

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
ANDRÉ VITOR REZENDE

| | |
|------------|---------|
| N. CLASS. | M676.35 |
| CUTTER | R467e |
| ANO/EDIÇÃO | 2013 |

ESTUDO DE DOIS TIPOS DE AÇOS PARA USINAGEM E CONSTRUÇÃO DE
MATRIZES DE EXTRUSÃO DE BORRACHA PARA APLICAÇÕES
AUTOMOTIVAS

Varginha
2013

ANDRÉ VITOR REZENDE

**ESTUDO DE DOIS TIPOS DE AÇOS PARA USINAGEM E CONSTRUÇÃO DE
MATRIZES DE EXTRUSÃO DE BORRACHA PARA APLICAÇÕES
AUTOMOTIVAS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira.

Varginha

2013

ANDRÉ VITOR REZENDE

**ESTUDO DE DOIS TIPOS DE AÇOS PARA USINAGEM E CONSTRUÇÃO DE
MATRIZES DE EXTRUSÃO DE BORRACHA PARA APLICAÇÕES
AUTOMOTIVAS.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

Profa. Esp. Luciene de Oliveira Prospéri

OBS.:

Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma contribuiu para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, minha noiva, família pelo amor e empenho para comigo em todas as trajetórias de minha vida, pela compreensão que por muitos momentos não pude estar presente como gostaria, por entender o significado do estudo e do trabalho acadêmico, agradeço também aos amigos, professores, colegas de classe e colegas de trabalho por terem confiado em mim, apoiando-me e incentivando a cada momento de minha caminhada acadêmica.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.”

John Ruskin

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

Os aços para aplicações em ferramentas estão sujeitos as mais rigorosas solicitações devido suas características, cujo, as duas mais exigidas são a composição química e os tratamentos térmicos aplicados a eles. Este trabalho tem como objetivo apresentar resultados obtidos através de análises e testes realizados em dois tipos de aços para construção mecânica de matriz de extrusão de borracha EPDM, que são SAE 8550 e AISI H13. Foram usinadas e construídas matrizes com os dois tipos de aços, com tratamento e sem tratamento. No caso do aço SAE 8550 foram preparadas duas amostras sendo uma com o tratamento superficial de nitretação e outra sem o tratamento superficial. O aço que foi tratado apresentou maior durabilidade e maior índice de dureza em comparação aos aços sem tratamento, em condição inicial. Observa-se que o aço para trabalho a quente, AISI H13, proporciona maior viabilidade em comparação ao SAE 8550, em função da dificuldade de efetuar o tratamento superficial. Devido o processo de extrusão de borracha possuir grande número de variáveis, como temperatura, trabalho a quente, grande fluxo de borracha, e trabalho excessivo, para evitar estas causas foi viável a utilização do aço AISI H13.

Palavras-chave: Matriz de extrusão. Aço ferramenta. Tratamentos térmicos.

ABSTRACT

Steels for tooling applications are incurred to the most rigorous demands because their characteristics, which the two are the chemical composition and heat and tests on two types of steel for mechanical construction of extrusion die for EPDM rubber, which are SAE 8550 and AISI H13. These dies were machined and built with treated and untreated steel. In the case of SAE 8550 steel two samples were prepared, one with nitriding surface treatment and the other without it. The treated steel showed higher durability and hardness index compared to untreated steel in initial condition. It is observed that the hot work steel, AISI H13, provides greater viability compared to SAE 8550 steel, due to the difficulty of performing surface treatment. Due to the large number of variables in the rubber extrusion process, such as temperature, hot work, great flow of rubber, and overwork was feasible the use of AISI H13 steel.

Keywords: *Extrusion die. Tool steel. Heat treatments.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 01 – Vista explodida da matriz..... | 14 |
| Figura 02 – Exemplos de produtos desenvolvidos | 15 |
| Figura 03 – Alívio de tensão (revenimento) | 19 |
| Figura 04 – Torno CNC | 20 |
| Figura 05 – Centro de usinagem..... | 21 |
| Figura 06 – Placa com furação e bolsa de alimentação | 22 |
| Figura 07 – Máquina de furo rápido | 22 |
| Figura 08 – Furação na placa de aço | 23 |
| Figura 09 – Máquina de eletroerosão a fio | 23 |
| Figura 10 – Operação corte | 24 |
| Figura 11 – Corte de geometria | 24 |
| Figura 12 – Máquina de eletroerosão a penetração | 25 |
| Figura 13 – Durabilidade do aço SAE 8550 em metros de borracha extrudada | 26 |
| Figura 14 – Durabilidade do aço H13 em metros de borracha extrudada | 27 |
| Figura 15 – Quantidade de matrizes na empresa..... | 28 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 – Composição química do aço AISI H13 | 17 |
| Tabela 02 – Composição química do aço SAE 8550 | 18 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPDM – Etileno Propileno Dieno
SAE – Society of Automotive Engineers
AISI – American Iron And Steel Institute
HB – Dureza Brinell
HRC – Dureza Rockwell
°C – Celsius
Cr – Cromo
Si – Silício
Mo – Molibdênio
Mn – Manganês
V – Vanádio
Al – Alumínio
Ni – Níquel
C – Carbono
P – Fósforo
S – Enxofre

