

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RECUPERAÇÃO DE MATRIZES POR REBAIXAMENTO**

**VINICIUS AUGUSTO DA SILVA**

**Campo Limpo Paulista - SP  
Dezembro – 2022**

**Vinicius Augusto da Silva**  
**RA 28516**

## **RECUPERAÇÃO DE MATRIZES POR REBAIXAMENTO**

*Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro Universitário  
Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP,  
como requisito para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia de Produção.*

**Orientador: Prof. Francisco Coelho de Oliveira**

**Campo Limpo Paulista - SP**  
**Dezembro – 2022**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RECUPERAÇÃO DE MATRIZES POR REBAIXAMENTO**

**RA 28516 Vinicius Augusto da Silva**

**Orientador: Prof. Francisco Coelho de Oliveira**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof.**

**Convidado**

---

**Prof. Francisco Coelho de Oliveira**

**Orientador**

---

**Prof. Esp. Alexandre Capelli**

**Coordenador**

**Campo Limpo Paulista - SP  
Dezembro – 2022**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico esse trabalho primeiramente a Deus por ser tão presente e essencial em minha vida, o autor do meu destino, que me guia e que nunca me abandonou*

*Dedico aos meus pais, Selma e José Carlos, a minha namorada Isabela, ao meu irmão Felipe e meus amigos que sempre estiveram presentes diretamente ou indiretamente em todos os momentos de minha formação acadêmica*

*A todos os meus professores da graduação, especialmente o professor Francisco Coelho pela sua paciência e orientação que foram essenciais para a conclusão desse trabalho.*

*Dedico aos meus colegas de curso, que assim como eu encerra mais um ciclo da vida acadêmica.*

## **AGRADECIMENTO**

*Agradeço primeiramente a Deus pela sabedoria e paciência durante toda a trajetória do curso, sem ele nada disso seria possível.*

*Agradeço a minha família por todo apoio nesse período de estudo, principalmente aos meus pais, e minha namorada, que sempre me apoiaram e me deram incentivo.*

*Agradeço a Unifaccamp, por me proporcionar um ambiente amigável e criativo para os estudos. Sou grato a todos os membros do corpo docente, desde a administração até a direção dessa instituição.*

*Sou grato a empresa Thyssenkrupp que durante todo o período de estudo ajudou a custear os investimentos da graduação, além de compreender os horários necessários aos estudos. Fica aqui toda gratidão para a equipe, onde houve incentivo e todo suporte para realização do curso.*

## RESUMO

Um dos principais componentes do custo de um produto forjado a quente é a recuperação das matrizes desgastadas por diversos impactos e mecanismos dentre os quais se destacam a fadiga mecânica e a fadiga térmica. Então a escolha adequada do processo de recuperação das matrizes por rebaixamento é essencial para sua vida útil. O principal objetivo deste trabalho é avaliar a recuperação das matrizes, essa etapa foi desenvolvida e aplicada pelo motivo onde o processo antigo havia muita perda em relação a ferramentas de forjamento, pois as mesmas eram descartadas após o uso, causando problemas nas questões de tempo de atendimento a produção por falta de matriz e gerando custos para empresa. Foi feito um levantamento de dados anteriores e comparados aos processos atuais, e através do estudo realizado foi concluído a eficiência do reaproveitamento de matrizes. Detalhamos todo o processo desde a compra da matéria prima para confecção, tratamento térmico realizado em terceiros para atingir a dureza especificada no desenho, até a realização do acabamento feito por meio de usinagem pós-tratamento térmico. Podemos concluir que o processo de rebaixamento após o forjamento é mais viável do que realizar a confecção de uma matriz nova, pois além de reduzir custo para a instituição, acaba reduzindo o tempo de processo de cada peça.

**Palavras chaves:** Recuperação de matriz, Rebaixamento, Processo de forjamento, Vida útil.

## **LISTA DE SIGLAS**

CNC – Controle numérico computadorizado

HRc – Escala de dureza Rockwell

CAM – Software utilizado para desenvolver programas para maquinas cnc,

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Martelo de Queda Livre .....	18
Figura 2 Martelo de Dupla Ação .....	18
Figura 3 Martelo de Contragolpe .....	19
Figura 4 Prensa Excêntrica ELC .....	20
Figura 5 Comando de válvula .....	22
Figura 6 Came .....	23
Figura 7- Matriz de furar .....	23
Figura 8 Material .....	24
Figura 9 Usinagem 1° lado .....	25
Figura 10 Usinagem 2° lado .....	26
Figura 11 1° Operação usinagem .....	27
Figura 12 2° Operação Usinagem .....	28
Figura 13 Peça fixa para acabamento .....	29
Figura 14 Matriz já realizado acabamento .....	30
Figura 15 Peça fixa para polir .....	31
Figura 16 execução polimento .....	31
Figura 17 Etapas confecção até produto final .....	32
Figura 18 Matriz com desgaste .....	33
Figura 19 matrizes separadas pós forjamento .....	33
Figura 20 Matriz aguardando usinagem .....	34
Figura 21 – etapas da transformação .....	34
Figura 22 – SAP com quantidades usinadas .....	35
Figura 23 – Matriz de furar .....	36
Figura 24 – matriz que será transformada .....	37
Figura 25 – Dispositivo .....	38
Figura 26 – Peça presa no dispositivo .....	38
Figura 27 – Setor de Nitretação .....	39
Figura 28 – Cestos para nitretar ferramentas .....	40
Figura 29 – corte matéria prima .....	41
Figura 30- pré-forma .....	41
Figura 31- forma do produto + guia do furo .....	42
Figura 32- furação + produto final .....	42
Figura 33– custos por peça .....	43



# SUMÁRIO

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Objetivo geral.....	12
1.1.1. Objetivos específicos.....	12
1.2. Problema.....	12
1.3. Justificativa .....	12
1.4. Metodologia.....	12
1.4.1. Metodologia Científica.....	13
1.4.2. Metodologia do projeto.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Metalurgia.....	15
2.1.1. Forjamento.....	15
2.1.1.1. Forjamento em matriz fechada .....	16
2.1.1.2. Forjamento em matriz aberta .....	17
2.2. Equipamentos para forjamento .....	17
2.2.1. Martelo de queda livre com prancha .....	17
2.2.2. Martelo de duplo efeito.....	18
2.2.3. Martelo de contragolpe .....	19
2.2.4. Prensa excêntrica .....	20
2.2.5. Prensa hidráulica .....	20
2.3. Processo de Usinagem.....	21
3. ESTUDO DE CASO .....	22
3.1. Processo confecção .....	24
3.2. Processo acabamento e polimento.....	29
3.3. Processo de polimento .....	30
3.4. Vida útil pós confecção.....	32
3.5. Pós Forjamento .....	33
3.6. Processo de rebaixamento .....	35
3.7. Execução do rebaixamento.....	37
3.8. Nitretação .....	39

3.9. Montagem e forjamento .....	40
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

# 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado as indústrias do ramo de autopeças buscam cada vez mais a melhoria e a otimização dos seus processos de fabricação, como forma estratégica para produzir mais e reduzir custos. Esta questão passa a ser uma das estratégias utilizadas pelas indústrias para permanecer de forma competitiva ao seu mercado de atuação.

