

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO DE FERRAMENTA DE ESTAMPAGEM DE CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS
DE TRAÇÃO EM ALUMÍNIO CORRUGADO

por

Tiago Trevisan Ortigara

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, julho de 2019.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE FERRAMENTA DE ESTAMPAGEM DE CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS
DE TRAÇÃO EM ALUMÍNIO CORRUGADO

por

Tiago Trevisan Ortigara

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Profa. Dr. Mario Roland Sobczyk Sobrinho
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Darci Barnech Campani

Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco

Prof. Dr. Patric Daniel Neis

Porto Alegre, 8 de julho de 2019.

AGRADECIMENTOS

À família, que mesmo a longa distância, me apoiou incondicionalmente para tornar a graduação possível.

Ao professor Joyson Luiz Pacheco pelas orientações acadêmicas e profissionais, não somente durante a idealização do trabalho, mas ao longo de todo o curso.

Aos colegas da Engenharia Mecânica pelo companheirismo durante todos os anos de graduação na UFRGS.

À DANA Indústrias pelo aprendizado obtido durante os últimos dois anos e principalmente pela oportunidade de crescimento profissional.

ORTIGARA, T. T. **Projeto de ferramenta de estampagem de corpos de prova para ensaios de tração em alumínio corrugado**. 2019. 25 fls. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é propor um projeto conceitual de uma ferramenta de estampo de corte para a obtenção de corpos de prova normatizados para ensaios de tração. Em virtude da ocorrência de falhas durante a fabricação de defletores de calor automotivos pelo processo de embutimento, foi detectada a necessidade de investigação de propriedades mecânicas e parâmetros de um pré-processamento - o corrugamento - das chapas que compõem esses componentes. Um método para avaliar as propriedades de uma chapa é através de ensaios de tração e de anisotropia. A ASTM determina, através de normas, como esses ensaios devem ser realizados, desde a fabricação dos corpos de prova até a execução dos testes. Uma solução prática e eficaz para a fabricação desses elementos é pelo processo de estampagem, mais especificamente, por corte por cisalhamento. Levando em conta o problema e a solução propostos, as exigências normativas e a bibliografia existente sobre projeto de estampos, propõe-se um conceito de ferramenta que seja funcional, segura, prática e durável.

PALAVRAS-CHAVE: alumínio, corrugado, ferramenta, estampagem.

ORTIGARA, T. T. **Fine blanking tool design for corrugated aluminum tensile tests specimens.** 2019. 25 fls. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

ABSTRACT

The present work has the aim to propose a conceptual project of a fine blanking tool to obtain standardized specimens for tensile tests. Due to the occurrence of failure during automotive heat shields manufacturing by deep drawing process, it has been detected the need to investigate the mechanical properties and pre-processing parameters – corrugated - of the sheets that compose these components. A methodology to evaluate the mechanical properties of a metal sheet is to apply tensile and anisotropy tests. ASTM standard defines how this tests shall be performed, from getting the specimens until the execution of tests. A practical and effective solution to fabricate these specimens elements is by the stamping process, most specifically, fine blanking. Bringing into account the problem and the solution proposed, the standards requirements and the existing bibliography about stamping tool design, it is proposed a concept of tool which shall be useful, safe, practical and lasting.

KEYWORDS: corrugated, aluminum, stamping, tool.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1	Defletores de calor automotivos	2
3.1.1	Alumínio corrugado.....	3
3.2	Estampagem de chapas metálicas.....	4
3.3	Estampabilidade e ensaios de tração.....	6
4	PROJETO INFORMACIONAL	6
4.1	Detalhamento e análise do problema.....	6
4.2	Atributos desejáveis.....	7
4.3	Exigências legais e normativas de projeto.....	7
4.4	Análise de viabilidade preliminar.....	8
5	PROJETO CONCEITUAL.....	8
5.1	Dimensionamento preliminar.....	8
5.2	Geração de conceitos.....	9
5.3	Seleção do conceito.....	9
5.4	Detalhamento do conceito.....	10
5.4.1	Conjunto matriz e punção.....	10
5.4.2	Conjunto de bases superior e inferior.....	12
5.4.3	Memorial de cálculo para o dimensionamento.....	12
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
7	CONCLUSÕES.....	13
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
	Apêndice I	15
	Apêndice II	16
	Apêndice III	17
	Anexo I	18
	Anexo II	18
	Anexo III	19
	Anexo IV	19

1. INTRODUÇÃO

A alta competitividade da indústria automobilística trouxe grandes avanços tecnológicos para o setor. Tais evoluções são caracterizadas não somente pelo desenvolvimento de novos produtos e aplicação de novos materiais, mas também pelo aprimoramento das técnicas de fabricação empregadas. As tendências evolutivas ao longo das últimas décadas foram motivadas pela necessidade de aumento da eficiência dos veículos através de uma redução de seu peso. Além disso, aspectos ambientais como controle de emissões e busca por materiais recicláveis tornaram-se mais relevantes no projeto de automóveis. Aliado a isso, fatores relacionados ao conforto dos usuários, como redução dos níveis de ruído, colaboraram para desenvolvimento de novos componentes. É o caso dos defletores termoacústicos.

