 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda nos últimos anos na indústria automobilística e a evolução dos automóveis em geral, devido a competitividade entre as empresas e o alto preço dos combustíveis, criou-se pesquisas para a busca de novos materiais que não fossem magnésio para que os automóveis se tornassem mais leves e diminuir seu consumo.

Nos anos 70 teve início a utilização da liga-leve alumínio/silício como matéria-prima, pois o magnésio era um material de difícil tratamento tanto na usinagem como na soldagem.

As rodas de liga-leve de alumínio/silício ganharam mercado exponencialmente, devido ao seu peso menor em comparação as de aço, variedade de design e estética.

Na atualidade a produção de automóveis e diversidade de modelos disponíveis no mercado é altíssima, e um dos itens que pode ser considerado um diferencial a ser levado em conta na hora da escolha e aquisição do automóvel é o design da roda do mesmo, neste contexto a roda além de ser um item de segurança nos automóveis é também um item que faz a diferença na escolha do Cliente e para que tenha uma aceitação do mercado Qualidade do produto é essencial.

Assim visando a satisfação do Cliente dispositivos à prova de erros são essenciais em processos de fabricação, a utilização destes é a garantia do risco zero de defeito chegar ao mercado.

2 HISTÓRIA E APLICAÇÃO DAS RODAS

A roda foi um grande passo e uma das invenções que contribuiu efetivamente para o avanço dos primitivos e facilitação para seu transporte pois ficou mais rápido e fácil seu deslocamento.

As rodas mais antigas foram encontradas em túmulos na Mesopotâmia cerca de 3000 a 2000 a. C. eram feitas de tábuas com o formato de cruz e um furo central e rotacionava a um eixo fixo. Foi evoluindo com a colocação de um aro de madeira assim seu desgaste era igual em toda sua superfície e quinhentos anos mais tarde na Mesopotâmia surgiu os primeiros aros de metal, e sua utilização era em carros de guerra, em torno de 1500 a. C. os egípcios fabricaram uma roda mais leve por ter quatro raios.

A partir deste período não se teve modificações nas rodas a não ser seu emprego para outras utilizações como moinhos d'água e sarrilhos que são mecanismos de lançamento ou arrasto, com o passar do tempo foi se aperfeiçoando e modificando o visual e material das rodas, em 1930 surgiram as rodas estampadas mais leves resistentes e menor preço, e a partir dos anos 70 surgiram as rodas de liga leve, que ganhou mercado e mudou significativamente seu visual.

As rodas são hoje em dia indispensável pois nosso principal meio de transporte são os veículos em geral, podendo ser veículos de cargas, veículos de passeio, veículos de competição entre outros, neste trabalho me proponho a falar sobre o processo de fabricação de rodas de alumínio com foco no processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação com a proposta de viabilidade de um dispositivo à prova de erros neste processo utilizando de conceitos de qualidade e requisitos de clientes como o QSB (Quality sistem Basic).

3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE RODAS DE ALUMÍNIO

3.1 Fundição do alumínio

No processo fundição de rodas de alumínio é onde se inicia a sua fabricação, dando origem a sua geometria e dimensionais bruto, que posteriormente será processado em outras áreas para se obter o produto final.

3.1.1 Retirada de matéria-prima

O metal é recebido de duas maneiras, em forma de lingotes amarrados em fardos (Figura 1) e padronizados conforme o mercado e em forma de metal líquido.

Figura 1 – Matéria-prima lingotes de alumínio



Fonte: Latasa reciclagem, 2014.

3.1.2 Fusão do Alumínio

Os fornos (Figura 2) são carregados com os lingotes de alumínio para a fusão, após a fusão do carregamento é feita a análise química por espectrometria para verificar a composição e correção dos fornos adicionando ligas de Al-Si e Al-Si-Mg ao material fundido.

Com a correção dos fornos acertada e verificada no espectrômetro seu conteúdo fundido a uma temperatura de ($\sim 710^{\circ}\text{C}$) é despejado em um cadinho, devido a alta temperatura o alumínio tende a absorver hidrogênio, essa absorção é provocada por várias

fontes entre elas a própria úmidade, o conteúdo é submetido a um processo de desgaseificação que tem por objetivo minimizar o quantidade de hidrogênio assim diminuindo a porosidade e o aumento de resistência a tração melhorando as propriedades mecânicas do produto final, o conteúdo desgaseificado novamente é realizado uma análise por espectrometria para a verificação da composição do produto.

