



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Rafael Missio
Aluno 81074

FINEBLANKING

(Corte Fino)

Dissertação

Orientado por:

Professor Jorge Manuel Afonso Antunes - ESTA

Abrantes, Novembro de 2020





Dedicatória

Acima de tudo agradeço a Deus pela vida que tenho.

Dedico este trabalho de Mestrado à minha família, a esposa Gabriela de Oliveira Missio e minha filha Rafaela de Oliveira Missio pelo apoio de sempre em todos os momentos de nossas vidas.

A instituição *Hitachi Automotive Systems* por me ter dado a confiança para o desempenho da função de Engenheiro de Manutenção e a oportunidade de estar a trabalhar em Portugal, onde pude voltar a estudar e desenvolver este trabalho para o Mestrado.

A todos os familiares brasileiros que sempre me incentivaram e acreditaram em mim e em especial a minha Mãe Elisabete P. Missio e a meu falecido Pai Antonio Missio que me educaram com extrema dedicação e deram-me a oportunidade dos estudos e do conhecimento sempre.

Também aos Professores do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Projecto e Produção Mecânica, que me desafiaram a cada vez buscar mais conhecimento relacionado ao curso e para a vida.





Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar os conceitos do processo *fineblanking* e diferenciá-lo relativamente à estampagem convencional. Além disso, pretende mostrar a possibilidade de implementação do processo numa prensa para estampagem e corte convencional. Ou seja, com apenas um equipamento conseguir condições para realizar estampagem convencional e *fineblanking*.

A finalizar são mostradas situações de aplicação do *fineblanking* na indústria automóvel e apontados os seus benefícios.

Palavras-chave:

Indústria automóvel, *fineblanking*, travão de tambor, estampagem de chapas metálicas.



Abstract

The aim of this work is to present the concepts of the fineblanking process and differentiate it from conventional stamping. In addition, it intends to show the possibility of implementing the process in a press conventional for stamping and cutting. In other words, as only one piece of equipment can achieve conditions for conventional stamping and fineblanking.

Finally, situations of application of fineblanking in the automotive industry are shown and its benefits are pointed out.

Keywords:

Automobile industry, fineblanking, drum brake, stamping on sheet metal.



Índice

1. Introdução.	- 1 -
2. Objetivos.	- 2 -
3. Origem do processo Fineblanking.	- 2 -
3.1. O que é fineblanking.	- 2 -
3.2. Aplicações.	- 3 -
3.3. Características do processo fineblanking.	- 3 -
3.4. Principais características da ferramenta.	- 5 -
3.5. Sequência de estampagem em fineblanking.	- 5 -
3.6. Características do equipamento fineblanking.	- 7 -
3.7. Comparativos entre corte convencional e fineblanking.	- 8 -
4. Processo implementado na Hitachi Abrantes.	- 12 -
4.1. Componente a estampar.	- 12 -
4.2. Ferramenta utilizada no processo.	- 13 -
4.3. Equipamento utilizado no processo.	- 15 -
4.4. Desenvolvimento do processo fineblanking Hitachi.	- 18 -
4.5. Produzindo em fineblanking.	- 19 -
4.6. Problemas constatados durante o processo fineblanking.	- 20 -
4.7. Melhorias no processo fineblanking.	- 22 -
5. Conclusão.	- 26 -
6. Referências bibliográficas.	- 27 -



Índice de Figuras

Figura 1: Peças estampadas por <i>fineblanking</i> [3].	- 2 -
Figura 2: <i>Fineblanking</i> na indústria automóvel.	- 3 -
Figura 3: Representação das três forças no <i>fineblanking</i> [1].	- 4 -
Figura 4: zona V-Ring do serra-chapas [4].	- 5 -
Figura 5: Sequência de estampagem <i>fineblanking</i> [3].	- 6 -
Figura 6: Ciclo funcional da estampagem <i>fineblanking</i> [1].	- 6 -
Figura 7: Prensa para estampagem <i>fineblanking</i> [3].	- 7 -
Figura 8: <i>Layout</i> de uma prensa <i>fineblanking</i> [3].	- 8 -
Figura 9: Comparação de cortes convencional e <i>fineblanking</i> [2].	- 9 -
Figura 10: Face em corte convencional [2].	- 9 -
Figura 11: Face em corte <i>fineblanking</i> [2].	- 9 -
Figura 12: Comparativo entre processos de corte convencional e <i>fineblanking</i> [3].	- 11 -
Figura 13: Processo <i>fineblanking</i> com ferramenta progressiva [3].	- 11 -
Figura 14: Alma estampada em <i>fineblanking</i> na Hitachi Abrantes.	- 12 -
Figura 15: Imagens de almas, jantes, segmento cravado e guarnição.	- 12 -
Figura 16: Imagem de um travão de tambor completo.	- 13 -
Figura 17: Ferramenta para corte em <i>fineblanking</i> .	- 13 -
Figura 18: Imagem da ferramenta <i>fineblanking</i> em corte com indicação das três forças. ...	- 14 -
Figura 19: Imagem da ferramenta <i>fineblanking</i> em corte.	- 14 -
Figura 20: Prensa hidráulica ME PH315-M - Processo Hitachi Abrantes.	- 15 -
Figura 21: Unidade hidráulica adicional.	- 16 -
Figura 22: Almofadas hidráulicas.	- 17 -
Figura 23: Imagem do autômato em condição de trabalho.	- 17 -
Figura 24: Imagem de alma cortada em processo convencional.	- 19 -
Figura 25: Imagem de um segmento estampado após soldadura e calibração.	- 19 -
Figura 26: Matriz partida.	- 20 -
Figura 27: Punção partido.	- 21 -
Figura 28: Alma <i>fineblanking</i> com falhas na face cortada.	- 21 -
Figura 29: Peças com defeitos de falhas na extração e falhas na alimentação da banda.	- 22 -
Figura 30: Punção de corte com correção do tratamento e polimento nas laterais.	- 24 -
Figura 31: Foto da face cortada após a quebra das zonas de corte na matriz.	- 24 -
Figura 32: Foto da matriz com raio na zona de corte.	- 25 -
Figura 33: Fotos comparativas de almas cortadas por <i>fineblanking</i> antes e depois do raio na zona de corte da matriz.	- 25 -



1. Introdução.

A competitividade e as exigências das organizações obriga a uma constante evolução dos processos produtivos. Estes objetivos são possíveis através do estudo e desenvolvimento de métodos e tecnologias utilizadas na produção.

O processo de conformação de chapas metálicas conhecido como estampagem, permite a fabricação de uma ampla diversidade de produtos. Os principais objetivos da indústria de processamento de chapas metálicas são, entre outros, minimizar custos, melhorar a qualidade do produto, aperfeiçoar o processo produtivo e aumentar a produtividade.

Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo estudar o processo de *fineblanking*, processo de conformação inovador que permite obter uma grande variedade de produtos. Este é aplicado principalmente na indústria automóvel, procurando reduzir significativamente o número de operações nos produtos.

Este processo é ideal para furação e corte de chapas, garantindo boa precisão no perfil de corte. Mesmo para elevadas espessuras de chapa é um processo compacto e de alta produtividade.

Atualmente em Portugal existem poucas empresas produtoras de componentes através do processo *fineblanking*. Por este motivo surgiu a necessidade de desenvolver internamente o processo na Indústria de Travões Automotivos Hitachi em Abrantes.

Neste contexto, esta dissertação, de conclusão do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, apresenta o processo de *fineblanking* e compara-o com a estampagem convencional. Aborda ainda a adaptação de prensas e ferramentas para a produção de componentes para travões de tambor por *fineblanking*.