Poziomyck, 2009, descreve os defletores de calor - ou defletores termoacústicos - como componentes automotivos cuja principal função é evitar a propagação do calor e de ruídos gerados pela combustão no motor. Seu desempenho térmico é fundamental para a integridade dos componentes sensíveis ao calor que são montados nas proximidades do próprio motor e do seu sistema de exaustão, como mangueiras, tubos, tanque, estepe e componentes eletrônicos. Além disso, exercem a função adicional de reduzir os níveis de ruído gerados pelo motor. Essa característica está associada ao conforto acústico dos usuários do automóvel. Por esses motivos, tais produtos se tornaram componentes indispensáveis em veículos movidos por motor de combustão interna.

O processo de estampagem de chapas está amplamente presente na indústria automotiva. Caracterizadas pela ductilidade e facilidade de conformação, as chapas compõem grande parte dos automóveis, desde a carroceria até componentes com função não estrutural. O estado da técnica atual para a fabricação de defletores de calor remete justamente ao processo de estampagem.

Rossi, 1979, define a estampagem como uma série de operações as quais se submete uma chapa plana com o intuito de se obter uma peça de geometria determinada. Algumas características dos defletores automotivos justificam a escolha por esse processo produtivo. A matéria-prima é majoritariamente um metal laminado com espessura pequena em relação às demais dimensões; uma chapa. Além disso, a geometria pode ser complexa, caracterizada por um corpo oco de parede fina e muitas vezes assimétrico. Ainda segundo Rossi, 1979, as operações fundamentais de estampagem de chapas metálicas são corte, dobra e embutimento. A obtenção das geometrias dos defletores torna-se possível através da aplicação de várias combinações dessas operações. Alguns defletores ainda necessitam de um pré-processamento da chapa antes de serem estampados: o corrugamento.

Segundo Souza, 1982, as propriedades mecânicas das chapas metálicas podem ser avaliadas através de ensaios mecânicos. A importância de se executar ensaios em materiais com aplicação em produtos estampados está relacionada a obter as propriedades do material e estimar o comportamento mecânico da liga durante as etapas de sua fabricação.

Simulações numéricas permitem prever o comportamento de determinados materiais sob os esforços de estampagem. Porém, ainda é difícil de se modelar a geometria inicial complexa de uma chapa corrugada. É intuitivo que o processo de corrugamento exerce uma deformação plástica no material, aumentando a sua rigidez. Essa condição imposta pelo processo pode influenciar na capacidade da chapa de adaptar-se às etapas posteriores de estampagem durante a fabricação de um defletor automotivo. Em outras palavras, tem efeito direto na sua estampabilidade. Os ensaios mecânicos podem ser realizados, então, para investigar são somente as propriedades da chapa, mas também os seus estados de tensão e deformação iniciais. A partir dos resultados obtidos, pode-se alterar parâmetros de processamento a fim de se evitar imperfeições, como trincas ou rugas nos produtos finais.

A grande questão deste trabalho é possibilitar a fabricação de corpos de prova para ensaios de tração em um material corrugado. Os mais simples e eficazes equipamentos para a fabricação de peças oriundas de chapas metálicas, com determinada qualidade dimensional, são as ferramentas de estampo.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é propor um pré-projeto de uma ferramenta para a fabricação de corpos de prova para ensaios de tração conforme normas ASTM. Os materiais a serem ensaiados são ligas de alumínio com diferentes espessuras, já corrugados e utilizados na fabricação de defletores de calor automotivos. O propósito deste trabalho, é então, a de possibilitar a confecção de corpos de prova para ensaiar e obter as propriedades mecânicas de um material já processado (corrugado).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Defletores de calor automotivos

Os defletores automotivos são geralmente classificados de acordo com a sua aplicação e a sua forma construtiva, e ambas as características estão relacionadas entre si. Para compreender a sua necessidade é preciso ter uma noção geral do sistema de exaustão dos automóveis.

Durante o seu funcionamento, os motores dos veículos geram calor e ruídos provenientes da combustão dentro das câmaras. Boa parte desse calor é absorvido pelo sistema de arrefecimento e pelo próprio bloco do motor. Outra grande parcela de calor gerada é expelida junto com os gases de exaustão através do sistema de escapamento do veículo. A função dos principais tipos de defletores é de proteger termicamente qualquer componente montado nas adjacências do sistema exaustão, que vai desde o coletor nas proximidades do motor até os dutos de escapamento na traseira do veículo.