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE BORRACHA | 13 |
| 2.1 Extrusão | 13 |
| 2.2 Matriz de extrusão | 13 |
| 2.3 Borracha EPDM | 14 |
| 2.4 Tipos de aços | 15 |
| 2.4.1 Classificação | 16 |
| 2.4.2 Aço para trabalho a quente AISI H13 | 16 |
| 2.4.3 Aço SAE 8550 | 18 |
| 2.5 Tipos de tratamentos no aço | 18 |
| 2.5.1 Têmpera | 18 |
| 2.5.2 Revenimento | 19 |
| 2.5.3 Nitretação | 19 |
| 3 METODOLOGIA | 20 |
| 3.1 Torno CNC | 20 |
| 3.1.1 Torneamento | 21 |
| 3.1.2 Faceamento | 21 |
| 3.2 Centro de usinagem | 21 |
| 3.3 Furo rápido | 22 |
| 3.4 Eletroerosão a fio | 23 |
| 3.5 Eletroerosão a penetração | 25 |
| 4 RESULTADOS | 26 |
| 4.1 Média da matriz em aço SAE 8550 | 26 |
| 4.2 Média da matriz em aço AISI H13 | 27 |
| 5 DISCUSSÃO | 28 |
| 6 CONCLUSÃO | 29 |
| REFERÊNCIAS | 30 |

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade mostrar de uma maneira simples e didática a comparação de dois tipos de aços utilizados para fabricação de matrizes de extrusão de borracha a quente EPDM utilizados em uma empresa do ramo automobilística, através de pesquisas sobre estes tipos de aços sendo eles SAE 8550 e AISI H13, visando melhor qualidade, durabilidade, resistência ao desgaste e fadiga da ferramenta. Mostrar os tipos de problemas encontrados e tentar de uma maneira eficaz encontrar solução, devido ao excesso de desgaste que ocorre na ferramenta “matriz” devido a vários fatores, no decorrer de suas aplicações.

O processo de fabricação de borracha para aplicações em vedação de vidros e portas na área automotiva é um processo bastante complexo, pois existem diversas variáveis em seu processo de produção, contendo diversas etapas que consomem uma grande quantidade de matéria prima, utilidades provenientes da utilização, como energia elétrica, ar comprimido, polímeros entre outros. A redução de desgaste em ferramentas é uma das metas corporativas da empresa prioritárias e está alinhada a proposta de buscar por um melhor processo, visando a vida útil das ferramentas de trabalho e economicamente falando.

Os tipos de aços para confecção de ferramentas são, provavelmente, os que exigem maiores cuidados e atenção tanto sob o ponto de vista de fabricação, desde a sua fundição, transformação mecânica até o tratamento térmico final, como também sob o ponto de vista de aplicação, isso é perfeitamente compreensível quando se considera os requisitos que se devem preencher, e os tipos e condições de serviços a que são destinados a executar.

2 PROCESSO DE EXTRUSÃO DE BORRACHA

O processo de extrusão de borracha é bastante complexo, pois possui muitas variáveis em seu processo, principalmente a borracha, pois durante o princípio do processo a borracha ainda não se encontra vulcanizada por isso há uma grande dificuldade de manter o processo estável.

2.1 Extrusão

Segundo Chiaverini (1986) é o processo de conformação em que a borracha é forçada a passar por um orifício de uma matriz sob alta pressão de modo a ter sua seção transversal reduzida.

A extrusão produz, geralmente, barras cilíndricas ou tubos: porém, formas de seção transversal mais irregulares podem ser conseguidas em metais mais facilmente extrudáveis como o alumínio.

O processo de extrusão produz perfis de borracha contínuo, que é um processo a quente, devido a grande esforço necessário para deformação da borracha, existem dois tipos de extrusões a direta e a indireta, neste processo foi utilizado extrusão direta. Extrusão direta: a borracha é colocada em uma câmara aquecida através de temperaturas controladas, que é conformada sob alta pressão através do orifício da matriz por meio de uma rosca a alta temperatura e atrito (CHIAVERINI, 1986).

2.2 Matriz de extrusão

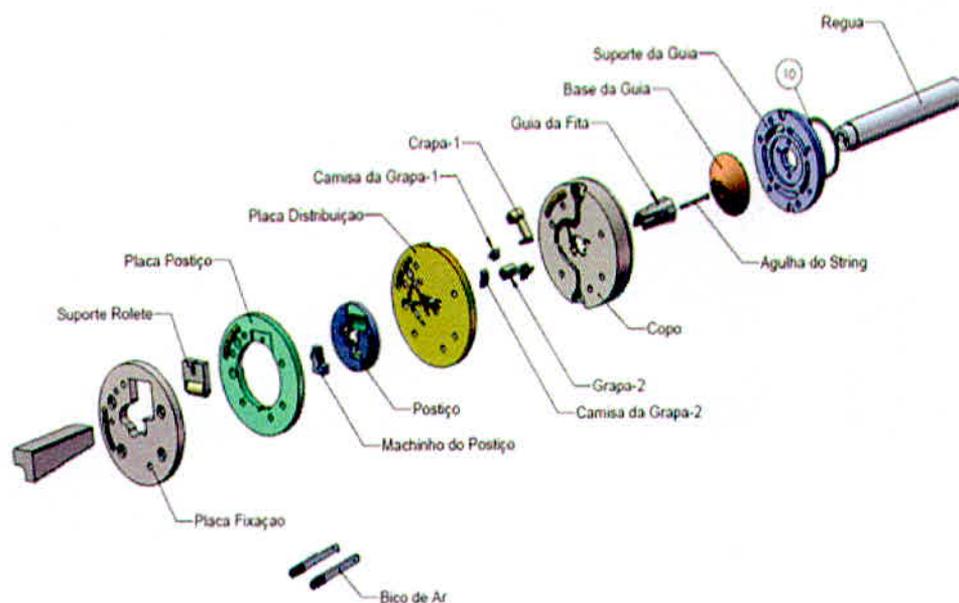
Segundo Chiaverini, (1986, P. 89).