2. Objetivos.

O objetivo deste trabalho centra-se no estudo da possibilidade de aplicação do processo de *fineblanking* na produção de componentes para travões de tambor, utilizando prensas de estampagem convencionais. Neste sentido é procurado explorar e dotar as prensas da versatilidade necessária para realizar os processos de *fineblanking* e de estampagem convencional.

Por outro lado, é pretendido evidenciar as diferenças entre os processos convencional e *fineblanking*, dar a conhecer e apontar soluções para melhorar o seu desempenho.

3. Origem do processo Fineblanking.

3.1. O que é fineblanking.

O *fineblanking*, ou corte fino, é um processo de corte que foi desenvolvido na Alemanha em 1923. Inicialmente foi utilizado no fabrico de componentes para a indústria relojoeira, onde existia a necessidade de obter peças de reduzida dimensão, evitando qualquer processo posterior de acabamento, isto devido à dificuldade de manuseamento.

Apoiado em resultados satisfatórios, rapidamente foi alvo de desenvolvimento e aplicado na produção de componentes, nas mais diversas áreas. A figura 1 mostra alguns exemplos de componentes produzidos com o processo *fineblanking*.



Figura 1: Peças estampadas por *fineblanking* [3].



3.2. Aplicações.

Atualmente, o processo *fineblanking* é utilizado em larga escala no fabrico de componentes de precisão para a indústria automóvel [2]. A figura 2 mostra vários componentes obtidos por este processo.



Figura 2: *Fineblanking* na indústria automóvel.

3.3. Características do processo *fineblanking*.

O processo *fineblanking* tem como características principais a qualidade no acabamento superficial do corte, alta conformabilidade geométrica e também boa precisão e repetibilidade dimensional, descartando a necessidade de operações posteriores de acabamento [1].

Neste processo, o corte é efetuado num único movimento, utiliza um serra-chapa para prender a matéria-prima e uma almofada inferior em contrapressão. Como resultado, a superfície cortada é normalmente isenta de falhas, isto devido à ausência de rotura do material durante o corte.

Este método é frequentemente utilizado para processar componentes em que a superfície cortada é elemento funcional. Não raras vezes, o *fineblanking* é utilizado na produção de componentes relacionados com a segurança automóvel. Este processo, quase livre de defeitos, permite em alguns casos, incrementar localmente a resistência, isto comparativamente com peças obtidas por outros processos. Além disso, tem boa precisão dimensional e acabamento, liso sem rotura, dado que o corte acontece em praticamente toda a espessura da chapa. No *fineblanking* o corte alcança entre 95 a 100% da espessura [1]. Para

que isso aconteça, a folga entre o punção e a matriz deve situar-se entre 0,5% e 1% da espessura da chapa.

No corte fino, além dos componentes da ferramenta necessários para a estampagem, é usado um ejedor ou contrapunção e um anel serra-chapas em V. O objetivo principal destes últimos componentes é gerar tensões de compressão, de modo a evitar o movimento horizontal do material (esboço).

No processo *fineblanking* são três as forças aplicadas: a força do anel em V (FR), a força contrária (FG) e a força de estampagem (FS). Estas são geradas pela força de estampagem da prensa no punção de corte (FS), força do anel em V, ou serra-chapas (FR) e a contra força, ou contrapunção (FG), onde FR e FG são aplicadas por sistemas hidráulicos. Em geral, este processo é realizado em prensas hidráulicas de tripla ação, nas quais os movimentos do punção, do anel em V e da matriz, são controlados individualmente.

As forças em *fineblanking* têm grande influência na qualidade alcançada nas peças, pois com a atuação de FR e FG, é garantido que a chapa fique presa e sofra o mínimo de deformação plástica no momento do corte e execução de FS (Figura 3). No início do processo, FR e FG são aplicadas, garantindo a firme fixação do material antes do início do corte. A força FS atua quando a prensa se desloca para baixo e conclui a operação de estampagem (Figura 3). Após um ciclo completo, a ferramenta é aberta e a peça bruta é empurrada para a extração [1].

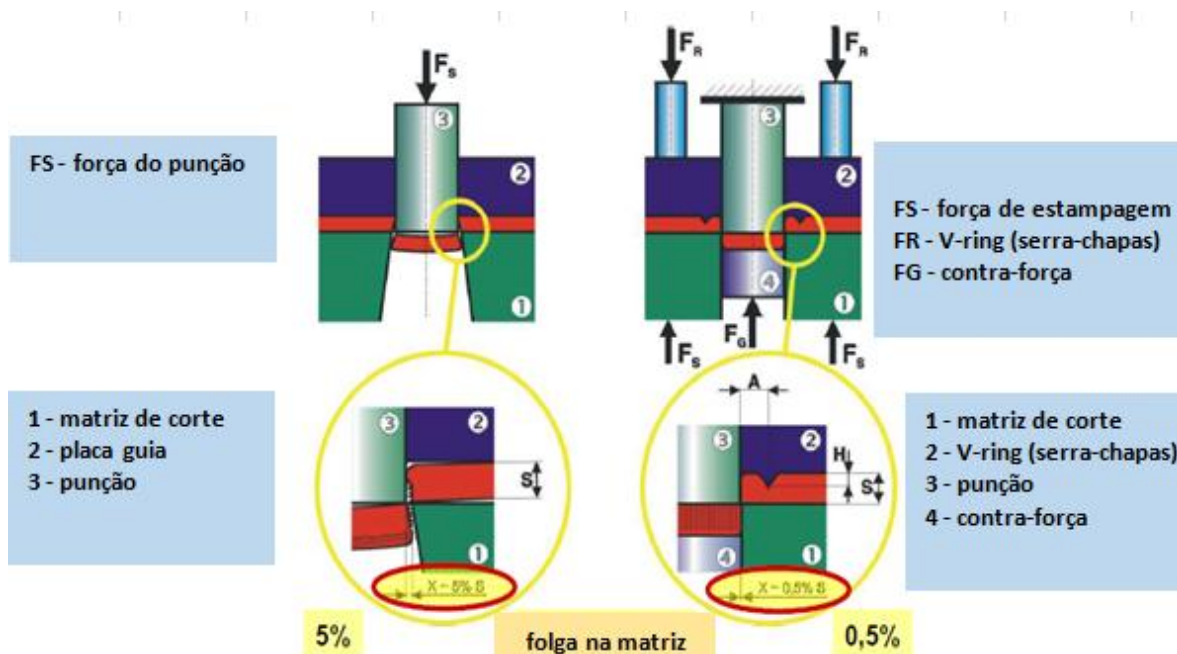


Figura 3: Representação das três forças no *fineblanking* [1].



3.4. Principais características da ferramenta.

Os principais elementos de uma ferramenta de estampagem são a matriz, a placa guia e o punção. A utilização de serra-chapas (V-ring) para fixação da chapa durante o corte é muitas vezes fundamental. São adicionados mordentes no serra-chapas para evitar o movimento da chapa (esboço). A posição (L) e a geometria do mordente tem relação direta com o acabamento da zona de corte, tamanho da rebarba e tamanho da borda de arredondamento (Figura 4) [4].