Figura 2 – Forno para fusão do alumínio



Fonte: Metsa Industrial, 2014.

3.1.3 Injeção de Rodas:

Após o metal ser transferido dos fornos para as injetoras (Figura 3), inicia-se o ciclo de injeção de rodas, que dura em média 5 minutos.

A máquina injetora de baixa pressão (cerca de 0,5 bar) funciona ao atribuir pressão dentro do forno onde o alumínio é empurrado para dentro de molde, onde este preenche a

ferramenta (molde), ocorrendo o resfriamento, determinado por parâmetros pré-estabelecidos, originando em uma roda bruta.

Figura 3 – Injetora



Fonte: Fundiville, 2014.

3.1.4 Estampagem canal injeção:

Após a injeção da roda, a peça em estado bruto é submetida a uma estampagem para retirada do canal de injeção.

3.1.5 Inspeção no raio x:

A roda é analisada no aro tala e aleta quanto defeitos internos do material, como contrações e inclusão, ensaio não destrutivo.

3.1.6 Tratamento térmico:

O objetivo do tratamento térmico (Figura 4) é aumentar as propriedades mecânicas do alumínio reduzindo o peso da roda e é realizado de duas maneiras:

Solubilização: tem o objetivo de dissolver a a maior quantidade possível de todos os elementos contidos na liga de alumínio no próprio alumínio mantendo-se no estado sólido.

Envelhecimento: tem o objetivo de aumentar a dureza e resistência.

Figura 4 : Tratamento térmico



Fonte: Alibaba, 2014.

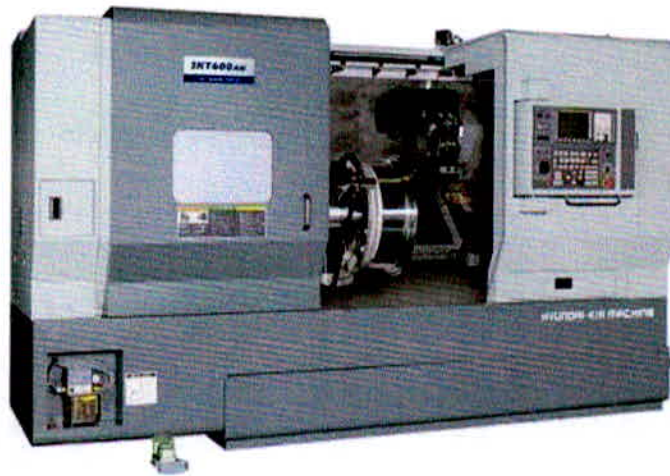
3.2 Usinagem

A 1ª roda é usinada (Figura 5), a mesma é dimensionada pelo líder, depois o inspecionada pela qualidade, somente depois é liberada a produção. A roda é usinada em 2 operações seguindo para furação dos furos de fixação, furo de válvula e balanceamento estático e dinâmico para identificação do ponto de maior massa..

Balanceamento estático: define-se pelo ponto de maior massa da roda ao redor do eixo.

Balanceamento dinâmico: define-se pela cocentricidade da roda independente da velocidade mantendo o ângulo reto com seu eixo de rotação.

Figura 5 – Torno CNC



Fonte: Usinagem Brasil, 2011.

3.2.1 Dimensões principais

As rodas podem se diferenciar de acordo com suas medidas principais como back-space, off-set-positivo, negativo e zero, elas modificam o visual e dimensional da roda.

3.2.1.1 Back-space

É a distância entre o apoio do tambor do freio e a aba a direita da Figura da roda (Figura 6).

Figura 6 – Back-space

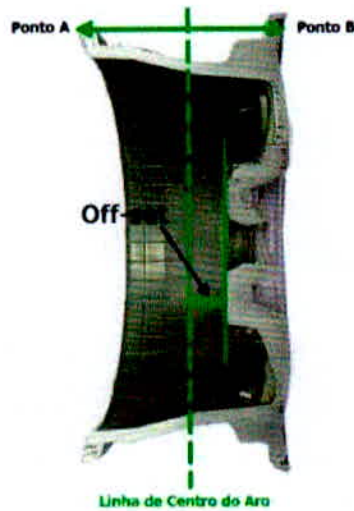


Fonte: Ebah, 2014.