Matriz possui ainda uma cavidade na sua periferia, propositalmente confeccionada, e que segue o perfil da peça sobre o plano de união das duas metades de matriz, com o objetivo de conter o excesso de material que deve ser previsto, de modo a garantir total preenchimento da matriz e produzir uma peça sã.

Assim sendo, é necessário que o volume de material a ser deformado corresponda a todas as cavidades da matriz.

As matrizes de extrusão são feitas de aços liga para confecção de ferramentas e exigem maiores cuidados no processo de fabricação, visando maior resistência ao desgaste a altas temperaturas. É composta por várias placas de aço, e são fixadas por pinos e parafusos.

Figura 01- Vista explodida da matriz



Fonte: o autor.

2.3 Borracha EPDM

Segundo Gomes (2013) borracha é um tipo de material que após serem conformados retornam sua forma original devido ao seu alto poder de elasticidade, existem vários tipos de borrachas, porém o material utilizado no processo de extrusão de perfis para vedação de portas e vidros automotivos será o EPDM onde a letra “E” e “P” significam etileno e propileno, e a letra “M” quer dizer que a borracha possui uma cadeia saturada de polimetileno, que nada mais é terpolímeros quer dizer três monômeros vindos do etileno e propileno, e uma parte não conjugada do dieno, ou seja, está presente em menor quantidade, porém não participa da cadeia estrutural principal, esta borracha é vulcanizada por partes dos agentes químicos como enxofre e aceleradores acrescentados em sua mistura, a temperatura de vulcanização está acima dos 150 °C, possui boa resistência ao calor e ao envelhecimento, boa resistência a baixa temperatura e a luz solar, boa elasticidade, bom poder isolante, excelente resistência e alta durabilidade.

Esta borracha foi introduzida nos Estados Unidos da América em 1962, porém a comercialização ocorreu no ano de 1963.

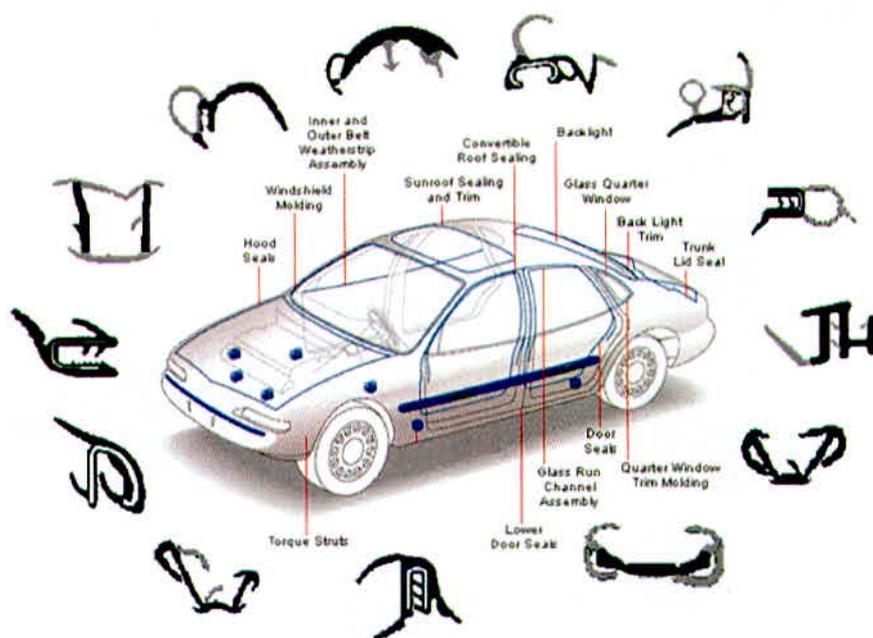
A estrutura molecular principal dos polímeros de etileno e propileno, de origem hidrocarbônica, apresenta cadeias completamente saturadas, ou seja sem nenhuma dupla ação,

o que permite uma excelente resistência a esta borracha, principalmente depois da vulcanização.

Segundo Lesko, (2004, p. 228),

Borracha é definida como um material capaz de recuperar-se rápida e forçadamente, de uma grande deformação. Em seu estado modificado, leva até 1 minuto para retrair-se menos de uma vez e meia seu comprimento natural após ter sido esticado, à temperatura ambiente, a um tamanho duas vezes maior que seu tamanho e mantido por 1 minuto antes da liberação.

Figura 02-Exemplos de produtos desenvolvidos.



Fonte: o autor.

2.4 Tipos de aços

Segundo Chiaverini (1996) aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com porcentagens de 0,008 a 2,11% de carbono podendo conter concentrações de outros tipos de elementos de liga e impurezas. Diferente do ferro fundido, que também é uma liga de ferro carbono, pelo teor de carbono entre 2,11 a 6,67% de carbono.