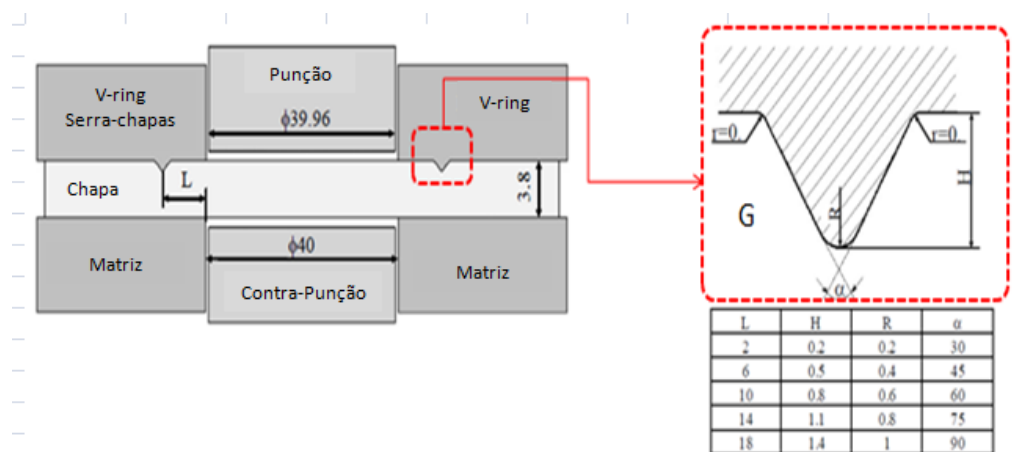


Figura 4: zona V-Ring do serra-chapas [4].

A qualidade do corte é influenciada pela geometria da ferramenta e pelas propriedades do material da peça. No caso da ferramenta, a folga entre o punção e a matriz determina a qualidade e a forma da aresta cortada. Aumentando a folga os bordos ficam mais ásperos e a zona deformada plasticamente aumenta, o que faz com que o material puxe e dobre.

3.5. Sequência de estampagem em fineblanking.

Antes do início do corte, a força FR pressiona o serra-chapas sobre a chapa fora da linha de corte. Dentro da linha de corte, o material é pressionado pela força (FG) através do ejeter para o punção de corte (contra-punção).

Na posição preso, o processo de estampagem é realizado pela força de corte (FS). Durante o processo de corte, o pistão do anel em V (FR) e o pistão da contra-força (FG) são deslocados até a conclusão do processo de estampagem.

Uma vez que o processo de corte é concluído, a força e contra-força são desativadas, a ferramenta abre e após uma certa abertura o refugo e os pedaços de forma interna são retirados, a peça em bruto é ejetada da matriz. O ciclo de alimentação da bobina de material ocorre durante o movimento de retorno, ou abertura da ferramenta (Figura 5) [3].

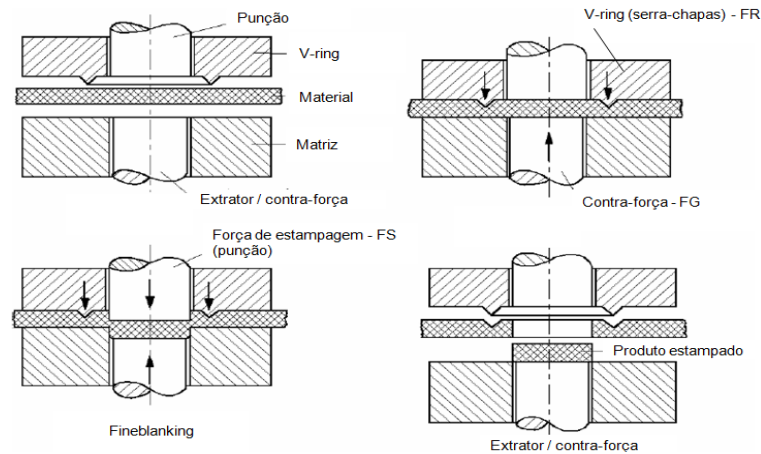


Figura 5: Sequência de estampagem fineblanking [3].

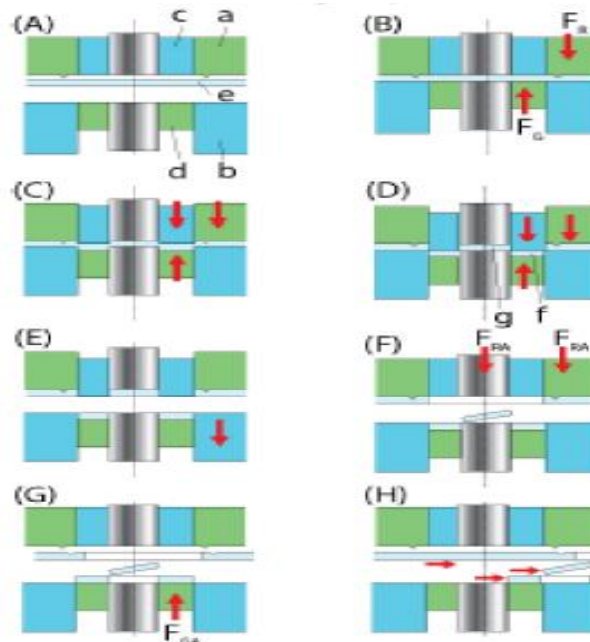


Figura 6: Ciclo funcional da estampagem *fineblanking* [1].

A figura 6 mostra as etapas do processo de corte, que são:

- Na etapa (A) a ferramenta abre e a chapa é posicionada;
- Em (B) o anel V-ring, FR e contrapunção FG são ativados para prender a chapa;
- Nas etapas (C) e (D) o punção avança FS e executa o corte da chapa;
- Na etapa (E) a pressão do sistema, FR e FG são liberadas e ocorre a abertura da ferramenta para a posição inicial;
- Nas etapas (F), (G) E (H) ocorre o avanço da chapa e a extração da peça conformada e do retalho.



3.6. Características do equipamento fineblanking.

Como anteriormente referido, o fineblanking é conseguido pela ação de três forças: a força de supressão, a força do anel em V e a força contrária. Em consequência, são requeridas prensas de tripla ação [3] (Figuras 7 e 8).



Figura 7: Prensa para estampagem *fineblanking* [3].