Atualmente, a vida das ferramentas de forjamento a quente é um importante variável, pois envolve o custo final dos produtos forjado, pois ferramentas com baixo desempenho em termos de vida geram horas de máquinas paradas, ineficiência, refugos, entre outras perdas durante o processo.

Com o processo de reutilização de matrizes, podemos identificar uma redução significativa para empresa pois as matrizes são reaproveitadas e não descartadas de maneira incorreta, trazendo bons resultados para a instituição e consequentemente preservando também o meio ambiente.

## **1.1. Objetivo geral**

O objetivo é apresentar o processo de rebaixamento por meio de usinagem em tornos CNC em matrizes que já foram utilizadas em processos anteriores, evitando seu descarte indevido e a compra de material para confecção do mesmo.

Os principais benefícios dessa atividade são: redução de custo e tempo de atendimento para produção.

### **1.1.1. Objetivos específicos**

- Analisar o processo de rebaixamento.
- Avaliar a viabilidade da recuperação.

## **1.2. Problema**

As matrizes de forjamento utilizadas para furação do came (comando de válvula) vinham sendo descartadas após o uso mesmo estando em bom estado, causando descarte desnecessário e aumentando a necessidade de realizar a confecção de novas matrizes, gerando custo para empresa pois as mesmas são produzidas em grandes lotes, pois é utilizada frequentemente.

## **1.3. Justificativa**

Pensando em reduzir custo, mão de obra e tempo para atender a produção, surgiu o processo de reutilização das matrizes por meio de rebaixamento, que tem como objetivo transformar a ferramenta matriz em outra evitando ao máximo sucatar todo material que já foi utilizado.

## **1.4. Metodologia**

O parâmetro de escolha do processo de rebaixamento de matriz, foi estudado pelo departamento de matrizaria. Foram realizadas pesquisas de dados, como valor de usinagem, compra de material e valor para usinagem em rebaixamento.

No processo oficial também foi realizado análises pois o mesmo é utilizado atualmente na indústria, visando reduzir custo, aumento de vida útil da matriz, entre outros benefícios que o processo trouxe para a instituição.

Algumas referências bibliográficas foram pesquisadas como: processo de metalurgia, processo de usinagem entre outros.

#### **1.4.1. Metodologia Científica**

Inicialmente, serão apresentadas, em uma revisão bibliográfica, as considerações dos seguintes estudiosos: Gil (2007); Pádua (2004) e Yin (1990).

De acordo com Gil (2007), pode-se classificar a pesquisa, com base em seus objetivos, de três maneiras: exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória visa uma maior aproximação, uma maior familiaridade com o problema, explicitando-o, assume a condição de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso.

A pesquisa descritiva, ao entender de Gil (2007) é uma análise em profundidade que visa descrever, classificar e interpretar o objeto estudado. A pesquisa explicativa, segundo Gil (2007), visa especialmente a identificação de fatores que determinem ou contribuam para que determinados fenômenos ocorram, ela permite grande aprofundamento no entendimento acerca da realidade.

Em um segundo momento o tema será trabalhado como um estudo de caso, com base nos procedimentos técnicos utilizados, Gil (2007) classifica as pesquisas como: bibliográfica, documental, experimental, ex-postfacto, levantamento, pesquisa-ação, pesquisa participante e o estudo de caso.

Todas as formas de pesquisa têm suas vantagens e desvantagens e, para a melhor aplicação da pesquisa, segundo Yin (2005, p. 19) ele afirma que se deve levar em consideração: o tipo de questão da pesquisa, o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos, o foco em fenômenos históricos, em oposição a fenômenos contemporâneos.

Segundo Pádua (2004, p. 74), o estudo de caso trata-se de abordagem qualitativa, seja como o próprio trabalho monográfico, ou como elemento complementar em uma coleta de dados.

Gil (2007, p. 58) conceitua o estudo de caso como um estudo aprofundado sobre objetos que podem ser um indivíduo, uma organização, um grupo ou um fenômeno e que pode ser aplicado nas mais diversas áreas. O estudo de caso

permite, Gil (2007), que o objeto estudado tenha preservada sua unidade, mesmo que ele se entrelace com o contexto onde está inserido, que sejam formuladas hipóteses e teorias e permite a explicação de variáveis em situações ainda que complexas.

#### **1.4.2. Metodologia do projeto**

O presente projeto caracteriza-se como um estudo desenvolvido no departamento de matrizaria de uma determinada empresa metalúrgica de grande porte, que permite a análise e a observação dos detalhes do processo.

- Processo confecção
- Processo acabamento e polimento
- Vida útil pós confecção
- Pós forjamento
- Processo de rebaixamento
- Execução do rebaixamento
- Nitretação
- Montagem e forjamento

O parâmetro de escolha do processo de rebaixamento de matrizes foi feito através de pesquisa de dados onde levou em conta que seria mais viável a reutilização de matrizes já usadas em processos de forjamento do que realizar a confecção das mesmas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Metalurgia**

Metalurgia é um dos ramos das Engenharias dos Materiais que estuda os fenômenos físico-químicos associados com o beneficiamento e o processamento dos materiais metálicos, bem como os aspectos fundamentais envolvidos nos diferentes ciclos de processamento destes materiais.

A metalurgia pode ser dividida em três grandes áreas: metalurgia extrativa, metalurgia física e metalurgia de transformação.

Metalurgia extrativa: Trata-se da extração e refino dos metais e ligas metálicas.

Metalurgia física: Estuda os fundamentos dos fenômenos metalúrgicos. Relaciona as estruturas internas dos metais com suas propriedades.

Metalurgia de transformação: Dá forma aos metais por meios de processos de conformações mecânicas ou metalúrgicos, tais como: laminação, forjamento, extrusão, estampagem, torneamento, fresamento, soldagem e fundição, entre outros.

#### **2.1.1. Forjamento**

Segundo Michels (2013), o processo de forjamento vem sendo empregado por diversas industriais do mundo inteiro para produção de peças em diversas áreas. Já para Chiaverini (1986, p.73), o forjamento é um processo de conformação mecânica pelo martelamento ou pela prensagem. A maioria dos metais é forjado a quente, acima de sua temperatura de recristalização. Há dois tipos de forjamentos, forjamento livre, o material é deformado entre ferramentas planas ou de formato simples. O processo de deformação é efetuado por compressão direta e o material escoar no sentido perpendicular a direção de aplicação da força. O outro tipo de forjamento é forjamento em matriz, o material é deformado entre duas metades de matrizes, que fornecem a forma desejada a peça, deformação ocorre sob alta pressão em uma cavidade fechada, assim se obtém peças forjadas com tolerâncias dimensionais mais estreitas. (FILHO, 2011)

É um processo de fabricação que envolve a formação de metais usando forças de compressão localizadas. Os golpes são feitos com um martelo (muitas vezes, um martelo de potência). O forjamento é frequentemente classificado de acordo com a temperatura na qual é realizado: forjamento a frio, forjamento morno e a quente.