O aço pode ser classificado quanto ao teor de carbono, composição química, quanto à constituição micro estrutural e quanto a sua aplicação. A classificação mais comum é de acordo com a composição química. Dentre os sistemas de classificação química, o SAE é o mais utilizado e adota a notação ABXX, em que AB se refere a elementos de ligas

adicionados intencionalmente, e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por 100 (cem). A maioria dos aços são especificados pela sua dureza. Neste caso aplica-se a letra “H” (hardenable), pois distinguem-se dos tipos que não exigem durezas e são denominados aços ferramenta para trabalho a quente.

Atualmente o aço é a liga metálica mais importante, pois é empregado de uma forma intensiva em inúmeras aplicações sendo elas na fabricação de diversos componentes, na fabricação de máquinas e equipamentos industriais e medicinais, em construção de ferramentas, objetos para comercialização de uso pessoal como talheres, panelas, etc (CHIAVERINI, 1996).

2.4.1 Classificação

Devido a grandes variedades de tipos de aços, eles também podem ser classificados em grupos:

- a) Com base na sua composição, como aços-carbono e aços-liga;
- b) Processo de acabamento, como os aços laminados a quente ou aços laminados a frio;
- c) Forma do produto acabado, como barras, chapas, tubos ou perfis estruturais.

Existem divisões destes grupos, como de baixo, médio e alto carbono. Os aços ligas são classificados de acordo com os principais elementos de liga.

Os mais utilizados são: *AISI* - “*American Iron And Steel Institute*” e a *SAE* - “*Society of Automotive Engineers*” (CHIAVERINI, 1996).

2.4.2 Aço para trabalho a quente AISI H13

Podendo ser utilizados aços de baixa liga para a confecção de matrizes para trabalho a quente. Em geral, as propriedades mais importantes são:

- a) Resistência à deformação na temperatura de uso;
- b) Resistência ao impacto;
- c) Resistência a erosão;
- d) Resistência a deformação no tratamento térmico;
- e) Usinabilidade;
- f) Resistência a trincas a quente.

Uma das características do aço AISI H13 é a tenacidade. Apesar de sua elevada dureza a quente ser algo inferior dos aços mais ligados da família H, devido a sua grande resistência

ao choque a ao desgaste torna-se então um aço preferencialmente requerido para diversas aplicações, especialmente se for necessário resfriar as matrizes de extrusão durante o seu uso, que não é no caso deste trabalho. Conforme tabela abaixo segue a composição química do material em seu estado inicial.

Tabela 01: Composição química do aço AISI H13

| C % | Si % | Mn % | Cr % | Mo % | V % |
|-----|------|------|------|------|-----|
| 0,4 | 1 | 0,35 | 5,15 | 1,4 | 1 |

Fonte: o autor.

Aço recozido a uma temperatura entre 850 °C a 880 °C, uma dureza de no máximo 230 HB, temperado a uma temperatura de 1000 °C a 1040 °C a banho de sal ou ar-soprado, depois de temperado eleva-se sua dureza entre 50 a 56 HRC, revenimento entre 54 a 32 HRC a temperatura média entre 400 °C a 700 °C. É um aço liga ao cromo-molibidênio-vanádio, de alta tenacidade, alta temperabilidade, grande resistência ao amolecimento pelo calor e ao choque térmico. Apresenta boa resistência ao desgaste em temperaturas elevadas e ótima usinabilidade.

Neste caso a ferramenta empregada na operação de extrusão, a matriz fica exposta a variações de temperaturas a aproximadamente entre 80 °C a 120 °C, em contato também com a borracha.

O aço AISI H13 possui teores de silício elevados, da ordem de 1%. Estudos mais recentes têm mostrado que a redução do teor deste elemento para níveis em torno de 0,30% gera aumento na tenacidade e resistência a fadiga a quente deste aço, isso significa um melhor rendimento e durabilidade na matriz de extrusão. Resultados garantem uma redução da fragilidade desse material em torno de 550 °C assegurando uma tenacidade mais alta mesmo para temperaturas de revenimento elevadas. Uma das causas importantes destas alterações é o efeito do silício sobre a precipitação de carbonetos no revenimento (COSTA E SILVA & MEI, 2006).

2.4.3 Aço SAE 8550

Segundo Chiaverini (1986) tipo de aço estrutural para construção mecânica, pré-beneficiado, com acabamento de fornecimento descascado e torneado, temperado e revenido a uma temperatura entre 580 °C a 660 °C, atingindo uma dureza entre 28 e 32 HRC, conforme tabela abaixo segue a porcentagem de sua composição química:

Tabela 02: Composição química do aço SAE 8550.

| C % | Si % | Mn % | P % | S % | Al % | Cr % | Mo % | Ni % |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,30-0,37 | Máx. 0,40 | 0,40-0,70 | Máx. 0,025 | Máx. 0,025 | 1,50-1,80 | 0,15-0,25 | 0,15-0,25 | 0,85-1,15 |

Fonte: o autor.

É temperado em banho de sal ou também pode ser utilizado o óleo, porém é um aço que necessita da nitretação que nada mais é um tipo de tratamento superficial, depois de nitretado pode atingir uma dureza de até 70 HRC, porém para que seja feita a nitretação é um processo complicado e demorado.