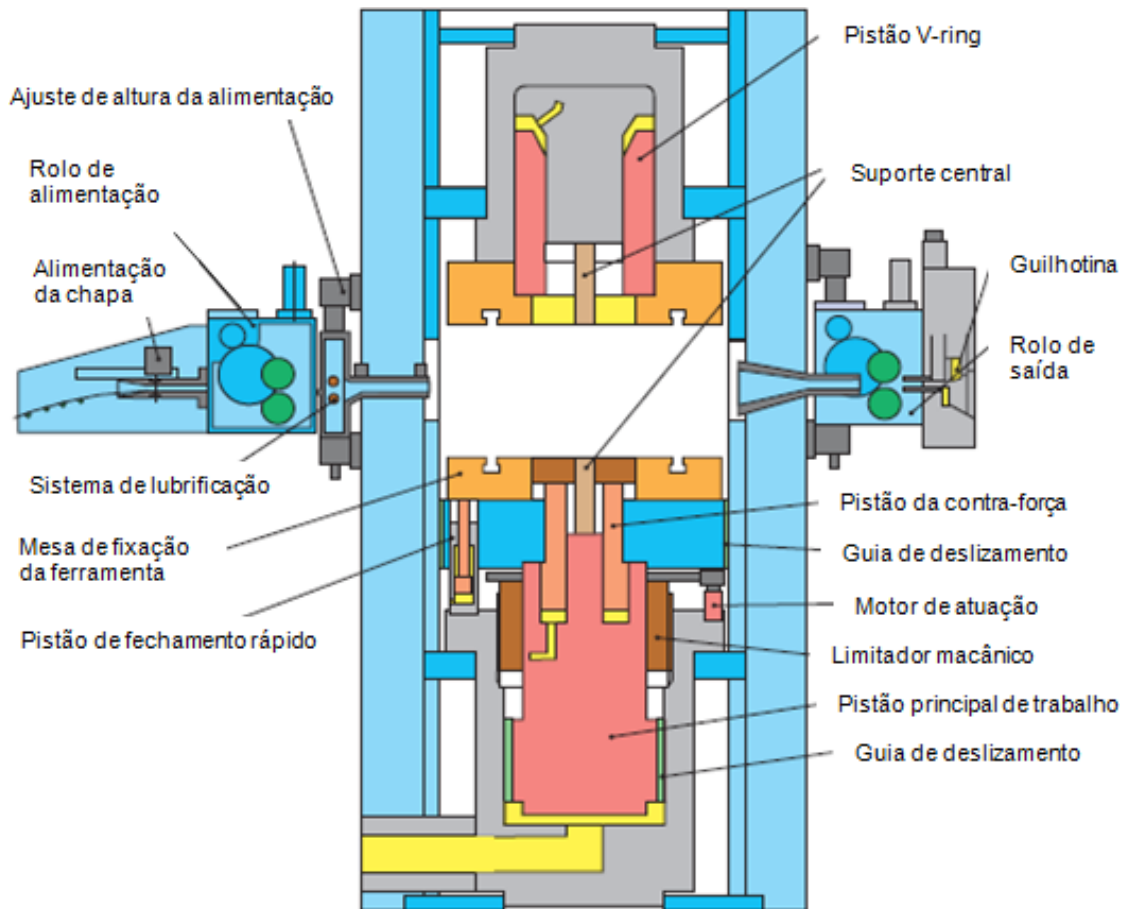


Figura 8: Layout de uma prensa *fineblanking* [3].

As máquinas requerem uma sequência de movimentos controlados, com um ponto morto superior preciso e baixas velocidades de estampagem. Além disso, a folga de guiamento da matriz e do punção não deve sofrer alteração, mesmo quando sujeitos a elevadas cadências de produção.

As prensas de corte fino são, portanto, obrigadas a possuir elevada precisão e outros requisitos, como por exemplo, calços deslizantes, alta rigidez da estrutura e paralelismo das superfícies de fixação da matriz. Os sistemas mecânicos e hidráulicos são usados para o acionamento deslizante principal e força do anel em V, a contra-força é aplicada por sistemas hidráulicos [3].

3.7. Comparativos entre corte convencional e *fineblanking*.

Entre o corte convencional e o *fineblanking*, facilmente são encontrados pontos de comparação. Deste modo, a tomada de decisão sobre o processo a utilizar deverá considerar o principal objetivo a atingir (Figura 9) [2].

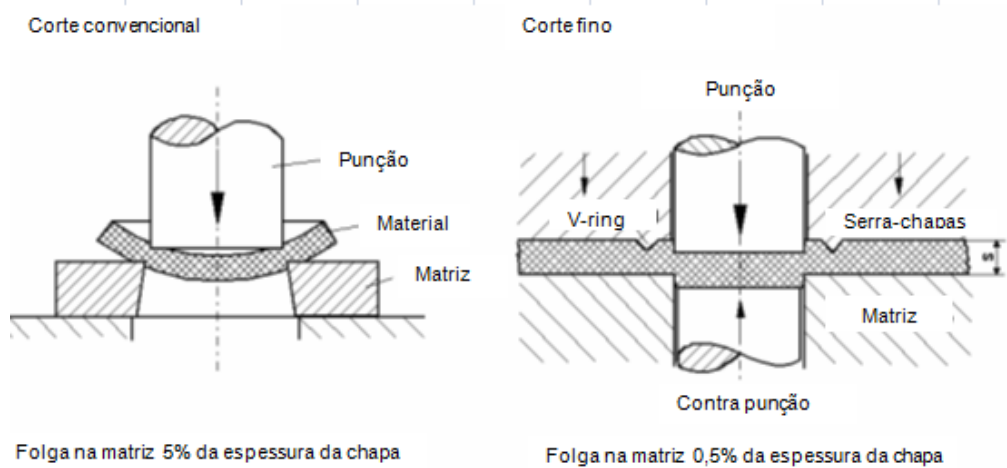


Figura 9: Comparação de cortes convencional e *fineblanking* [2].

No corte convencional a zona arredondada é maior e a de corte suave corresponde em média a menos de 30% da espessura. O restante corte ocorre por rotura da chapa e a rebarba é mais acentuada (Figura 10) [2].

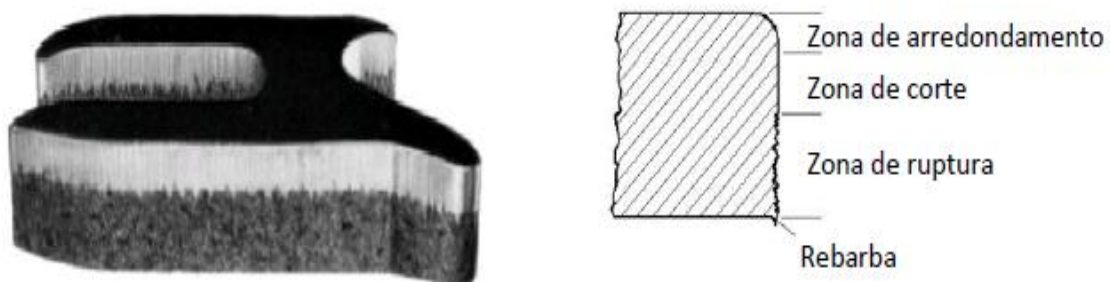


Figura 10: Face em corte convencional [2]

No corte fino, a zona de arredondamento é menor e, o corte suave corresponde entre 95 a 100% da espessura. Praticamente, não ocorre rotura da chapa e a rebarba é menos acentuada (Figura 11) [2].

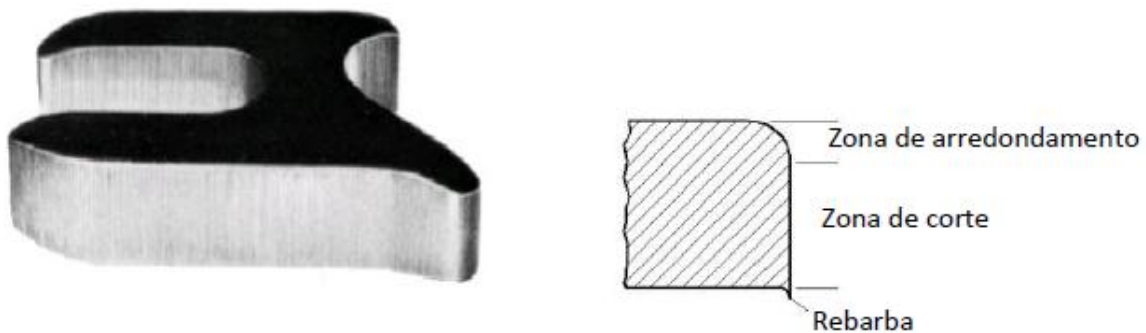


Figura 11: Face em corte *fineblanking* [2].



Em resumo, as vantagens específicas relacionadas com o *fineblanking* comparativamente ao corte convencional são:

- Superfícies cortadas lisas e livres de fraturas e rasgos, escapando à aplicação sem a necessidade de acabamento.
- Campo de aplicações estendido para processos de estampagem.
- Boas tolerâncias dimensionais.
- Dimensões consistentes ao longo de uma série completa de produção, ou seja, elevada repetibilidade.
- Permite produzir peças estampadas com espessuras relativamente grossas, com ótima precisão e acabamento.
- Nenhum choque, com consequente redução dos níveis de ruído e vibrações,
- Redução das etapas de produção no processamento de estampagem, combinado peças cortadas/conformadas.