O processo para obtenção do forjado final adequado à usinagem segue as seguintes etapas: corte da barra, aquecimento do tarugo, forjamento do tarugo, tratamento térmico de normalização, limpeza e inspeção. A barra de um aço similar ao SAE 8620 (aço de baixa temperabilidade que atinge média dureza após sementação) é colocada em uma esteira, passa em uma tesoura para ser cortada. Os tarugos seguem na própria esteira diretamente ao forno de indução. Os tarugos são direcionados por uma guia que atravessa o forno, atinge sua temperatura ideal, vai para laminadora e é realizada a laminação, o operador de empilhadeira, leva o tarugo até uma prensa onde passa pelo processo de pré-forma (2 processos). O empilhador retira o forjado pré-acabado leva para o martelo, onde o forjador com uma alavanca na lateral aciona o martelo que é executado alguns golpes no forjado. Após esse processo um outro empilhador do outro lado do martelo, retira o forjado e leva para uma outra prensa onde é calibrado suas dimensões. Este forjado é retirado com uma empilhadeira e levado para outra prensa dedicada à operação de corte da rebarba, onde é separado o produto da rebarba. Após esse processo é retirado pela empilhadeira e é colocado na esteira para o resfriamento.

#### **2.1.1.1. Forjamento em matriz fechada**

No forjamento em matrizes fechadas, o metal adquire o formato da cavidade esculpida na matriz e, por causa disso, há forte restrição ao escoamento do material para as laterais. Essa matriz é construída em duas metades: a metade de baixo fica presa à bigorna e nela é colocado o metal aquecido. A outra metade está presa ao martelo (ou à parte superior da prensa) que cai sobre a metade inferior, fazendo o material escoar e preencher a cavidade da matriz. A matriz apresenta uma cavidade extra em sua periferia e que tem o objetivo de conter o excesso de material necessário para garantir o total preenchimento da matriz durante o forjamento. Esse excesso de material chama-se rebarba e deve ser retirado da peça em uma operação posterior de corte.



### **2.1.1.2. Forjamento em matriz aberta**

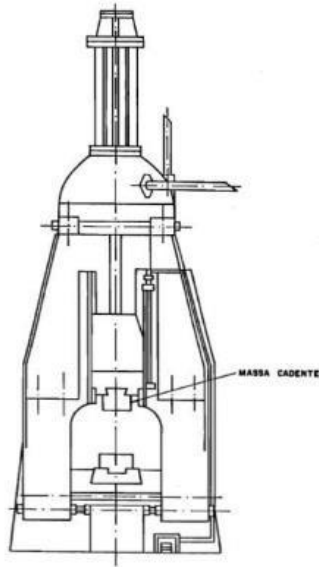
O forjamento em matriz aberta é geralmente utilizado quando se deseja produzir um número de peças pequeno e com grandes dimensões. As matrizes têm geometrias ou formatos bastante simples como também para conferir ao material melhores propriedades. Os materiais mais comuns utilizados no procedimento de forjamento matriz aberta, são os aços – como aços liga, aços comuns, aços para beneficiamento ou sementação, aços estruturais, aços do tipo inoxidáveis, aços para ferramentas.

## **2.2. Equipamentos para forjamento**

Basicamente existem duas grandes famílias de equipamentos para forja, as prensas e os martelos. Os martelos de forja deformam o metal através de rápidos golpes de impacto na superfície do mesmo. Geram deformação irregular nas fibras superficiais, dando grande resistência mecânica a pontas de eixo, virabrequins. Os três tipos básicos de martelo são descritos a seguir:

### **2.2.1. Martelo de queda livre com prancha**

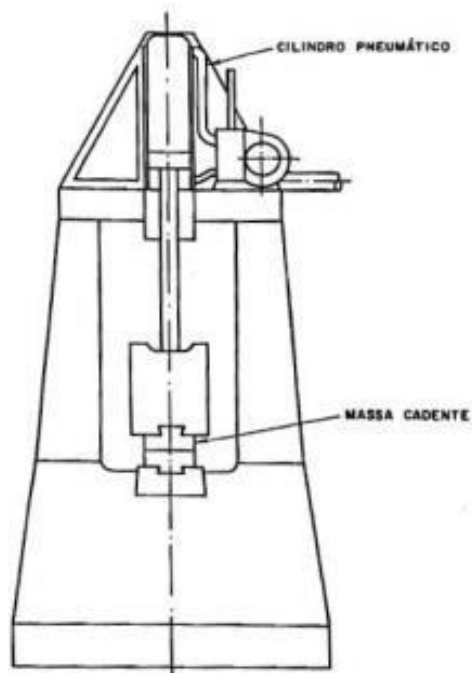
No martelo de queda livre, a matriz superior e a massa cadente são elevadas por rolos de atrito engrenados à uma prancha, correntes ou outros mecanismos. Quando o mecanismo é liberado, a massa cadente cai sob a influência da gravidade para produzir a energia da pancada. Após o impacto, o mecanismo é imediatamente elevado para nova pancada. O forjamento com um martelo é normalmente feito com pancadas repetidas. Os martelos podem atingir entre 60 e 150 pancadas por minuto dependendo do tamanho e capacidade. A energia suprida pelas pancadas é igual à energia potencial devido ao peso da massa cadente e da altura de queda (BRESCIANI, 2011). Os martelos de queda são classificados pelo peso da massa cadente, figura 1. Entretanto, uma vez que o martelo é uma máquina limitada energeticamente, no qual a deformação se processa até que a energia cinética seja dissipada pela deformação plástica da peça de trabalho ou pela deformação elástica das matrizes e da máquina, é mais correto classificar essas máquinas em termos da energia transmitida. (BRESCIANI, 2011)



**Figura 1 – Martelo de Queda Livre**  
Fonte: Adaptado de (BRESCIANI, 1991)

### 2.2.2. Martelo de duplo efeito

Uma capacidade maior de forja é atingida com um martelo de duplo efeito no qual o martelo é acelerado no seu curso descendente por pressão de vapor ou ar comprimido em adição à gravidade. O vapor ou ar comprimido podem também ser usados para elevar o martelo no seu curso ascendente. (BRESCIANI, 2011)



**Figura 2 – Martelo de Dupla Ação**  
Fonte: Adaptado de (BRESCIANI, 1991)

### 2.2.3. Martelo de contragolpe

Nos martelos de queda, o choque produzido pela queda da massa é transmitido para toda a estrutura da máquina, bem como para as fundações. Para amenizar este fato foram desenvolvidos os martelos de contragolpe, em que ambas as partes (superior e inferior) se movimentam ao mesmo tempo encontrando-se no meio do percurso. Desta forma a reação do choque praticamente inexiste e não é transmitida para a estrutura da máquina e fundações (BRESCIANI, 2011). Mas dada a configuração deste tipo de martelo temos como desvantagens:

- Maior desalinhamento entre as partes superior e inferior da matriz;
- A força de forjamento deve estar localizada no meio da matriz para evitar grandes atritos entre as massas e as guias;
- Não é possível manipular a peça durante o movimento do martelo;
- Maiores despesas de manutenção.

Uma característica comum aos martelos é que em função do forjamento ser feito por meio de golpes, o martelo adquire grande flexibilidade, pois enquanto as prensas são limitadas em termos de força, nos martelos esta limitação não existe uma vez que o martelo aplicará golpes sucessivos até que a conformação desejada se processe. Desta forma os martelos são mais indicados para o uso com matrizes de múltiplas cavidades em que em um único bloco existem as cavidades para pré conformação e conformação final.