Os mais comuns tipos de defletores de calor automotivos são os do coletor do escape e os dos dutos de escapamento. O primeiro é geralmente montado sobre o próprio coletor de escape para proteger as proximidades do calor bem como para atenuar os níveis de ruído gerados pela combustão. O segundo é montado na parte inferior do automóvel. Por esse motivo, são chamados de defletores *Underbody* e sua função é de dissipar o calor do cano de escapamento e preservar a integridade de elementos localizados na traseira do veículo, como tanque de combustível e alojamento do estepe. A figura 3.1 apresenta os dois principais tipos de defletores quanto à sua aplicação.



Figura 3.1 – Defletores de calor automotivos: produzido de chapa lisa (E) e outro de chapa corrugada (D) [DANA Shielding Systems].

Diferentes materiais podem ser empregados nas formas construtivas dos defletores de calor. Necessariamente esses componentes são constituídos por uma ou mais chapas metálicas. Sabe-se que os metais possuem boas características que os permitem assumir formas distintas, como maleabilidade e ductilidade. A função de escudo térmico dos defletores justifica também a escolha por materiais metálicos. A aplicação do defletor também é fundamental para a compreensão da sua forma de construção, uma vez que a partir dela são determinadas as condições de operação da peça, como a capacidade de isolamento necessária, frequência de vibração em operação e durabilidade.

Os defletores montados nas proximidades do motor operam em condições mais extremas de temperatura em relação aos defletores de assoalho. Por esse motivo, são

geralmente compostos por duas camadas metálicas envolvendo um material com propriedades de isolamento térmico e acústico, como fibras cerâmicas por exemplo. Além do fator térmico ser mais crítico, a posição desse tipo de escudo exige que este tenha uma frequência natural elevada para absorver as vibrações do motor sem colapsar. Por esse motivo, as camadas externas são geralmente de aços laminados.

Em contrapartida, os defletores *Underbody* não operam em condições tão severas de temperatura ou vibração. Podem ser menos rígidos e, por isso, são geralmente compostos por uma camada única e fina de alumínio. A escolha desse material é relacionada pela sua alta resistência à corrosão e baixa densidade. O diferencial desse tipo de componente, no que tange o seu processo produtivo, é o seu processamento inicial; o corrugamento.

3.1.1. Alumínio corrugado

O processo de corrugamento de chapas metálicas permite a obtenção de formas estampadas complexas que seriam impossíveis de se obter a partir de uma chapa "lisa" feita de mesmo material. A grande vantagem deste pré-processamento é a rigidez que ele impõe ao material através da deformação plástica da chapa lisa em um perfil determinado. A aplicação de alumínio corrugado nos defletores de calor automotivos é justificada, também, pela boa capacidade de controlar transferências de calor por condução e radiação. Isso porque as ligas de alumínio apresentam altas condutividade e reflexividade térmica e baixa emissividade. Além disso, o relevo obtido pelo corrugamento ajuda na dissipação de calor do sistema de exaustão por radiação. A figura 3.2 apresenta um detalhe de uma chapa de uma liga de alumínio depois de passar por um processo de corrugamento.



Figura 3.2 – Detalhe de uma chapa de alumínio com um determinado perfil de corrugamento.

Os perfis de corrugamentos são obtidos por máquinas especiais fabricadas exclusivamente para esse propósito. Estas são compostas, basicamente, por dois cilindros cujas superfícies contêm a forma do perfil a ser obtido. Em outras palavras, são matrizes cilíndricas que aplicam uma deformação em uma chapa lisa, com o objetivo de torná-la mais rígida para operações posteriores de estampagem.

Dependendo do perfil desejado, alguns parâmetros geométricos das corrugadoras podem ser ajustados, como distância entre eixos dos cilindros e rotação dos mesmos. Esses parâmetros são ajustados por métodos de tentativa e erro, analisando-se o perfil após o processamento da chapa. Por exemplo, a altura máxima do corrugado desejado pode ser medida em uma porção de material recém processada através de instrumentos de medição de precisão (micrômetros de prato, por exemplo). Se o valor medido estiver fora de padrões pré-estabelecidos, pode-se ajustar a distância entre os eixos dos cilindros a fim de corrigi-lo. Porém, ao realizar esse ajuste, uma defasagem entre os picos e vales das matrizes pode ocasionar em um perfil fora de especificações, além de impor uma rigidez demasiada e indesejada no material. Essa condição não pode ser facilmente mensurada, sendo apenas detectada por imperfeições nas operações subseqüentes, as quais a chapa corrugada é submetida. Por questões econômicas, como geração de sucata e desperdício de tempo operacional, esses problemas de ajuste devem ser evitados. Portanto, é necessário que sejam

elaborados procedimentos para avaliação do processo e seus parâmetros, bem como para a detecção de falhas imediatamente após a operação e não nos produtos finais. Na figura 3.3 pode-se observar um modelo de uma matriz cilíndrica de uma máquina corrugadora, com um detalhe para os picos e vales que geram o perfil do corrugado.