Além das vantagens relacionadas com a qualidade do corte fino, o custo-benefício é também um fator decisivo a favor da aplicação deste processo.

A figura 12 mostra a sequência de produção de uma roda de transmissão por corrente para motocicleta utilizando estampagem convencional e corte fino.

Em estampagem convencional temos:

1. Estampagem do contorno externo;
2. Perfuração do furo central;
3. Perfuração de quatro janelas;
4. Nivelamento;
5. Girar o furo central e chanfrar ambos os lados;
6. Fresagem dos dentes da coroa;
7. Torneamento chanfrado das pontas dos dentes em ambos os lados;
8. Rebarbação (deburring);
9. Retificação.

Em corte fino golpe único temos:

1. Corte fino;
2. Biselamento das pontas dos dentes de um lado, o segundo lado já possui o chanfro de molde pelo processo de corte fino;
3. Rebarbação (deburring).

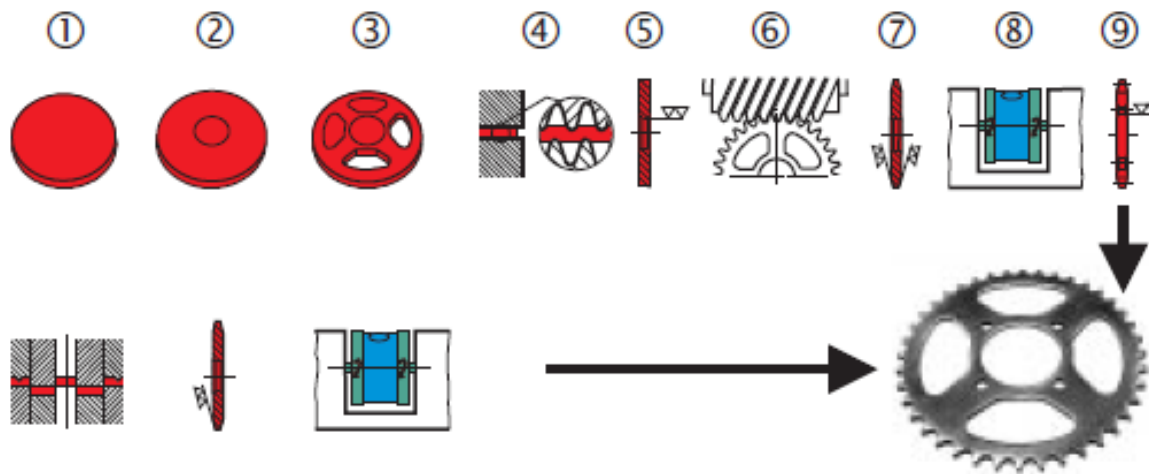


Figura 12: Comparativo entre processos de corte convencional e fineblanking [3].

O processo de corte fino com utilização de matrizes progressivas é realizado em apenas três estágios (Figura 13).

- Corte da zona para pinos/pilotos,
- Estampagem dos flancos do adendo (chanfre) e furação do furo central,
- Cortar a área dentada e chanfrar o furo central [3].

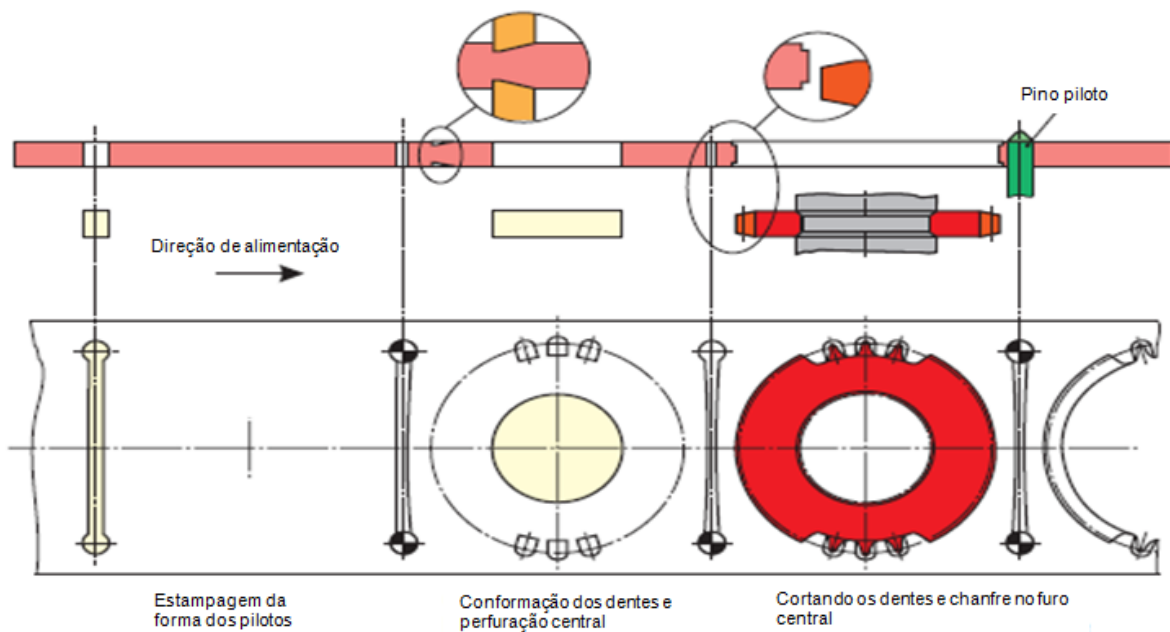


Figura 13: Processo *fineblanking* com ferramenta progressiva [3].

Este método pode levar a uma economia do custo de produção de cerca de 80%, isto em comparação com os métodos convencionais [3].

4. Processo implementado na Hitachi Abrantes.

4.1. Componente a estampar.

O processo de *fineblanking* foi implementado para a produção das almas dos travões de tambor. As figuras 14 e 15 mostram as almas para cravamento em jantes que formam a base para a guarnição do travão de tambor, como exemplificado na figura 16.



Figura 14: Alma estampada em *fineblanking* na Hitachi Abrantes.

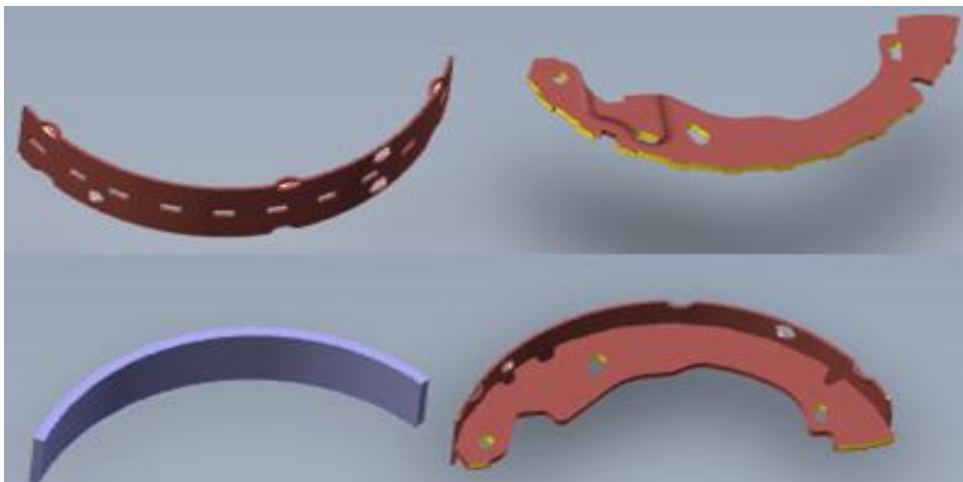


Figura 15: Imagens de almas, jantes, segmento cravado e guarnição.