3.2.1.2 Off-set

É a distância entre a parte de apoio no tanbor do freio e o centro do aro e pode ser classificado como positivo ou negativo (Figura 7).

Figura 7 – Off-set

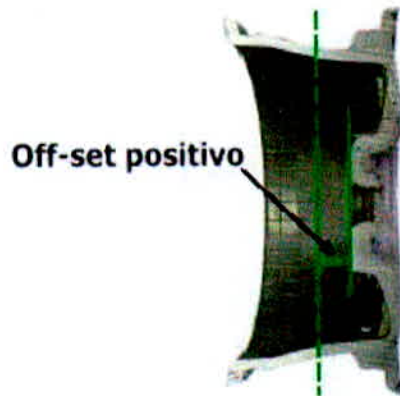


Fonte: Ebah, 2014.

3.2.1.3 Off-set positivo

Este indica que a face do assentamento da roda no tambor do freio está mais próxima da aba do lado da Figura da roda (Figura 8).

Figura 8 – Off-set positivo



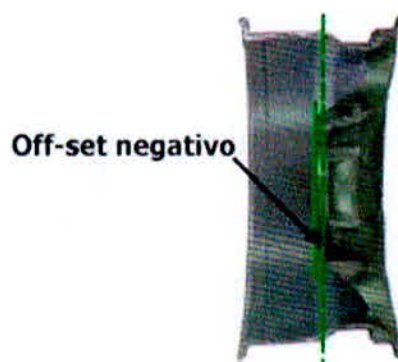
Fonte: Ebah, 2014.

O off-set zero indica que o assentamento da roda no tambor do freio está ao centro do aro.

3.2.1.4 Off-set negativo

Este indica que a face do assentamento da roda no tambor do freio está mais próxima da aba do lado direito da Figura da roda (Figura 9).

Figura 9 – Off-set negativo



Fonte: Ebah, 2014.

3.3 Estanqueidade

Após usinagem a roda segue para teste de estanqueidade que consiste em injetar ar pressurizado a 5 bar sendo a roda imersa em um tanque com o objetivo de que o produto esteja insento de trincas, furos e porosidade.

3.4 Acabamento

Define-se acabamento por ser a parte do processo onde-se retira todas as rebarbas, pequenos defeitos e em seguida a roda é pintada de acordo com suas especificações, este processo é composto em duas partes preparação e pintura.

3.4.1 Preparação

Após a estanqueidade a roda segue para ser preparada onde toda rebarba ainda restante será eliminada juntamente com pequenos defeitos visuais, é feita manualmente com limas (Figura 10), lixas e escovas rotativas com o objetivo de deixar o produto com as condições necessárias para sua pintura.

Figura 10 – Lima rotativa



Fonte: A.Camargo, 2014.

3.4.2 Pintura

A roda segue na pintura em um transportador aéreo de fluxo contínuo passando pelo tratamento químico composto de tanques de decapante, desoxidante, fluor-zircônio, este último com o objetivo de melhorar a aderência do pó sobre a superfície da roda. Seguindo o processo vem a estufa, a pintura eletrostática pó (Figura 11), a aspiração do cubo, a estufa de polimerização, a limpeza, aquecimento por infrared, aplicação de base coat, verniz e estufa de polimerização do verniz, as rodas que não tem especificação de fixação de insertos metálicos é direcionada para a inspeção final onde é avaliada 100% das rodas por Inspectores da Qualidade de acordo com o padrão visual para sua aprovação e envio para os clientes.

Figura 11 – Pintura de rodas



Fonte: KMW - Dresch Equipamentos de Pintura LTDA, 2011.

3.5 Processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação

Após a pintura os modelos de rodas que o cliente exige que se insira insertos metálicos no furo de fixação são direcionadas para uma prensa hidráulica, a prensa fixa o inserto metálico (Figura 12) no furo de fixação da seguinte maneira o operador coloca os insertos metálicos no dispositivo (Figura 13) da prensa podendo ser 4, 5 e 6 furos, a roda é posicionada com a Figura voltada para cima e a prensa é acionada para cravar os insertos metálicos, após a subsumir os insertos metálicos 100% dessas rodas são direcionada para inspeção final onde é avaliada por Inspectores da Qualidade para sua aprovação e envio para os

clientes. A finalidade do inserto metálico é aumentar a aderência e o contato com os parafusos de fixação da roda no automóvel.