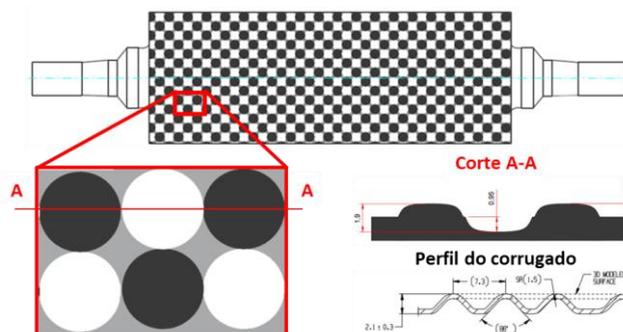


Figura 3.3 – Detalhe das matrizes cilíndricas de uma corrugadora e um determinado perfil de corrugado, conforme especificações de produto de um defletor de calor.

3.2. Estampagem de chapas metálicas

Conforme Blass, 1985, o processo de estampagem compreende todas as operações executadas pela ação de um punção sobre uma chapa contra uma matriz, com o intuito de dar forma ou cortar uma porção dessa chapa. Schaeffer, 2004, classifica os processos de estampagem de chapas em dois principais grupos:

- Processos de conformação: processos que alteram a geometria da chapa sem ocorrer separação de material, como dobra e embutimento;
- Processos de separação: processos que separam uma região de material da chapa, como corte por cisalhamento.

Segundo Rossi, 1979, a operação de embutimento consiste na transformação de uma chapa plana em um corpo oco, em uma ou mais etapas, sem que haja alteração considerável na espessura da chapa. Para tal, a chapa é pressionada por um punção de tal maneira que assuma a forma da matriz. De maneira análoga, porém mais simples, ocorre a operação de dobra, pela qual uma porção de uma chapa metálica é deformada em um ângulo determinado. Os fenômenos físicos que envolvem os processos de dobra e embutimento não serão detalhados no presente trabalho. A importância de apresentá-los aqui está relacionada ao fato de que os defletores de calor sofrem ambos processos durante alguma etapa de sua manufatura. A figura 3.4 apresenta de maneira simplificada os mecanismos que envolvem os processos de embutimento e de dobra de chapas.

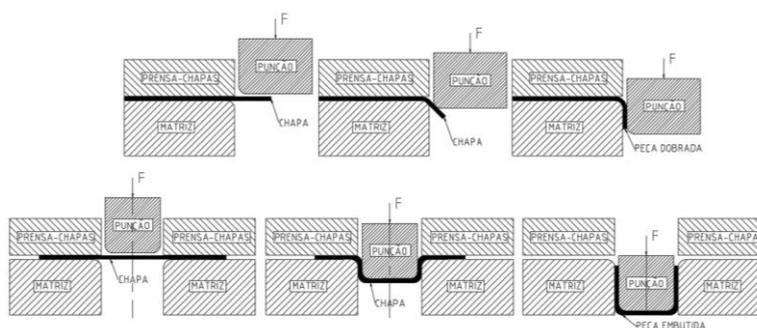


Figura 3.4 – Esquematização simplificada dos processos de dobra (superior) e embutimento (inferior) em 3 etapas.

Em relação ao processo de corte por cisalhamento, faz-se necessária um esclarecimento mais elaborado, uma vez que o objetivo do trabalho é propor o projeto de um ferramental que execute exatamente essa operação. A maneira como ocorre o corte de uma região de material de uma chapa por cisalhamento pode ser compreendida analisando-se de forma sequencial a figura 3.5. Schaeffer, 2004, ainda detalha todo o processo em 3 etapas principais:

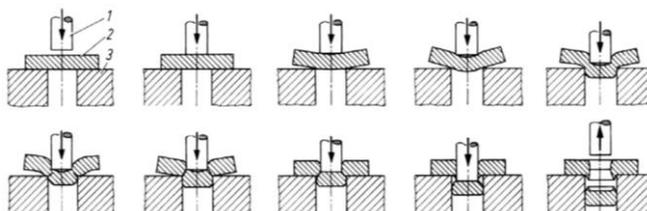


Figura 3.5 - Esquemática sequencial do corte por cisalhamento em 10 etapas e componentes básicos do mecanismo: 1-punção; 2-chapa e 3-matriz [Blass, 1985].