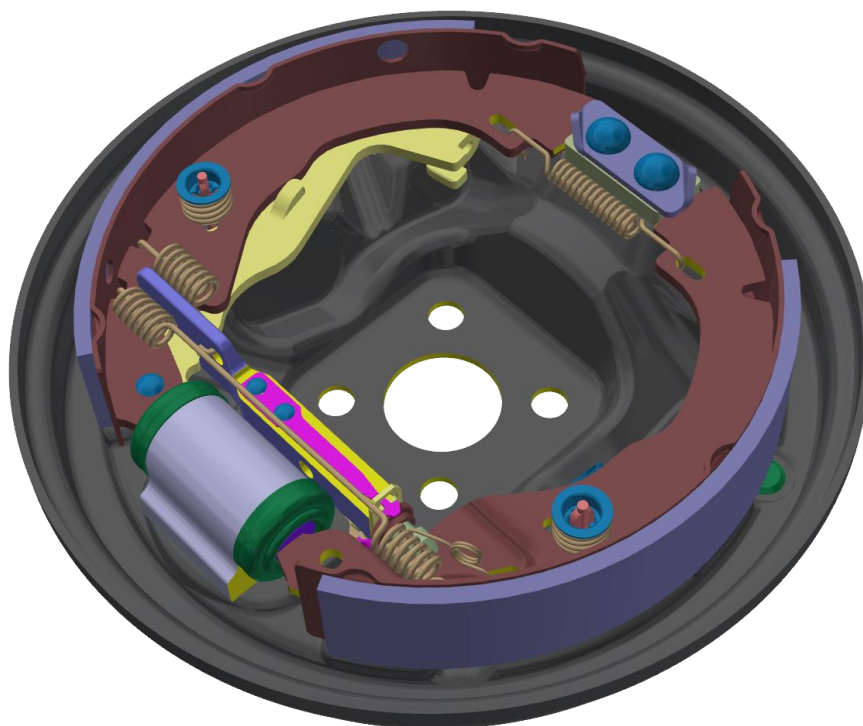


Figura 16: Imagem de um travão de tambor completo.

4.2. Ferramenta utilizada no processo.

A ferramenta foi desenvolvida para cortar apenas uma peça por golpe. Neste processo em específico, a ferramenta faz o corte invertido, ou seja, a extração do produto é feita na parte superior da ferramenta (Figuras 17, 18 e 19).

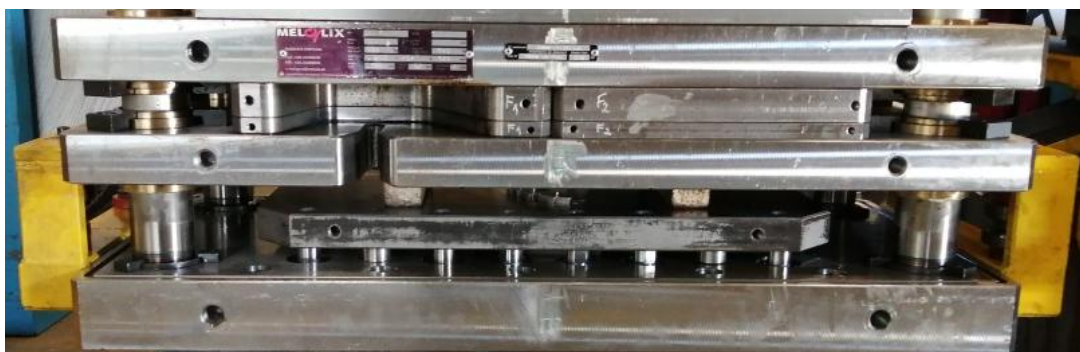


Figura 17: Ferramenta para corte em *fineblanking*.

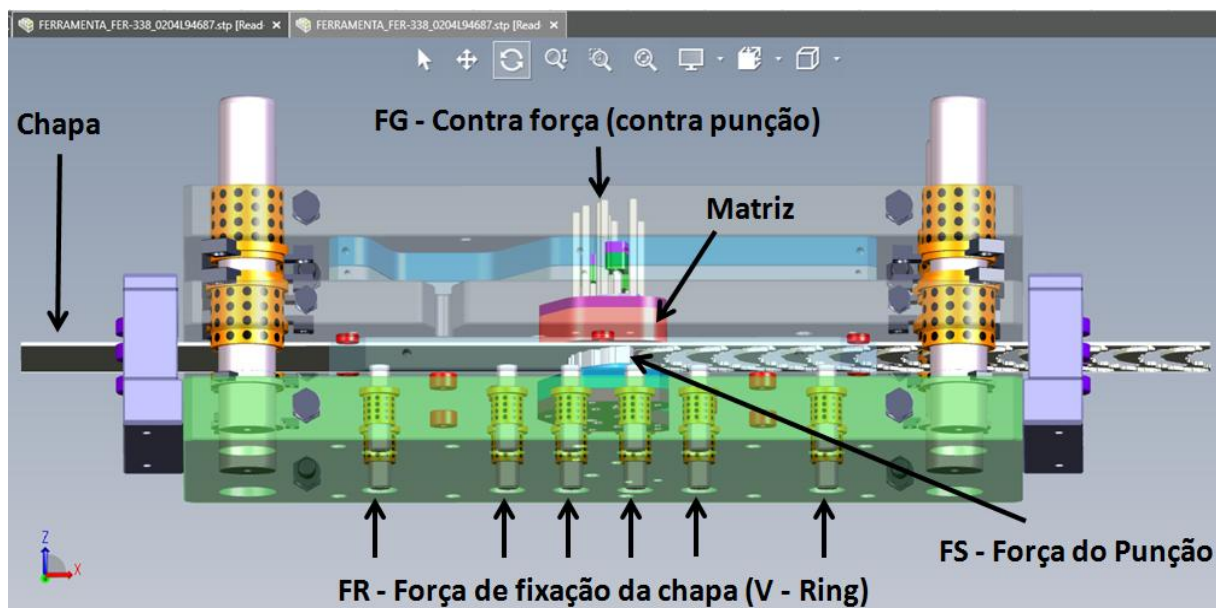


Figura 18: Imagem da ferramenta *fineblanking* em corte com indicação das três forças.