2.5 Tipos de tratamentos no aço

2.5.1 Têmpera

Segundo Chiaverini (1986), é este o tratamento térmico mais importante dos aços, principalmente os que são utilizados em construção mecânica. As condições de aquecimento são muito idênticas as que ocorrem no recozimento ou normalização.

Segundo Chiaverini, (1984, p. 276),

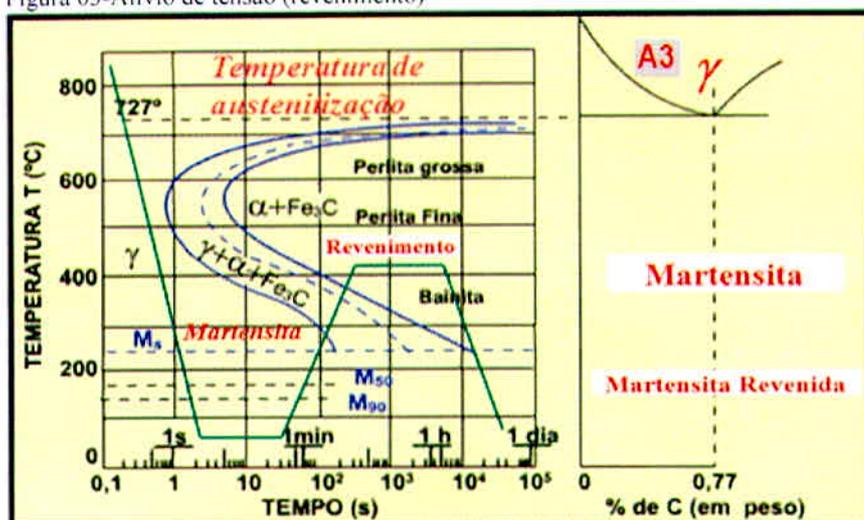
É um requisito indispensável, pois uma maior penetração de dureza garante perfeita uniformidade de características mecânicas em secções apreciáveis. Como se sabe, nos aços – carbono comum, é difícil alcançar alta profundidade de endurecimento, sobre tudo em secções superiores a 25 mm; entretanto, uma pequena adição de cromo resultará nessas dimensões, em temperabilidade completa. De qualquer modo, o aumento do teor de elementos de liga tem a tendência de diminuir a diferença de dureza entre a superfície e o centro. Essa mesma elevação do teor de elementos de liga permite a utilização de meios mais brandos de têmpera, ainda como garantia de endurecimento total.

2.5.2 Revenimento

Segundo Chiaverini (1984), o revenido é o tratamento térmico que normalmente sempre acompanha a têmpera, pois elimina a maioria dos inconvenientes produzidos por esta: além de aliviar ou remover as tensões internas, corrige as excessivas dureza e fragilidade do material, aumentando sua ductilidade e resistência ao choque.

Segundo Oliveira (2011), o revenimento consiste em aquecer o aço logo após a Têmpera, até uma temperatura determinada (abaixo da linha crítica A1), mantendo esta temperatura por um determinado tempo, em seguida, resfriando ao ar, óleo, água ou outro meio refrigerante.

Figura 03-Alívio de tensão (revenimento)



Fonte: Oliveira (2011).

2.5.3 Nitretação

Segundo Chiaverini (1984), a nitretação é um tratamento de endurecimento superficial em que se introduz superficialmente no aço, até uma certa profundidade, nitrogênio, sob a ação de um ambiente nitrogenoso, a uma temperatura determinada.

Segundo Oliveira (2011), a Nitretação geralmente é realizada após a têmpera e Revenimento (Reduz empenamento). São geralmente aplicados em peças que trabalham em atrito constante.

3 METODOLOGIA

3.1 Torno CNC

Segundo Slack (1996) a máquina CNC possui basicamente a unidade de comando onde possui um software que é utilizado onde são processados os cálculos dos sistemas da máquina e os acionamentos que são responsáveis pelos movimentos dos eixos. Para colocar uma máquina CNC em funcionamento é necessário que se estabeleça um comando através de um computador sob o comando de um operador no qual irá fazer a programação da máquina, estes comandos são enviados a máquina CNC através de códigos que são chamados de programação.

A máquina utilizada é um torno de marca Romi, modelo Centur 30D, para o processo de torneamento e faceamento, do aço utilizado na confecção da matriz, a matéria prima é comprada em barra cilíndrica com um diâmetro de 136 mm, aproximadamente fazendo então a operação de torneamento e faceamento, a peça pode variar entre 5 mm a 60 mm de espessura para cada tipo de placa de acordo com o projeto da matriz.

Figura 04 - Torno CNC



Fonte: Romi, 2013.

3.1.1 Torneamento

Segundo Ferraresi (1970) torneamento é um processo de usinagem no qual é destinado a obtenção de superfícies de revolução utilizando uma ou mais ferramentas de corte, a peça é presa ao cabeçote que gira em torno do eixo principal de rotação da máquina, e a ferramenta de corte utilizada neste processo pode ser deslocada simultaneamente seguindo uma trajetória de acordo com o eixo da máquina.

3.1.2 Faceamento

Segundo Ferraresi (1970) faceamento é a operação na qual retira material, chamado de torneamento de acabamento, onde esta operação de usinagem destina-se a obter na peça dimensões finais com acabamento superficial especificado de acordo com o tipo de material e peça a ser usinada dando brilho e um excelente acabamento.