1. Conforme o punção atua sobre a chapa, ocorre inicialmente uma deformação elástica. Devido à folga entre punção e matriz, as extremidades da chapa tendem a empenar. Ao avançar o punção a uma altura de 5 a 10% da espessura dessa chapa, ocorre rapidamente uma deformação plástica na mesma.
2. Em seguida, o material a ser cortado escoar em virtude do esforço do punção sobre a chapa e desta sobre a matriz, formando as zonas de arredondamento e de cisalhamento. Nessa etapa, o principal modo de deformação é o cisalhamento ao longo de um plano perpendicular ao da chapa e coincidente com o plano determinado pelo punção e pela matriz. Devido encruamento do material, a zona de arredondamento também cresce.
3. Assim que a capacidade de deformação do material da chapa se esgota, uma trinca surge na direção da máxima tensão cisalhante, levando à separação da porção da chapa. A rebarba que permanece é uma região rugosa em um plano oblíquo à direção de avanço do punção e o seu tamanho depende, principalmente, da folga entre punção e matriz.

Durante todo o processo o estado de tensões varia. Em decorrência do crescente encruamento da chapa, o valor máximo da tensão de cisalhamento na trinca supera o limite de ruptura por cisalhamento do material antes do seu limite de escoamento. Ao longo do corte, o material remanescente da chapa é comprimido em torno do punção. Após a separação da região cortada, ocorre então, um retorno elástico desse material. A figura 3.6 mostra um detalhe de uma peça cortada por cisalhamento.

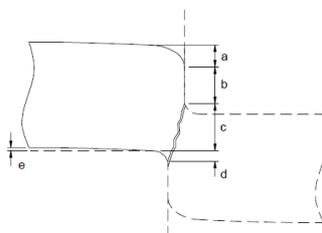


Figura 3.6 – Detalhe da região cisalhada e diferentes zonas identificadas durante o processo de corte: a - zona de arredondamento, b - zona cisalhada, c - zona fraturada, d - rebarba, e - empenamento [Schaeffer, 2004].

3.3. Estampabilidade e ensaios de tração

A estampabilidade é a capacidade que uma chapa metálica tem de adquirir a forma de uma matriz pelo processo de embutimento, sem apresentar qualquer tipo de defeito. A avaliação da estampabilidade de uma chapa pode ser feita através de ensaios mecânicos (CIMM, 2019).

O ensaio de tração, segundo Souza, 1982, é realizado ao aplicar-se uma carga axial num corpo de prova causando uma deformação no material na mesma direção desta carga, alongando-o até a ruptura. O ensaio é feito por uma máquina, que aplica uma tensão crescente, a uma velocidade constante. As deformações são medidas através de extensômetros. Desta maneira, é possível traçar-se a curva tensão x deformação do material, para determinar, por exemplo, o seu módulo de Young (E), a sua tensão limite de escoamento e de ruptura, o seu alongamento total antes da ruptura e os seus coeficientes de anisotropia planar (para chapas).

Segundo Lange, 1990, a anisotropia é a variação das propriedades mecânicas de uma chapa conforme a direção de laminação que produziu. O coeficiente de anisotropia planar é um parâmetro que indica a capacidade de uma chapa em resistir aos esforços impostos pelo processo de embutimento. Trata-se, portanto, de um método de se quantificar a estampabilidade de um material. A norma ASTM E517 determina os métodos de realização de ensaios de anisotropia planar, bem como da obtenção dos corpos de prova do material a ser ensaiado. A figura 3.7 apresenta essa configuração em relação a direção de laminação, com a qual foi produzida uma chapa.



Figura 3.7 – Configuração para obtenção dos corpos de prova para ensaio de anisotropia de uma chapa.

4. PROJETO INFORMACIONAL

Conforme Back et al., 2008, a etapa de projeto informacional destina-se à definição das especificações de projeto do produto. Nesta fase, então, são levantadas todas as informações necessárias para a resolução de um problema. Inicialmente, o problema é analisado detalhadamente e então é proposta uma solução preliminar. Os requisitos básicos para essa solução são listados e detalhados. Além disso, os usuários e o regime de operação são caracterizados e essas informações complementam o conjunto de atributos desejáveis do produto. Ainda no projeto informacional são avaliadas as exigências legais de configuração, levando em conta tanto o produto em si, como a sua operação e seus subprodutos. Por fim, é realizada uma análise de viabilidade preliminar com base em todas as informações coletadas.