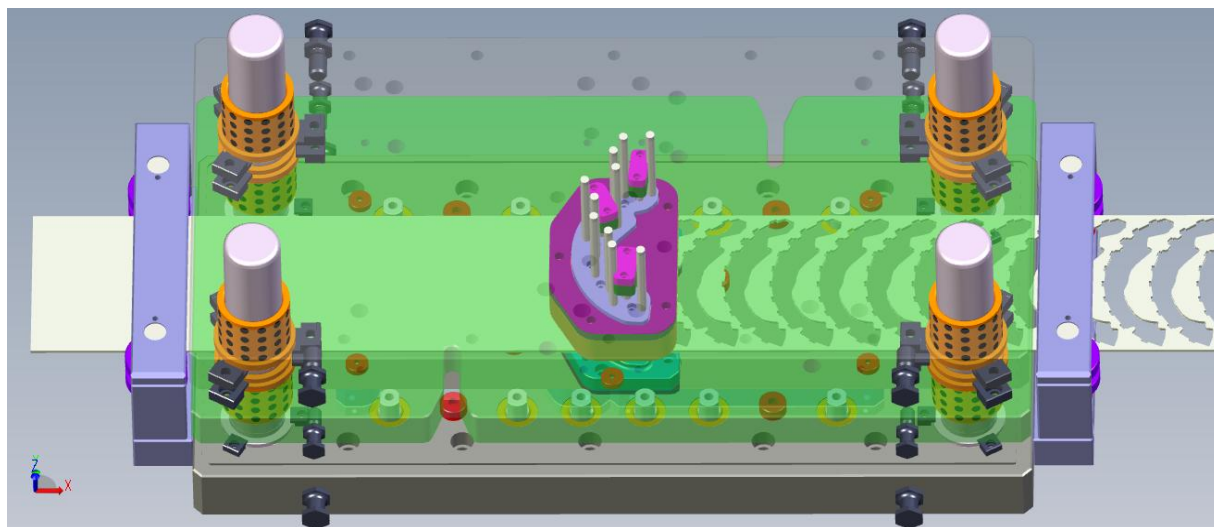


Figura 19: Imagem da ferramenta *fineblanking* em corte.



4.3. Equipamento utilizado no processo.

O equipamento foi desenvolvido especificamente para este processo "híbrido", onde podemos executar a estampagem com ferramentas de conceito *fineblanking* e de estampagem convencional (Figura 20).



Figura 20: Prensa hidráulica ME PH315-M - Processo Hitachi Abrantes.

Para tornar possível a realização dos dois processos de estampagem, foi adaptada uma prensa hidráulica convencional, tendo sido incluídos equipamentos adicionais, nomeadamente, uma unidade hidráulica para efetuar as duas forças necessárias no processo fineblanking (forças FR e FG), almofadas hidráulicas, electroválvulas, autómatos, etc. Notar que a terceira força FS é executada pelo movimento da parte superior da prensa (Figura, 21, 22 e 23).



Figura 21: Unidade hidráulica adicional.

O sistema hidráulico adicional, mostrado na figura 21, está acoplado a duas almofadas hidráulicas, superior e inferior, que estão fixas à ferramenta de corte fino (Figura 22). Ou seja, juntamente com a força exercida pela prensa, com o sistema hidráulico adicional ligado à ferramenta através das almofadas, conseguimos obter as três forças necessárias para o processo *fineblanking*.

O sistema hidráulico está interligado com o autómato do equipamento, que por sua vez, executa a comunicação com as almofadas através de sensores e electroválvulas (Figura 23).

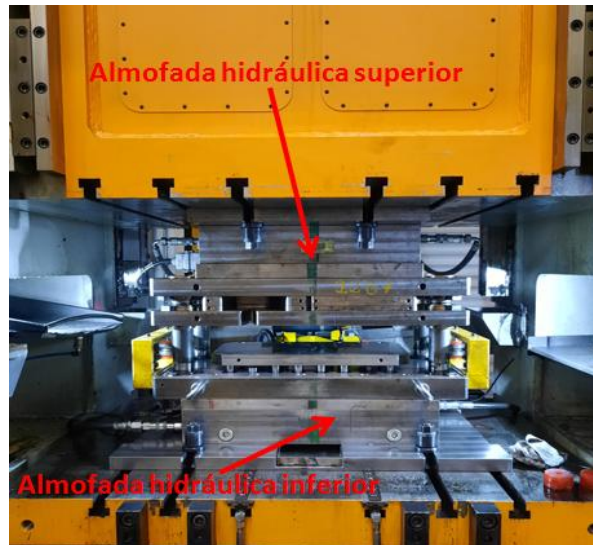


Figura 22: Almofadas hidráulicas.



Figura 23: Imagem do autômato em condição de trabalho.

Como é mostrado na figura 23, o autômato está programado para a execução das tarefas em condição *fineblanking* como em corte convencional. Na condição *fineblanking* está ligado com as almofadas hidráulicas.

A figura 23 mostra o momento exato do corte fino e início da subida da prensa. Neste caso, o componente a ser estampado requer para os diferentes parâmetros os seguintes valores:



Para compressão de corte:

FS no automático cilindro principal - 160 Bar

FG no automático calçador/extrator - 90 Bar

FR no automático serra-chapas - 90 Bar

Para a descompressão:

FS no automático cilindro principal - 0 Bar

FG no automático calçador/extrator - 90 Bar

FR no automático serra-chapas - 110 Bar

4.4. Desenvolvimento do processo fineblanking Hitachi.

A necessidade do desenvolvimento deste processo de corte fino na unidade da Hitachi em Abrantes Portugal surgiu por uma questão estratégica da empresa, num âmbito da melhoria do processo, nomeadamente, em termos de custo, desempenho e qualidade. Além disso, pesou também a dificuldade em encontrar no mercado português fornecedores de peças produzidas por *fineblanking*.

Com os processos existentes na empresa, para a obtenção do produto final semiacabado "segmento", são produzidas as almas em estampagem convencional, que são depois soldadas às jantes. Posteriormente, são conformadas com uma estampagem de calibração e, por fim, são novamente submetidas a uma estampagem para furação, corte das zonas de contacto com a montagem de acessórios no prato do travão e posicionamento do raio. Resumindo, da estampagem das almas até ao posicionamento do raio, o produto passa por quatro equipamentos. No processo desenvolvido, a produção do componente depende apenas de dois equipamentos (Figuras 24 e 25). Daqui resulta um processo mais expedito, com menor custo e de superior qualidade.

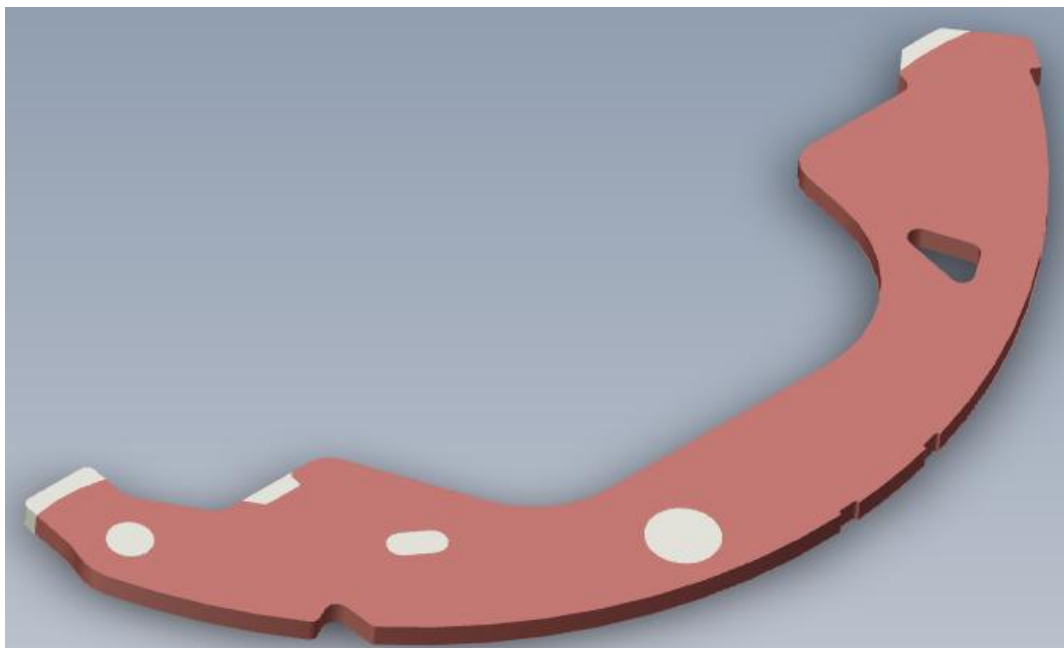


Figura 24: Imagem de alma cortada em processo convencional.