A quebra do dispositivo acontece quando ao fixar o inserto metálico, se por algum fator um dos insertos encontrarem uma restrição os outros ficaram aliviados e toda a pressão da prensa hidráulica se concentrará em um só pino de fixação do inserto metálico, onde o material não suporta e ocorre sua fratura.

Após a fixação do inserto metálico no furo de fixação a checagem é visual.

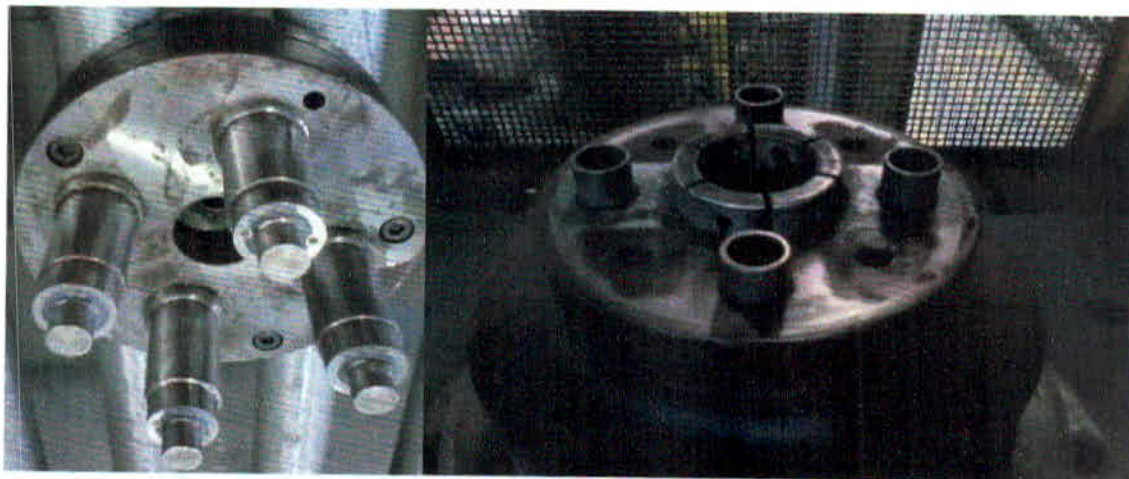
O dispositivo atualmente é um conjunto completo e muito pesado para se manusear, a troca de dispositivo em caso de quebra é por outro conjunto completo o que ocorre o desgaste do colaborador.

Figura 12 – Inserto metálico



Fonte: O autor, 2014.

Figura 13 – Dispositivo de inserir inserto metálico



Fonte: O autor, 2014.

3.6 Embalagem

As rodas são separadas de acordo com seu part number identificando o cliente, seu aro, quantidade de operações de usinagem, tonalidade de cor conforme especificado pelo cliente e seu destino nacional ou exportação, a roda de mercado pós venda (concessionária) é embalada em caixa de papelão e a de montadoras em paletes de madeira com bandeijas de acordo com o diâmetro do aro (Figura 14).

Figura 14 – Roda embalada em paletes



Fonte: O autor, 2014.

4 QUALIDADE

Quando citamos a palavra qualidade significa que atendeu as expectativas do cliente, para atender requisitos dos clientes existe o QSB – Quality System Basic que é o básico do sistema da qualidade e um de seus pilares são os dispositivos a prova de erro – Poka-Yoke.

O QSB é um requisito específico de montadoras como Fiat e GM, e composto por 11 estratégias como:

- Resposta rápida.
- Controle de produto não conforme.
- Redução de risco.
- Operações padronizadas.
- Treinamento padrão.
- Auditoria escalonada.
- Poka Yoke – Dispositivo à prova de erro.
- Controle de contaminação.
- Gestão de fornecedores.
- Gerenciamento das mudanças.

4.1 Conceitos de Qualidade

Campos (1999, p. 2) descreve que “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

Segundo Miranda (1994, p. 5), “As organizações precisam gerar produtos e serviços em condições de satisfazer as demandas dos usuários finais - consumidores -, sob todos os aspectos”.

A vantagem competitiva de uma empresa depende da qualidade e do valor de seus bens e serviços, afirma Grönroos (2003, p. 89).