**Figura 3 – Martelo de Contra Golpe**  
Fonte: Thyssenkrupp

#### 2.2.4. Prensa excêntrica

As prensas mecânicas excêntricas são muito usadas para forjar peças de tamanhos médios e pequenos, devido à facilidade de manuseio e ao baixo custo de operação. O curso do martelo neste tipo de prensa é menor que nos martelos de forjamento e nas prensas hidráulicas. O máximo de carga é obtido quando a massa superior está a aproximadamente 3 mm acima da posição neutra central. São encontradas prensas mecânicas de 300 a 12.000 toneladas. (BRESCIANI, 2011) A pancada de uma prensa é mais uma aplicação de carga crescente do que realmente um impacto. Por isso, as matrizes sofrem menos e podem ser menos maciças.



**Figura 04 – Prensa Excêntrica ELC**  
Fonte: Prensa Jundiáí

#### 2.2.5. Prensa hidráulica

As prensas hidráulicas são máquinas limitadas na carga, na qual a prensa hidráulica move um pistão num cilindro. A principal característica é que a carga total de pressão é transmitida em qualquer ponto do curso do pistão. Essa característica faz com que as prensas hidráulicas sejam particularmente adequadas para operações de forja do tipo de extrusão. A velocidade do pistão pode ser controlada e mesmo variada durante o seu curso. A prensa hidráulica é uma máquina de velocidade baixa, o que resulta em tempos longos de contato com a peça que pode levar a problemas com a perda de calor da peça a ser trabalhada e com a

deterioração da matriz. Por outro lado, a prensagem lenta de uma prensa hidráulica resulta em forjamento de pequenas tolerâncias dimensionais.

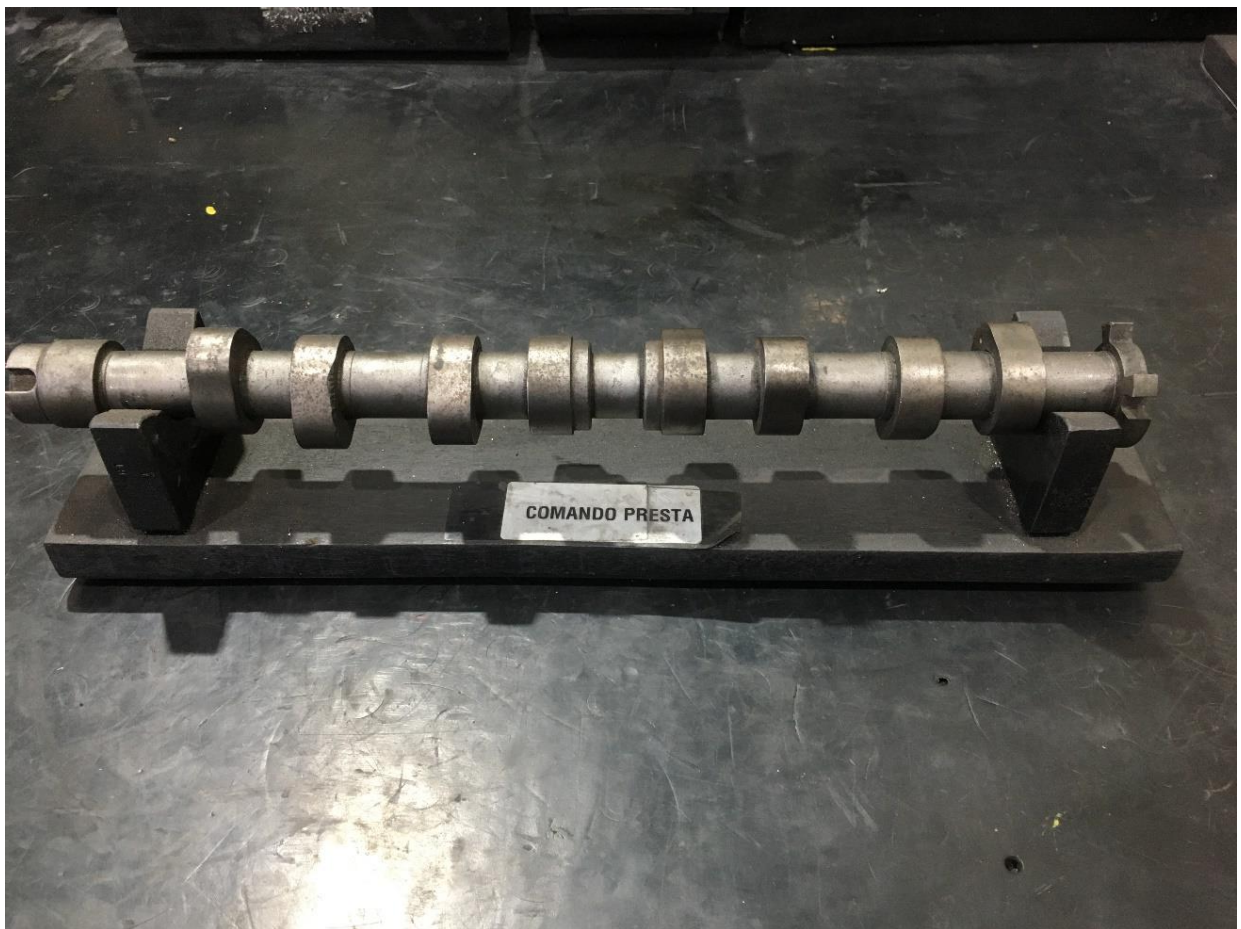
### **2.3. Processo de Usinagem**

Define-se como usinagem um processo que tenha como característica a remoção de material com geração de cavaco, cujos objetivos são determinar formas, dimensão ou acabamento de peças. O cavaco gerado do processo caracteriza-se pelo material que a ferramenta retira da peça em processo e configura-se por possuir geometria irregular. (KÖNIG; KLOCKE, 1997).

A usinagem fundamenta-se no estudo de mecânica no que envolve o atrito e deformações plásticas, estuda-se também a termodinâmica através dos impactos do calor e por fim pode-se abranger uma análise nas propriedades dos materiais. Conforme König e Klocke (1997), nos processos de usinagem ocorrem movimentos relativos entre o gume da ferramenta e a peça a ser usinada e desta forma as peculiaridades provenientes destes movimentos de contato, como a formação de cavaco, força de corte exigida e desgastes da ferramenta são resultantes da geometria da ferramenta escolhida. Dentre os diversos processos de usinagem, o torneamento situa-se dentro dos processos de fabricação com extração de cavaco com ferramenta de corte com geometria definida. Este tipo de processo é bastante requisitado na produção de peças em série ou unitárias em função da grande capacidade de material a ser retirado com velocidade de processo agregado. Também pode-se citar como benefício as variações de geometria que o torneamento consegue absorver para fabricação. (ZEILMANN, 2018)

### 3. ESTUDO DE CASO

O trabalho demonstra a confecção e rebaixamento de uma matriz responsável pela furação de um forjado, mais conhecido como came (figura 6), utilizado em comando de válvulas em veículos motorizados (Figura 5).