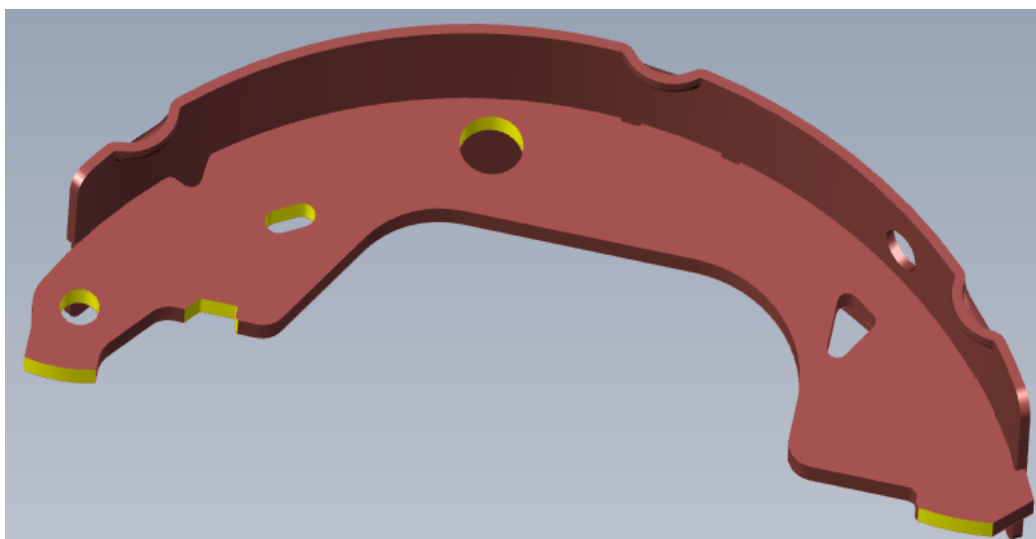


Figura 25: Imagem de um segmento estampado após soldadura e calibração.

4.5. Produzindo em fineblanking.

Conjuntamente com o arranque da produção utilizando *fineblanking*, foram desenvolvidos meios e métodos internos de modo a garantir um processo estável e robusto. Efectivamente, junto com o início da produção, surgiu um processo de aprendizagem que levou à aquisição de qualificações e conhecimentos fundamentais para a sua estabilização.



4.6. Problemas constatados durante o processo fineblanking.

Nos primeiros lotes de produção encontramos algumas dificuldades, que dificultaram a estabilização do processo. Contudo, com o trabalho e a dedicação do dia-a-dia, foi possível ultrapassar essas dificuldades e assim atingir a ansiada estabilidade.

Por se tratar de um processo que exige fraca folga entre o punção e a matriz, qualquer variação desta pode causar sérios danos na ferramenta e grandes complicações na produção (Figuras 26, 27, 28 e 29). Alguns exemplos disso são:

- Punção partido
- Matriz partida
- Dificuldade na extração da peça
- Dificuldade na alimentação da chapa (banda presa)
- Peças com falhas na face cortada
- Imperfeição na zona de corte do produto



Figura 26: Matriz partida.



Figura 27: Punção partido.



Figura 28: Alma fineblanking com falhas na face cortada.



Figura 29: Peças com defeitos de falhas na extração e falhas na alimentação da banda.

4.7. Melhorias no processo fineblanking.

As melhorias realizadas neste processo resultaram do detalhado estudo dos problemas encontrados na estampagem do produto. Com isto, a sua implementação permitiu estabilizar o citado processo. Os principais temas abordados neste processo de melhoria foram:

- Análise do material e do tratamento térmico dos punções e matrizes
- Polimento na zona de corte a fio dos punções e matrizes
- Sistema de lubrificação da chapa durante a estampagem
- Guiamento da chapa e deteção de posição na ferramenta
- Quebra da zona de corte na matriz



De todos esses pontos destacamos dois que possuem extrema importância:

- **Material e tratamento térmico dos punções e matrizes.**
- **Quebra da zona de corte na matriz**

O material utilizado foi o indicado pelo fabricante da ferramenta original, K340. Inicialmente, não houve alteração por se tratar do material indicado adequado para este processo. Todavia, após realizar alguns ensaios, detetamos que a dureza especificada pelo fabricante da ferramenta não era a mais adequada (60 - 62 HRC). Durante os testes foi concluído que o melhor desempenho acontecia após baixar a dureza para 58 a 60 HRC, através de tratamento térmico (Figura 30).

Por outro lado, a quebra das zonas de corte na matriz representa um importante desenvolvimento no processo de corte fino, isto no que respeita ao acabamento do produto. Esta quebra consiste basicamente na inserção manual de um raio entre 0,20 e 0,40 mm em toda a zona de corte da matriz, ou nas zonas indicadas no desenho do produto. Ao contrário das matrizes de corte convencional, que quanto mais afiada a ferramenta melhor o corte do produto, em *fineblanking* o resultado obtido melhora com a quebra da aresta de corte que define a zona plana no corte do produto (Figuras 31, 32 e 33).

Neste processo "híbrido" mesmo estando a trabalhar com a folga especificada com as três forças atuantes para *fineblanking*, a planeza da face cortada depende do raio da matriz. Somente em condições ótimas deste parâmetro é conseguido atingir um corte com face plana de 95 a 100% da espessura.



Figura 30: Punção de corte com correção do tratamento e polimento nas laterais.



Figura 31: Foto da face cortada após a quebra das zonas de corte na matriz.



Figura 32: Foto da matriz com raio na zona de corte.



Figura 33: Fotos comparativas de almas cortadas por *fineblanking* antes e depois do raio na zona de corte da matriz.



5. Conclusão.

A realização desta dissertação de mestrado permitiu concluir que o processo de corte fino é um assunto promissor, dada variedade de componentes que podem ser produzidos. Em especial, peças de grande espessura que requerem uma face de corte perfeita, evitando processos adicionais para suprir as especificações do produto.

Este processo representa atualmente uma alternativa para as empresas que necessitam reduzir os custos e otimizar os processos de fabrico, no domínio da estampagem e conformação dos metais. Neste contexto, os conhecimentos sobre o processo de *fineblanking* representam uma mais-valia para quem está inserido nesse sector.



6. Referências bibliográficas.

[1] - **Kaya, S.: Blank developments – part I**, disponível em: [https://www.thefabricator.com / article / stamping / blanking- blanking-developments---part-i](https://www.thefabricator.com/article/stamping/blanking-blanking-developments---part-i) (em: 08/06/2020 as 22:50 horas).

[2] - **Klocke, F.: Blanking and fine blanking: Simulation techniques in manufacturing technology**, Fraunhofer Institute of technology, Aachen University, Aachen, Alemanha; 2014.

[3] - **Metal forming handbook** / Schuler. – Berlin ; Heidelberg ; New York ; Barcelona ; Budapest ; Hong Kong ; London ; Milan ; Paris ; Santa Clara ; Singapore ; Tokyo : Springer, 1998.

[4] - **Eliasi, M.: An Investigation on the Parametric Analysis of V-ring Indenter Mechanism in Fine-blanking Process** , International Journal of Mechanics and Applications, 2013.