3.2 Centro de Usinagem

Segundo Ferraresi (1970) os centros de usinagem são máquinas desenvolvidas ao mercado com o intuito de substituir as fresadoras e os tornos convencionais, são mais eficazes, de acordo com o mercado são mais satisfatórias devido ser programadas através de computadores. A máquina utilizada é um centro de usinagem de marca Agie Charmilles, modelo Mikron VCE 800 Pro.

Figura 05 - Centro de usinagem



Fonte: Agie Charmilles, 2013.

Utilizada para fazer diversas funções dentre elas as furações em H7 de pino guia para que ao montar as placas para confecção das matriz de extrusão estes pinos sirvam como referência de montagem e ajudam na fixação entre as placas, além disto é também utilizado como referência para o posicionamento das placas para a usinagem das bolsas de alimentação da matriz por onde passa o fluxo de massa, também utilizada para fazer furação de passagem de parafusos rosqueados.

Figura 06 - Placa com furação e bolsa de alimentação



Fonte: o autor.

3.3 Furo rápido

A máquina utilizada de furo rápido é de marca Agie Charmilles, modelo SD 20.

Figura 07 - Máquina de furo rápido



Fonte: Agie Charmilles, 2013.

Neste processo é realizado um furo referência na placa através de um eletrodo, este furo servirá para a passagem de um fio no processo de eletroerosão.

Figura 08 - Furação na placa de aço

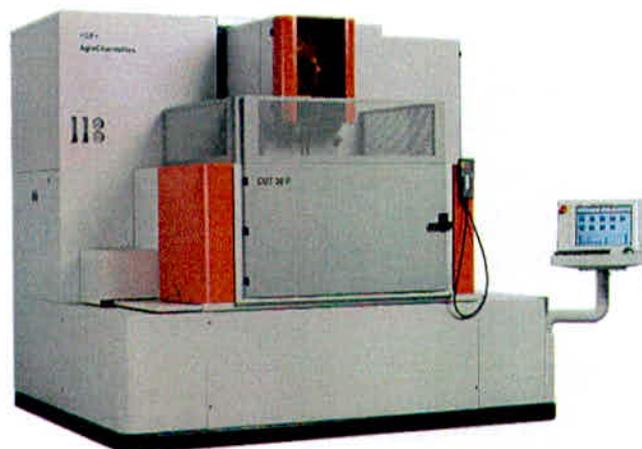


Fonte: o autor.

3.4 Eletroerosão a fio

A máquina utilizada na eletroerosão é de marca Agie Charmilles, modelo CUT 20 P, que através de programação realizada pelo operador com base no projeto a ser executada a máquina realiza a operação de corte.

Figura 09 - Máquina de eletroerosão a fio



Fonte: Agie Charmilles, 2013.

Utilizada para fazer o corte das placas através do furo de referência feito no processo de furo rápido, o fio utilizado neste processo pode ser de bronze ou de latão dependendo do

tipo de material a ser utilizado, neste processo é realizado o corte da cavidade da matriz, posição que é uma placa de corte pequeno de aproximadamente 50 x 80 mm com espessura de 5 mm onde é feito somente o corte da geometria da peça de acordo com o projeto. Este posição é encaixado em outra placa da matriz, em casos que a matriz sofre um maior desgaste é trocado somente este posição por ser de fácil substituição e fabricação de um novo ferramental.

Figura 10 - Operação corte



Fonte: o autor.

Segue abaixo uma ilustração de corte em uma placa de aço, que será utilizada na montagem de uma ferramenta matriz.

Figura 11 - Corte da geometria



Fonte: o autor.

3.5 Eletroerosão a penetração

A máquina utilizada no processo de eletroerosão a penetração de placas de aço é de marca Agie Charmilles, modelo SP 3.

Figura 12 - Máquina de eletroerosão a penetração



Fonte: Agie Charmilles, 2013.

Neste processo é realizado o corte dos materiais que possuem tratamentos térmicos, no caso de têmpera e revenimento, através de eletrodo de cobre ou grafite dependendo do tipo de aço e tratamento térmico, neste processo é feito o corte do material através de queima deste eletrodo, somente utiliza-se este equipamento quando o centro de usinagem não consegue usinar arestas de pequena geometria e quando o aço está temperado a elevada dureza.