4.1. Detalhamento e análise do problema

O problema consiste na fabricação de corpos de prova oriundos de uma chapa de alumínio corrugada para avaliação de suas propriedades mecânicas através de ensaios de tração. Esses corpos de prova devem possuir dimensões e características específicas normatizadas. Para a resolução do problema, propõe-se o projeto de uma ferramenta de

estampagem que seja funcional, durável e que garanta os requisitos de qualidade dos seus produtos bem como de segurança de sua operação.

4.2. Atributos desejáveis

Considerando o problema e a solução proposta e, a partir de dados obtidos através das normas e da bibliografia, foram definidas as seguintes características desejáveis para a ferramenta de fabricação dos corpos de prova:

- Segurança aos operadores:
 - Ausência de arestas cortantes;
 - Evitar projeção de material para fora da região de corte.
- Fácil operação:
 - Baixo ou nenhum esforço físico pelo operador durante operação;
 - Alimentação de matéria-prima de maneira manual e rápida;
 - Extração de produtos acabados de maneira manual e rápida.
- Fixação apropriada:
 - Oferecer adequado sistema de fixação em máquina, sem possibilitar improvisos;
 - Possibilitar *setup* rápido.
- Portabilidade:
 - Possibilitar transporte prático e seguro utilizando os recursos disponíveis em ambiente fabril.
- Baixo custo de fabricação e manutenção:
 - A fabricação deve ser economicamente viável, tanto do ponto de vista de materiais utilizados como dos processos de fabricação a serem empregados;
 - Possibilitar manutenções preventivas e corretivas.
- Resistência e durabilidade:
 - Oferecer resistência aos esforços da operação em máquina;
 - Ter durabilidade conforme a vida-útil projetada e levando em conta manutenções corretivas.
- Qualidade dos produtos:
 - Atender às dimensões e geometrias estabelecidas por norma para os corpos de prova;
 - Atender aos requisitos de qualidade dimensionais normatizados: ausência de rebarbas excessivas na região de corte dos CPs.

4.3. Exigências legais e normativas de projeto

As exigências normativas levantadas para a concepção do projeto referem-se majoritariamente ao produto a ser fabricado pelo dispositivo, no caso os corpos de prova e as condições para a realização dos ensaios. Nesse caso, foram consultados os órgãos internacionais de normatização ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e DIN (*Deutsches Institut für Normung*). Já para a ferramenta em si, algumas exigências legais devem ser consideradas. Nesse caso, foram utilizadas como referência as normas regulamentadoras que abordam a segurança de operação de máquinas e equipamentos. No Brasil, o órgão responsável pela elaboração das NRs é o Ministério do Trabalho. Abaixo seguem listadas todas as normas consultadas para a idealização do projeto:

- ASTM E8E 8M - *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*;
- ASTM-E517 - *Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal*;
- DIN EN 485-2 - *Aluminium and aluminium alloys - Sheet, strip and plate - Mechanical properties*;
- NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.

4.4. Análise de viabilidade preliminar

O conjunto de dados levantados no projeto informacional justifica a solução adotada para o problema em questão. Do ponto de vista funcional, a escolha por uma ferramenta de estampo é justificada pelo estado da técnica do processo de estampagem, o qual possibilita o atendimento dos requisitos de qualidade dimensional dos produtos por ele obtidos. Em relação a outros processos de separação, o corte por cisalhamento se destaca, também, pela simplicidade do ferramental utilizado. Economicamente, a viabilidade é atestada observando-se que um estampo de corte tem um custo moderado de fabricação e baixo de operação. A durabilidade desse tipo de dispositivo também contribui para a sua escolha. Isso porque a sua vida útil e periodicidade de manutenção podem ser estimadas na fase de projeto. Além disso, as suas exigências de segurança são bem estabelecidas e podem ser seguidas sem custos adicionais elevados. Com base nessa análise, o projeto foi avaliado como viável.

5. PROJETO CONCEITUAL

5.1. Dimensionamento preliminar

O primeiro dado de entrada para o dimensionamento da ferramenta de corte é a forma a ser obtida. No caso de corpos de prova para ensaios normatizados, as próprias normas indicam as dimensões que as amostras devem possuir. Posteriormente deve-se executar os cálculos que envolvem o dimensionamento dos componentes de um estampo de corte, conforme a bibliografia. Tendo em mãos os dados geométricos do conjunto da ferramenta, parte-se para a concepção dos modelos tridimensionais e desenhos detalhados. Dessa forma, foi seguida uma sequência de etapas para a obtenção do projeto conceitual do estampo de corte.