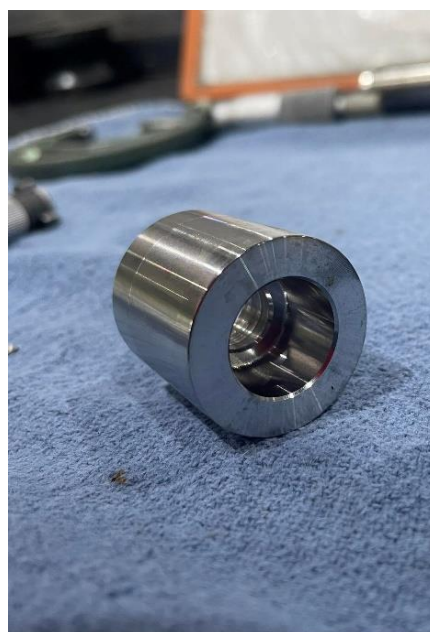
**Figura 5 – Comando de válvula**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 6 – Came**  
Fonte: thyssenkrupp

Uma bitola de aço utilizada para confecção de uma matriz (figura 8), custa R\$ 14,41 por peça, sem contar os valores de todo processo envolvido até sua fase final.

A matriz depois de pronta é utilizada para furação do came e tem uma vida útil de forjamento na média de 30.000 a 35.000 peças e realiza seu trabalho em uma prensa automática, por isso tem uma grande capacidade de forjamento, após o uso retorna para o setor de matrizaria onde é feito o rebaixamento.



**Figura 7- matriz de furar**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 8 – material**  
Fonte: thyssenkrupp

### **3.1. Processo confecção**

A ferramenta é pré usinada em tornos cnc's (figura 9) deixando-se sobremetal para ser acabada pós-tratamento, e após ser usinada é encaminhada para o tratamento térmico, para que alcance a dureza especificada no desenho. Pois a matriz é usinada com material mole e depois atinge a dureza específica.

É de extrema importância a dureza ser atingida conforme desenho, pois essa ferramenta é responsável por fazer a furação do came na hora do forjamento e necessita de resistência para realização do trabalho.

A confecção é realizada por tornos CNC devido a complexidade do perfil da peça, e assim o programa é gerado pelo software CAM "SPRIT", e através dele que conseguimos executar o trabalho nas máquinas.

Depois do programa ser gerado, é emitido uma folha de ajustagem (figura 11) onde há todas as informações para realização da usinagem, desde o tamanho da



bitola a ser usinada, qual tipo de fixação adequada e todas as ferramentas e *setup's* que será necessária para o trabalho.

Após o *setup* realizado pelo operador, inicia-se a usinagem e ele tem total responsabilidade sobre a qualidade da peça, incluindo dimensões de acordo com desenho, acabamento adequado etc.

Logo depois do processo de confecção (figura9-10) o produto é encaminhado para tratamento térmico, que é feito externamente em empresas terceirizadas, onde o material é temperado e revenido para alcançar sua dureza específica.



**Figura 9- usinagem 1° lado**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 10- usinagem 2° lado**  
Fonte: thyssenkrupp





### 3.2. Processo acabamento e polimento

Após realizar o processo de tratamento térmico na peça, a matriz retorna para setor matrizaria e daí então é realizada a operação de acabamento (figura 13), onde todas as medidas são calibradas conforme desenho.

A matriz é calibrada depois do tratamento devido a problemas como empenamento ou deformação na peça decorrente do processo, por esse motivo é usinada com sobremetal e calibrada depois de finalizar a tempera e revenimento. Já teve casos de enviar matrizes com as medidas já finalizadas e quando retorna do T.T vem com diversos defeitos.

A peça é fixada num dispositivo e colocada no torno cnc novamente (figura 13), assim como na confecção, também é gerado um programa específico para acabamento com os dimensionais finais da peça.



Figura 13 - Peça fixa para acabamento  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 14 - Matriz já realizado acabamento**  
Fonte: thyssenkrupp

### **3.3. Processo de polimento**

. Sequentemente temos a parte de polimento, onde é realizado manualmente para que haja um melhor acabamento superficial e na hora do forjamento a matriz consiga um melhor desempenho no seu trabalho (figura 16). O polimento é feito em uma máquina politriz, onde é composta por uma placa rotativa semelhante aos tornos convencionais, a peça é fixa no equipamento e assim é realizado o polimento, utilizando lixas, começando com uma mais grossa e finalizando com a mais fina, até atingir um bom acabamento.

Depois de executar o polimento, a ferramenta é encaminhada para nitretação (figura 27) e assim está pronta para ser enviada até o departamento de forjaria.



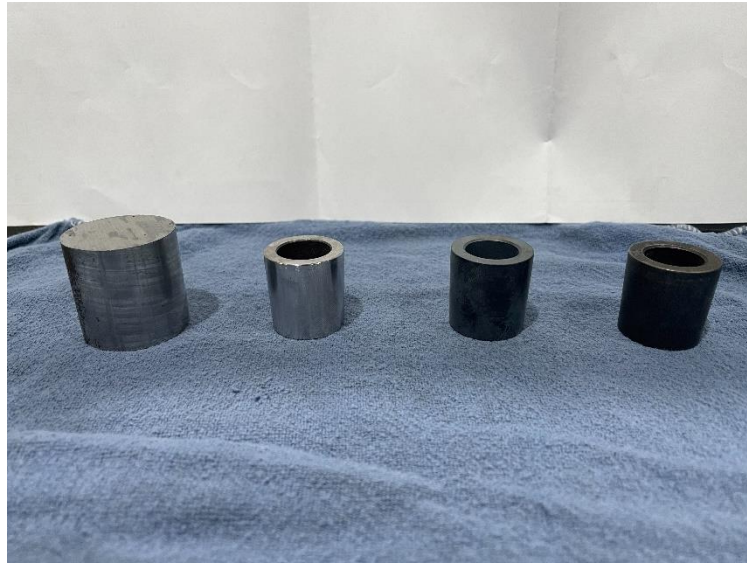
**Figura 15- peça fixa para polir**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 16 - execução polimento**  
Fonte: thyssenkrupp

### 3.4. Vida útil pós confecção

A figura 17 apresenta as etapas do processo: material bruto, pré usinagem, usinagem em acabamento e ferramenta com nitretação. Além de ser um material já tratado com dureza elevada a 61.63 HRc (quanto maior o número, mais alto é a dureza do aço) ainda recebe uma camada de nitreto depois de pronta, para que haja uma resistência maior na hora do forjamento.



**Figura 17 – Etapas confecção até produto final**  
Fonte: thyssenkrupp

A matriz depois de pronta é encaminhada para forjaria, e tem uma capacidade de forjamento na média de 30.000 á 35.000 peças, após essa quantia ela tem um grande desgaste e tem que ser substituída por uma nova. Vale ressaltar que a máquina utilizada forja 7.852 peças por hora.





**Figura 18 – Matriz com desgaste**  
Fonte: thyssenkrupp

### 3.5. Pós Forjamento

Após o forjamento, as matrizes desgastadas (figura 18) são separadas e encaminhadas para área de usinagem para que seja realizada a transformação (rebaixamento), de uma matriz para outra.

Essa atividade é feita pelo responsável da área, onde faz o acompanhamento do estoque de ferramentas e através dos dados levantados ele faz o direcionamento de qual matriz vai ser transformada de uma para outra, elevando assim o rápido atendimento na produção.