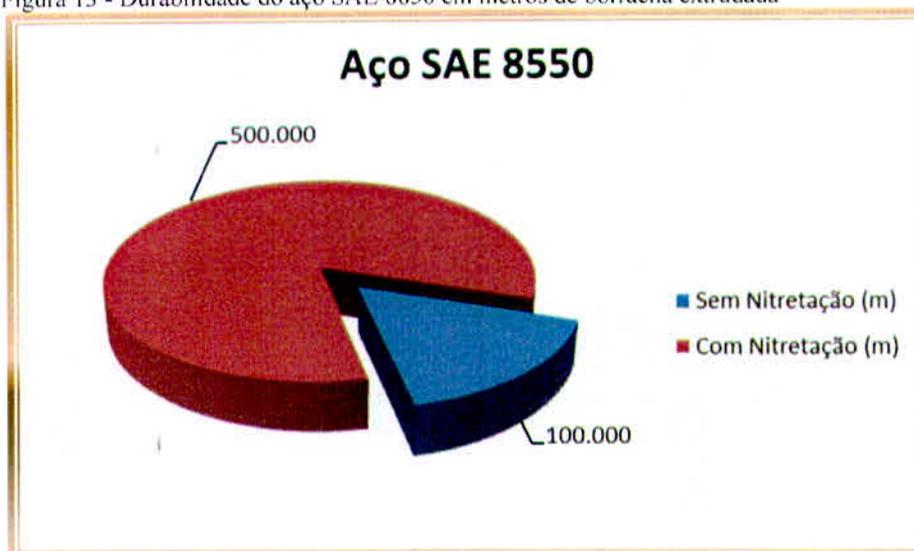
4 RESULTADOS

Por se tratar de um processo bastante complexo na área de extrusão de borracha para aplicação em vedações automotivas, existem muitas variáveis no processo, com isso vale ressaltar que devido a grande quantidade de peças extrudadas por dia, devido a demanda do processo de extrusão o desgaste da ferramenta é muito grande, portanto veio a caso fazer a substituição do aço SAE 8550 por um outro tipo de aço que atenda a todos os requisitos e parâmetros que o processo exige, fazendo então estudos e pesquisas, foi realizado um protótipo de uma matriz com o aço AISI H13 que é um aço para trabalho a quente, atendendo as necessidades do processo, foi realizado testes em matrizes com tratamentos térmicos e sem os tratamentos térmicos.

4.1 Média da matriz em aço SAE 8550.

Segue abaixo uma representação do processo real em metros de borracha extrudada com a matriz de aço SAE 8550.

Figura 13 - Durabilidade do aço SAE 8850 em metros de borracha extrudada



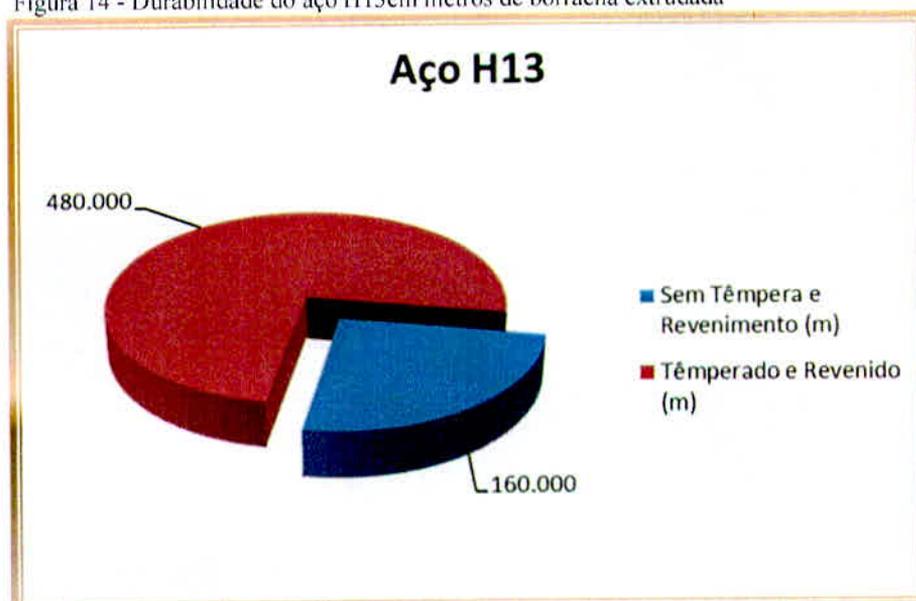
Fonte: o autor.

A durabilidade de uma matriz de extrusão usinada de aço SAE 8550, com tratamento superficial nitretação, consegue extrudar em média 500.000 metros de borracha enquanto que sem a nitretação a matriz suporta apenas 100.000 metros de borracha extrudada.

4.2 Média da matriz em aço AISI H13

Segue abaixo uma representação realizada nos testes com a matriz confeccionada de aço H13, no processo de extrusão de borracha.

Figura 14 - Durabilidade do aço H13 em metros de borracha extrudada



Fonte: o autor.

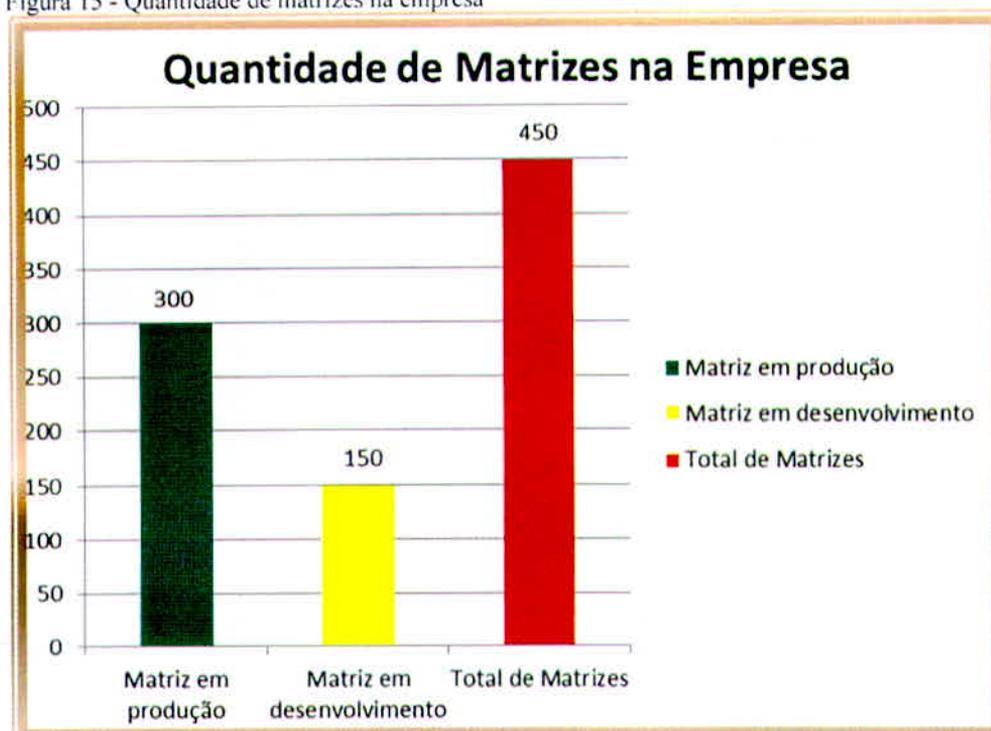
A matriz usinada de aço AISI H13 representou um bom comportamento no processo de extrusão, com testes realizados no processo a matriz representou uma durabilidade superior a matriz confeccionada de aço SAE 8550 ambas sem tratamentos térmicos enquanto que a matriz de aço SAE 8550 teve uma durabilidade de 100.000 metros de borracha extrudada a matriz de aço AISI H13 obteve uma durabilidade em média de 160.000 metros de borracha.