As dimensões dos corpos de prova a serem estampados, ou seja, o produto a ser fabricado pela ferramenta, são obtidas diretamente pelas normas ASTM E8E 8M e E 517. Os anexos I e II foram extraídos das normas e apresentam essas dimensões a serem seguidas. Como o objetivo do projeto é possibilitar a realização de ensaios e a determinação de propriedades de um material laminado, o corpo de prova encaixa-se nas especificações de chapa. Uma geometria que se adequa aos limites dimensionais estabelecidos foi adotada. A figura 5.1 apresenta essa geometria e suas dimensões nominais.

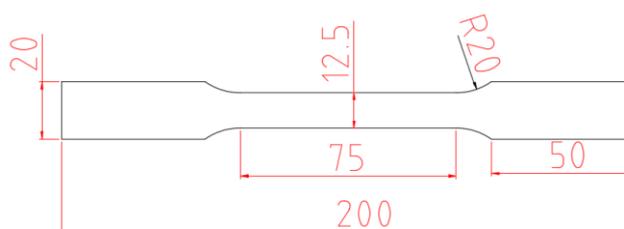


Figura 5.1 – Dimensões dos corpos de prova a serem produzidos, conforme normas ASTM.

A matéria-prima, com a qual são produzidos os defletores de calor, e que deve ser utilizada para obtenção dos corpos de prova, é uma chapa laminada e tratada termicamente de uma liga de alumínio, denominada Al 1050-O pela ASTM e Al 99,5 pela DIN EN 485-2. Sua espessura nominal antes do processo de corrugamento (“lisa”) é de 0,4 mm. No anexo III é possível visualizar as propriedades mecânicas padronizadas de uma chapa dessa liga para diferentes espessuras, conforme DIN EN 485-2, 1994.

De posse dessas informações, o procedimento de dimensionamento do estampo de corte inicia-se, então, pelo cálculo da força necessária para a operação. Conforme Rossi, 1979, o valor dessa tensão é relacionado com a tensão limite de ruptura do material (por tração) da seguinte forma:

$$\frac{3}{4} \cdot \sigma_r \leq K_C \leq \frac{4}{5} \cdot \sigma_r \quad (5.1)$$

onde, K_C representa a tensão de cisalhamento em Mpa, e σ_r é a tensão limite de ruptura do material.

A força de corte necessária para o corte de um corpo de prova é dada por Provenza, 1989, como sendo uma multiplicação do perímetro efetivo da região a ser cortada (no caso, a geometria do corpo de prova) pela espessura da chapa e pela tensão necessária ao cisalhamento.

$$F_{c1} = P_{ef} \cdot e \cdot K_C \quad (5.2a)$$

onde, F_{c1} é a força de corte para um corpo de prova em N, P_{ef} é o perímetro efetivo da forma desejada em mm e e é a espessura da chapa, também em mm.

Considerando o pior caso para o dimensionamento, no qual a força de corte teria ser a máxima, foram utilizados o extremo da eq. 5.1 e o valor máximo normatizado para σ_r .

Outra consideração extremamente pertinente aos cálculos dos esforços é relacionada ao perímetro efetivo P_{ef} a ser cortado. Devido ao perfil de corrugamento, esse valor não pode ser simplesmente considerado o perímetro da geometria dos corpos de prova. Uma aproximação é assumida como sendo 1,5 vezes a do perímetro da peça P_{cp} em virtude da curva formada pelos picos e vales da seção transversal do perfil. Assim, o valor da força de corte necessária é dado pela equação 5.2b:

$$F_{c1} = 1,5 \cdot P_{cp} \cdot e \cdot 0,8 \cdot K_C \quad (5.2b)$$

onde, P_{cp} é o perímetro de um corpo de prova. Dessa forma, a força necessária para o corte de um único corpo de prova calculada foi de 20.209 N ou 2.061 kgf.

5.2. Geração de conceitos

Com base do dimensionamento preliminar e nos atributos desejáveis do produto e da ferramenta, foram gerados três conceitos para o estampo de corte. Estes diferem entre si, basicamente, pela configuração do quantidade e configuração das cavidades de corte da matriz. A figura 5.2 apresenta os três conceitos gerados:

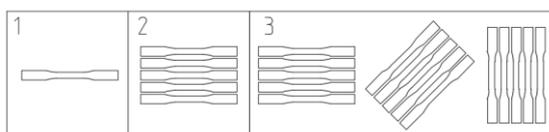


Figura 5.2 – Conceitos A, B e C para a matriz de corte da ferramenta.

- A. Matriz com cavidade simples;
- B. Matriz com cavidades múltiplas;
- C. Matriz com cavidades múltiplas e orientadas para o ensaio de anisotropia.