**Figura 19 – matrizes separadas pós forjamento**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 20 – Matriz aguardando usinagem**  
Fonte: thyssenkrupp

Depois de separadas (figura 20), as matrizes são usinadas nos tornos cnc's conforme as medidas especificadas no desenho técnico do produto, são medidas precisas pois são responsáveis pelo dimensional final do produto forjado.

Conforme a (figura 21) podemos ver a transformação de uma ferramenta para outra. Nas seguintes etapas: ferramenta já usada, ferramenta rebaixada e transformada, ferramenta pronta para uso novamente



**Figura 21 – etapas da transformação**  
Fonte: thyssenkrupp

Posteriormente após o desgaste (figura 18), essas matrizes eram sucata e não tinham mais utilização por apresentarem qualquer tipo de deformação, e assim havia a necessidade de usinar novas ferramentas, gerando um grande desperdício tanto de material já utilizado como tempo de todo processo envolvido na execução das confecções, pois essas ferramentas de furar são feitas em grandes quantidades.

951003639220001	PLML19999	120395051	ZP07	001	150	21.04.2018	30.06.2018	30.06.2018	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120403332	ZP07	001	100	26.06.2018	09.10.2018	10.10.2018	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120415843	ZP07	001	100	06.11.2018	17.05.2019	17.05.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120422559	ZP07	001	100	07.01.2019	01.04.2019	01.04.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120428557	ZP07	001	150	18.02.2019	27.06.2019	27.06.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120434731	ZP07	001	100	04.05.2019	13.06.2019	13.06.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120441891	ZP07	001	150	28.06.2019	22.08.2019	22.08.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120448264	ZP07	001	100	28.08.2019	12.11.2019	14.11.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120454096	ZP07	001	100	23.10.2020	12.03.2022	12.03.2022	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120454441	ZP07	001	100	25.10.2019	30.10.2019	14.11.2019	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120456735	ZP07	001	100	14.11.2019	10.03.2020	15.10.2020	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120460726	ZP07	001	100	23.01.2020	20.05.2020	20.05.2020	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120479895	ZP07	001	29	11.11.2020	12.03.2022	12.03.2022	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120492025	ZP07	001	50	03.03.2021	12.03.2022	22.02.2021	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120494366	ZP07	001	100	29.03.2021	24.08.2021	24.08.2021	ENKERTO DO PUNCAO
951003639220001	PLML19999	120520947	ZP07	001	100	20.01.2022		20.01.2022	ENKERTO DO PUNCAO

Figura 22 – SAP com quantidades usadas  
Fonte: thyssenkrupp

### 3.6. Processo de rebaixamento

Devido a grande perda de tempo para executar novas matrizes e geração de desperdício ferramental, teve-se a ideia de reutilizar essas ferramentas para transformar em outras matrizes já utilizadas na empresa para forjar outros produtos da mesma família. É possível observar nas imagens que somente as dimensões externas são modificadas (figura 23-24).