4.1.1 Benefícios

Os benefícios alcançados podem ser internos e externos, os benefícios internos são:

- Melhoria na padronização das sequências e procedimentos de trabalho.
- Comprometimento com o trabalho.
- Diminuição de improvisações com a melhoria de procedimentos e normas.
- Melhoria na nas responsabilidades e obrigações dos funcionários.
- Satisfação com o trabalho.
- Comunicação entre gerência e funcionários.

Os benéficos externos são:

- Melhoria na resposta a requisitos e questionamentos do cliente.
- Abrangência no mercado.
- Diminuição de auditorias de Clientes.
- Satisfação do Cliente.
- Redução de reclamações.
- Aumento e domínio do mercado.

4.2 Dispositivo à prova de erros – Poka-Yoke

4.2.1 Conceito de Poka-Yoke

Pode ser definido Poka-Yoke como sistema a prova de erros, é um método utilizado em processos produtivos visando a eliminação de defeitos ocasionados por erros ou falhas humanas.

Segundo SHINGO (1996, p.55), inspeção sucessiva, auto-inspeção e inspeção da fonte podem ser todas alcançadas através do uso de métodos Poka-yoke. O Poka-yoke possibilita a inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Quanto às funções de regulagem do Poka-yoke há duas maneiras onde ele pode ser usado para corrigir erros:

Método de Controle - Quando o Poka-yoke é ativado a máquina ou linha de processamento pára, de forma que o problema possa ser corrigido.

Método de advertência - Quando o Poka-yoke é ativado um alarme soa ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador.

4.2.2 Objetivos

- Otimização do processo que depende da atenção do operador.
- Minimização de erros/falhas do processo e operação.
- Redução de descarte de peças com defeitos.

5 VIABILIDADE DO DISPOSITIVO A PROVA DE ERROS NO PROCESSO

Foi avaliado o processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação de rodas de alumínio com o intuito de melhorar a sua qualidade, confiabilidade e a eficácia. Assim foi elaborado uma proposta de funcionamento a partir de sensores de pressão conforme abaixo.

5.1 Funcionamento do dispositivo à prova de erros

A prensa funciona com aplicação da força hidráulica na parte superior do dispositivo sobre a parte inferior onde a roda é colocada. Na parte inferior tem um sensor de pressão que identifica a pressão de fixação do inserto metálico, este sensor mede o deslocamento do pino superior detectando os seguintes itens:

- Pressão mínima de fixação do inserto.
- Diâmetro do furo maior gerando menor carga de fixação do inserto metálico.
- Diâmetro do furo menor gerando maior carga de fixação do inserto metálico.
- Espessura do furo de fixação maior.
- Espessura do furo de fixação menor.
- Presença dos insertos metálicos em todos os pinos.

O dispositivo à prova de erros proposto, em caso de quebra do pino não será necessário a troca todo o conjunto como anteriormente, será necessário somente a troca do próprio pino. Com sua implantação o processo de subsumir inserto metálico no furo fixação será um ponto de controle da qualidade, identificando defeitos provenientes da usinagem.

5.2 Viabilidade no processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação

- Redução de set-up.
- Ergonomia do operador.
- Disponibilidade do Equipamento.
- Detecção de defeitos provenientes da usinagem.

5.3 Custo/Benefício

TABELA 1 – Custo/Benefício

Cálculo da viabilidade para instalação de um sistema automático para fixação do inserto metálico		
Itens avaliados	Equipamento Atual	Proposta de novo equipamento
Custo do equipamento	R\$ 23.500,00	R\$ 34.950,00
Tempo de ciclo	45 seg.	45 seg.
Produtividade	80pçs/hora	80pçs/hora
Despesa anual	Equipamento Atual	Proposta de novo equipamento
Custo manutenção 12 meses (preventiva)	R\$ 6.455,00	R\$ 11.700,00
Serviço de calibração (1/6meses)	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Total	R\$ 8.455,00	R\$ 13.700,00
Quant. De dispositivo Para atender a produção	4	1
Custo com manutenção/Ano	R\$ 26.820,00	R\$ 12.700,00
Outros custos	Equipamento Atual	Proposta de novo equipamento
Custo de pinos reserva em caso de quebra	R\$ 952,00	R\$ 180,00
Mão de obra elétrica para correção do sistema de poka Yoke da prensa	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Total	R\$ 1.752,00	R\$ 980,00
Despesa com o sistema	Equipamento atual	Proposta de novo equipamento
Despesa anual (mínima)	R\$ 28.572,00	R\$ 13.680,00
Payback - Retorno de Investimento		
Economia anual optando-se pelo novo projeto		R\$ 14.892,00
Economia ao longa da vida útil do projeto (3 anos)		R\$ 44.676,00
Diferença no investimento		R\$ 11.450,00
Payback - retorno do investimento		10 meses