Com os tratamentos térmicos a matriz de aço AISI H13 representou uma quantidade de borracha extrudada em metros de 480.000, enquanto que a de aço SAE 8550 obteve uma durabilidade superior na média de 500.000 metros.

5 DISCUSSÃO

Atualmente possui uma grande quantidade de matrizes, porém é grande a rotatividade de perfis extrudados, são muitas as paradas de linha para troca e ou substituição de matrizes realizadas e há uma grande demanda no processo devido a tantos clientes que a empresa possui, devido a estes fatores não há tempo hábil para que mandassem as matrizes confeccionadas de aço SAE 8550 para outra empresa terceirizada para que realizasse o tratamento superficial na matriz, a nitretação, com isso a matriz tinha uma durabilidade muito inferior a demanda na qual a empresa necessita, por este motivo foi trocado o tipo de aço para o AISI H13 que teve uma boa representatividade no processo de extrusão.

Figura 15 - Quantidade de matrizes na empresa



Fonte: o autor.

Devido a uma grande quantidade de matrizes, a cada matriz em manutenção é gasto em média 2 horas para realizar diversos ajustes, com base nestes dados obtidos através de testes realizados e controles de matrizes que vão para a manutenção, com a substituição do aço SAE 8550 para o aço AISI H13, tivemos uma redução de 15 % na manutenção das matrizes na empresa.

6 CONCLUSÃO

Conforme exposto durante todo o trabalho, foi realizado um estudo de caso sobre o comportamento de matriz de extrusão de borracha pra fins de utilização em vedações em automóveis, realizados também testes e acompanhamentos durante o processo de produção comparado os dois tipos de aço, percebe-se que ao substituir o tipo de aço da matriz que antes era aço SAE 8550, e atualmente utilizado o aço AISI H13 para a usinagem e confecção das matrizes, ambos os testes foram realizados em aços com tratamentos térmicos e sem os tipos de tratamentos térmicos acima expostos, então obtivemos um bom resultado, devido ao tempo gasto para realização do tratamento superficial de nitretação no aço SAE 8550, e que este serviço é prestado sob terceirização, gera um alto custo.

Com a substituição do aço SAE 8550 para o AISI H13, os serviços terceirizados deixaram de existir pois são comprados aços tratados e sem os tratamentos de acordo com a demanda de cada produto, obtivemos uma redução de ajustes das matrizes devido a durabilidade superior e menor desgaste da matriz em aço AISI H13, a matriz se comportou muito bem durante os testes realizados nas linhas de produção, com isso a empresa obteve uma redução de custos em 20% e 15% de redução em manutenção.

REFERÊNCIAS

- AGIE CHARMILLES, 2013. Disponível em <http://www.gfac.com/content/gfac/com/en/Products.html>. Acesso em 07/09/2013.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos**. 5 ed. São Paulo: Hamburg, 1984.
- CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica**. 2 ed, São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos**. 7 ed. São Paulo: ABM, 1996.
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1970.
- LESKO, Jim. **Design Industrial: Materiais e Processo de Fabricação**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- SILVA, André Luiz da Costa e; MEI, Paulo. **Aços e Ligas Especiais**. 2 ed. Sumaré, SP: Eletrometal S.A. Metais Especiais, 1988.
- SILVA, André Luiz da Costa e; MEI, Paulo. **Aços e Ligas Especiais**. 2 ed. Sumaré, SP, 2006.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.
- OLIVEIRA, Fabiano Faria de. **Apostila processamentos térmicos**. Varginha, 2011. (1 cap. 2. Part.)
- ROMI, 2013. Disponível em http://www.romi.com.br/index.php?id=mf_centur_30d000&L=0%2Fip_contatos00.0.html. Acesso em 07/09/2013.
- GOMES, Manuel Morato. Rubber Pedia, 2013. Disponível em <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-epdm.php>. Acesso em 06/09/2013.
- VILLARES MATALS 2013. Disponível em http://www.villaresmetals.com.br/portuguese/files/FT_15_V8550.pdf. Acesso em: 25/02/2013