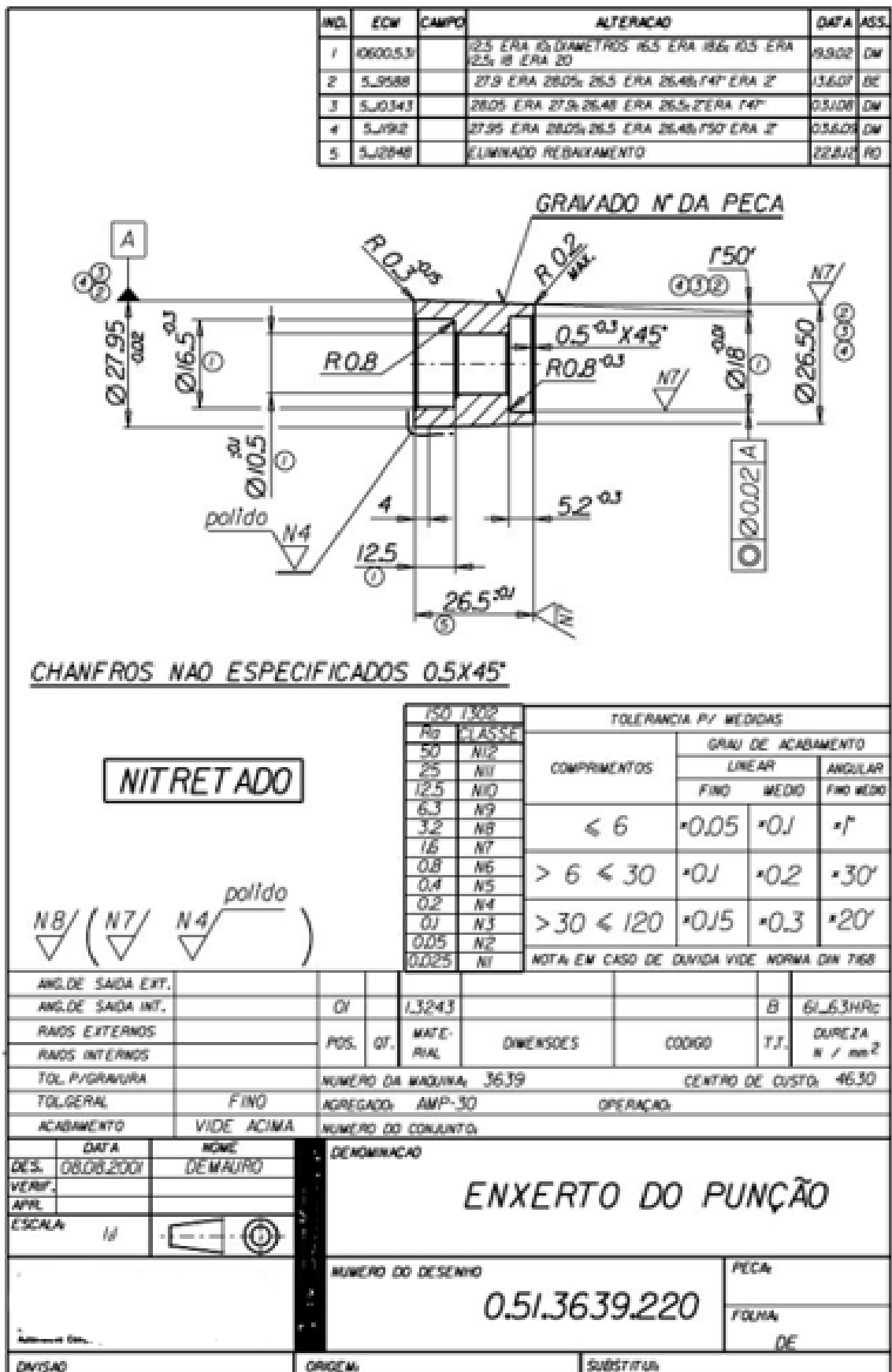


Figura 23 – Matriz de furar  
Fonte: thyssenkrupp

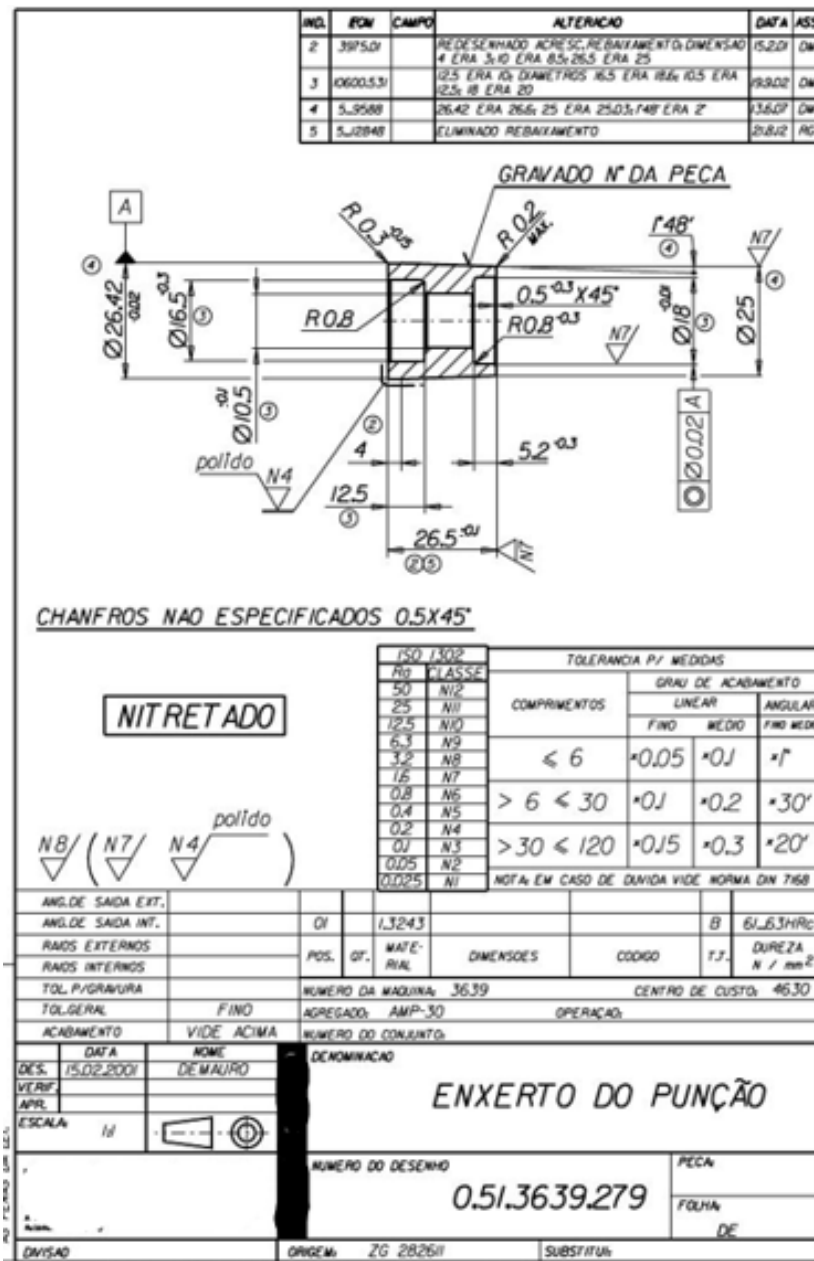


Figura 24 – matriz que será transformada.

Fonte: thyssenkrupp

### 3.7. Execução do rebaixamento

Para realizar a usinagem em rebaixamento teve a necessidade de criar um dispositivo para fixação da matriz no torno cnc (figura 25), pois a mesma tem um certo grau de inclinação dificultando a fixação em castanhas comuns dos tornos. O dispositivo trouxe também a praticidade, pois as peças podem ser usinadas em apenas uma etapa, saindo pronta da máquina e já encaminhada para as próximas etapas, que são: polimento (figura 16) e nitretação (figura 27).



**Figura 25 – Dispositivo**  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 26 – Peça presa no dispositivo**  
Fonte: thyssenkrupp

### 3.8. Nitretação

O processo de nitretação tem como objetivo o aumento da resistência relacionado ao desgaste, pois trata-se de uma ferramenta utilizada para forjar um certo tipo de produto, e quanto maior a sua resistência melhor, pois tem um aumento da vida útil da matriz.

Nesse processo segue as seguintes etapas, cozimento, nitretação e resfriamento do material.

O material é colocado na estufa por duas horas em uma temperatura de 450 graus célsius, em seguida o material é retirado e mergulhado no nitreto, onde fica submerso durante três horas a 560 graus célsius.

Após esse processo o material é submetido ao resfriamento, onde fica resfriando por duas horas a uma temperatura de 60 graus célsius e depois de ser resfriado o mesmo já está pronto para o uso.



Figura 27 – Setor de Nitretação  
Fonte: thyssenkrupp



**Figura 28 – Cestos para nitretar ferramentas**  
Fonte: thyssenkrupp

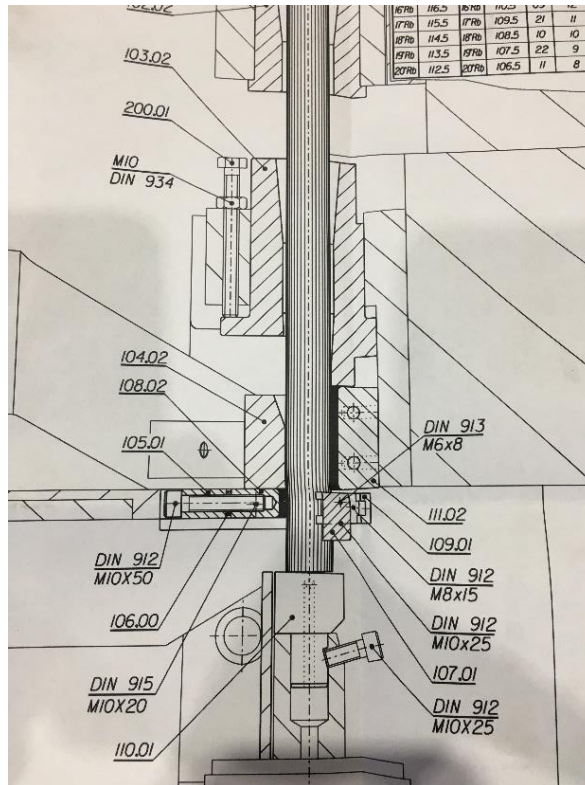
### **3.9. Montagem e forjamento**

A matriz depois de ser concluída é encaminhada para o setor de montagem, onde tem a função de montar o conjunto ferramental necessário para o forjamento.