Fonte: O autor

6 CONCLUSÃO

O trabalho foi realizado com base no processo de fabricação de rodas de liga leve alumínio, visando a satisfação do Cliente na aquisição do produto e atendendo a seus requisitos.

Concluindo, além de atender a especificações e requisitos do Cliente e sua satisfação o dispositivo a prova de erro é viável para o processo de subsumir inserto metálico no furo de fixação da roda, pois este processo passará a ser um ponto de controle e identificação de defeitos provenientes da usinagem onde identificará diâmetro maior e menor do furo de fixação, espessura maior e menor do furo de fixação.

Teremos o retorno de investimento em 10 meses, aumento da disponibilidade do equipamento, redução de manutenção, ganhos em ergonomia pois a troca será somente dos pinos e não do dispositivo completo, redução de set-up do dispositivo e diminuição de dispositivos para atender a produção devido a sua maior eficiência.

REFERÊNCIAS

- ALIBABA. **Tipo de rolo de alumínio fornos de tratamento térmico de linha (forno industrial)**. 2014. Disponível em: < <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/roller-type-aluminum-heat-treatment-furnaces-line-industrial-furnace--283514083.html>>. Acesso em: 03 jul. 2014.
- BLOG, Kmw. **Pintura a pó na indústria automotiva**. 2011. Disponível em: <>. Acesso em: 06 jul. 2014.
- BRASIL, Usinagem. **SKT 500 e 600 AW: para usinar rodas de alumínio**. 2011. Disponível em: < <http://www.usinagem-brasil.com.br/4575-skt-500-e-600-aw-para-usinar-rodas-de-aluminio/>>. Acesso em: 04 jul. 2014.
- CAMARGO, A. **Lima rotativa cônica**. 2014. Disponível em: < <http://acamargo.com/3476195-produto-lima-rotativa-conica-c-raio>>. Acesso em: 05 jul. 2014.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- CHIAVERINI, V. - **Tecnologia Mecânica**, 2. ed. Ribeirão Preto: Makron Books, 1986
- DOYLE, L.E. et al., **Processos de Fabricação e Materiais para Engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- EBAH. **Processo de Fabricação de Rodas de liga Leve**. 2014. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACdQAJ/processo-fabricacao-rodas-liga-leve?part=2>>. Acesso em: 05 jul. 2014.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1970.
- FUNDIVILLE. **Injetora de baixa pressão**. 2014. Disponível em: < http://www.fundiville.com.br/injetora_baixa_pressao.html>. Acesso em: 03 jul. 2014.
- GRÖNROOS, C. **Marketing: gerenciamento de serviços**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- INDUSTRIAL, Metsa. **Fornos de fusão**. 2012. Disponível em: < <http://www.metsaindustrial.com.br/fusao1.html>>. Acesso em: 02 jul. 2014.
- KIMINAMI, C. S.; CASTRO W. B.; OLIVEIRA M. F. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.
- MIRANDA, R. L. **Qualidade Total. Qualidade Total – Rompendo as barreiras entre a teoria e a prática**. São Paulo -SP: Makron Book, 1994.

PALADINI, E. P. et al. **Gestão estratégica da qualidade: Princípios, teoria e casos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

RECICLAGEM, Latasa. **Lingotes**. 2014. Disponível em: <<http://www.latasa.ind.br/pt/produtos/lingotes>>. Acesso em: 02 jul. 2014.

SCUCCUGLIA, M. **Aplicação do Método de Produção Enxuta em Processos Administrativos**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas – SP, 2006.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1999.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

WEINGAERTNER, W. R.; SCHROETER R. B. **Tecnologia de usinagem do alumínio e suas ligas**. 11. ed. São Paulo: Alcan Alumínio do Brasil, 1990.