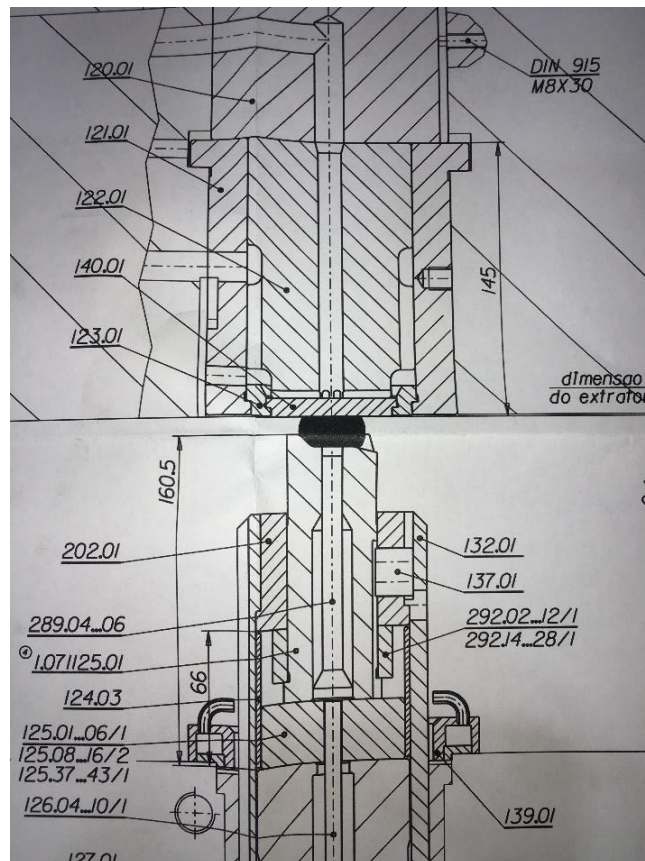
O operador segue um plano de montagem onde nele inclui todos os acessórios necessário para o forjamento, além de especificar passo a passo do processo. Cada produto tem seu plano de montagem específico para ser seguido.

Chegando no departamento de forjaria o conjunto ferramental é colocado nas prensas e é feito todo setup necessário, breve inicia-se o forjamento.





**Figura 29 – corte matéria prima**  
 Fonte: thyssenkrupp



**Figura 30- pré-forma**  
 Fonte: thyssenkrupp

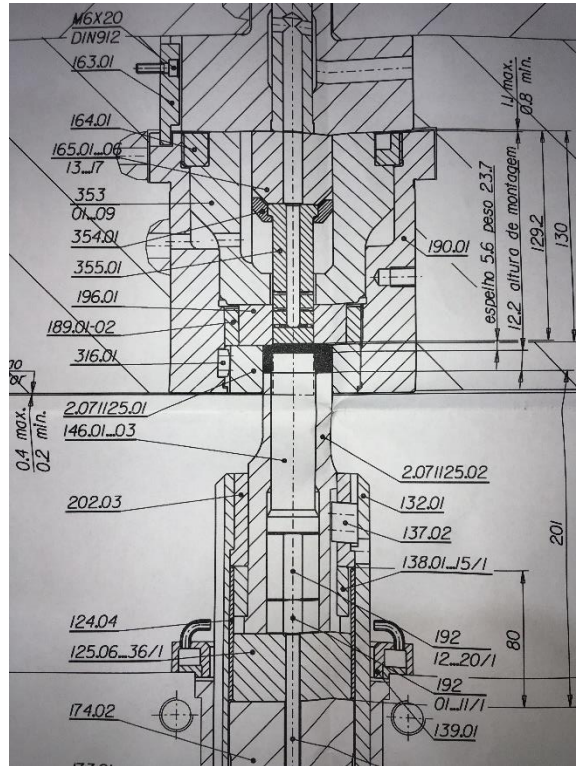


Figura 31- forma do produto + guia do furo  
 Fonte: thyssenkrupp

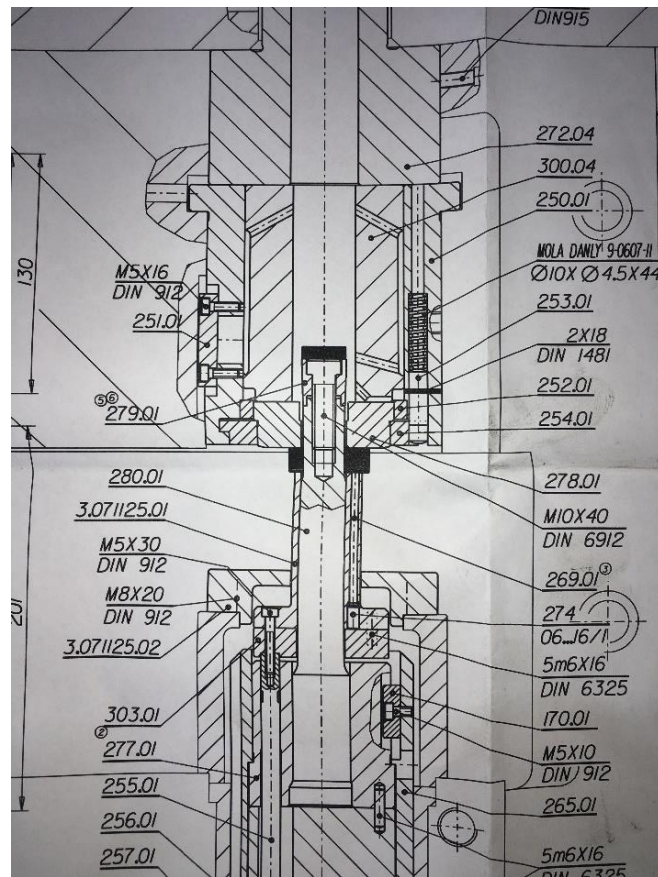


Figura 32- furação + produto final  
 Fonte: thyssenkrupp

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação deste projeto obteve grande sucesso, pois manteve a qualidade do produto final e a vida útil da matriz, reduzindo o tempo no atendimento a produção além de gerar menos desperdício para a empresa.

Foram levantados todos os valores incluso no processo (figura 33) e chegou à conclusão que seria mais viável realizar rebaxamento das matrizes ao invés de confecciona-las novas, pois o material já se encontra na dureza especificada, só há necessidade das seguintes operações: usinagem (rebaixamento), polimento e nitretração, breve fica pronta em algumas horas.

No caso de confecções, tem uma grande perca de tempo na questão de tratamento térmico feito em terceiros, somente nessa operação tem estimativas de várias semanas para que o produto seja entregue novamente, correndo um grande risco de haver falta de ferramenta na hora do forjamento.

<b>A ferramenta é 051003639220001</b>					
<b>Confecção</b>					
Material	Usinagem	Tratamento térmico	Acabamento e polimento	Nitreto	Custo total
R\$ 14,41	R\$ 84,11	R\$ 0,87	R\$ 61,75	R\$ 0,21	R\$ 161,35
<b>Rebaixamento</b>					
Usinagem	Polimento	Nitreto			Custo total
R\$ 72,75	R\$ 22,09	R\$ 0,21			R\$ 95,05

Figura 33– custos por peça  
Fonte: thyssenkrupp

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2007

PÁDUA, Elisabete M. M. de. Metodologia da pesquisa: abordagem teóricoprática. Campinas: Papyrus, 2004. YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZEILMANN, Rodrigo Panosso. GEODEF. Caxias do Sul: Notas de Aula, 2018. 59 slides, color.

KÖNIG, Wilfried; KLOCKE, Fritz. Fertigungsverfahren - Drehen, Bohren, Fräsen. Aachen, Alemanha: Springer Verlag, 1997. 565 p.

BRESCIANI FILHO, E. Conformação plástica dos metais, 1ª ed. Dig., EPUSP, 2011.

Universidade Federal do Pará Instituto de Tecnologia – Tecnologia Metalúrgica.  
Prof. Dr. Jorge Teófilo de Barros Lopes

Thomas, A., s.d, Manual de Forjamento – Projeto de Matrizes, Drop Forging Research Association, Publicado pela ABM - Associação Brasileira de Metais -, São Paulo, 135 p