5.3. Seleção do conceito

A escolha por um dos conceitos foi feita levando em conta as características positivas ou negativas de cada configuração. Para cada atributo, são dados um peso e uma nota

equivalentes de 1, 2 ou 3 e o conceito que obtiver melhor pontuação ponderada é selecionado de forma subjetiva. Essa avaliação consiste no método de Matriz de Decisão, proposto por Akao, 1996. A tabela 5.1 apresenta os conceitos, os principais atributos levados em consideração para a seleção, seus pesos atribuídos pontuações totais.

Tabela 5.1 – Matriz de decisão para seleção do conceito.

Conceito / Atributo	Peso	A	B	C
Segurança de operação	3	3	3	3
Qualidade dimensional dos produtos	3	2	2	2
Atendimento aos requisitos de projeto	3	2	2	2
Custo de fabricação	2	3	2	1
Custo de operação	2	1	2	3
Resistência / durabilidade	2	3	3	3
Portabilidade	2	3	3	3
Aproveitamento capacidade da prensa	2	1	2	3
Necessidade de ajuste da chapa	3	1	2	3
PONTUAÇÕES TOTAIS		46	51	56

Observa-se que o conceito C obteve melhor pontuação em relação aos demais. A característica determinante para tal foi a sua versatilidade na obtenção de mais corpos de prova em um único ciclo de operação e com uma configuração adequada para ensaios de anisotropia, sem a necessidade de ajuste da posição da chapa estampada. Foi considerado um número de três cavidades para cada orientação, totalizando, assim, nove cavidades.

5.4. Detalhamento do conceito

A partir do cálculo dos esforços necessários para a operação, partiu-se para o dimensionamento dos componentes da ferramenta. A seleção do conceito a ser seguido entra no equacionamento, uma vez que os esforços de corte calculados pela equação 5.2 são para uma ferramenta com cavidade simples. Assim, deve-se multiplicar o valor obtido pelo número de cavidades do conceito adotado (nove), conforme equação 5.3.

$$F_{c9} = 9.F_{c1} \quad (5.3)$$

onde, F_{c9} é a força necessária para a obtenção de nove corpos de prova.

5.4.1. Conjunto matriz e punção

A matriz e o punção são os principais elementos de um estampo de corte. Ambos são responsáveis pela operação em si e o seu correto dimensionamento está associado à qualidade do produto obtido. Benazzi e Caversan, 2012, sugerem que a geometria da matriz deve ser igual à da peça a ser cortada e o punção deve ter as dimensões da matriz reduzidas da folga entre eles.

Quanto à espessura em da matriz, esta deve ser tal que os esforços provenientes da operação não a danifiquem. Esta espessura é dada em função do esforço de corte total F_{c9} [Provenza, 1989]. A equação 5.4 foi utilizada para esse dimensionamento.

$$e_m = \sqrt[3]{F_{c9}} \quad (5.4)$$

onde, e_m é a espessura da matriz, em mm e F_{c9} é força total para a operação em N obtida pela equação 5.3.

Outro fator geométrico importante da matriz é o ângulo de saída das peças. Dessa forma, a matriz, é configurada por uma região paralela à direção de corte, dimensão T, em mm, na figura 5.3, e por uma região de saída em ângulo. Segundo Benazzi e Caversan, 2012, o ângulo de saída deve ter entre 1 e 3° e a espessura da região paralela é determinada segundo a equação 5.5 para chapas com espessura menor que 1,5 mm:

$$T \leq 3.e \quad (5.5)$$

onde, T é a espessura da região paralela ao corte, em mm.

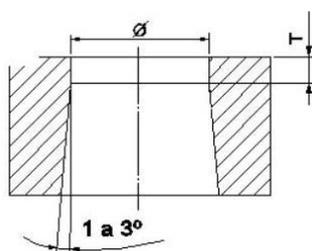


Figura 5.3 – Configuração básica de uma matriz de corte [Benazzi e Caversan, 2012].

A espessura calculada da matriz pela equação 5.4 é de 56,66 mm. Um arredondamento para 57 mm foi assumido por conveniência de detalhamento de projeto. A espessura da região T pela equação 5.5 deve ser menor ou igual a 1,2 mm para chapas lisas. Porém, os perfis de corrugado podem possuir uma altura de até 2,4 mm. Dessa forma, a espessura T considerada foi de 3 mm. Além disso, os desgastes na matriz pela operação são inevitáveis. As arestas de corte da matriz tendem a sofrer trincas ou arredondamento, o que prejudica a operação e acarreta em uma perda da qualidade dos produtos. Uma espessura T maior possibilita manutenções da matriz através de afiações ou retificações. A matriz deve ter, então, uma espessura total de 60 mm com um ângulo de saída de 3°.

A folga entre punção e matriz é apresentada por Provenza, 1989, em função da espessura e do material da chapa. Esse parâmetro dimensional é de extrema importância para a qualidade dos produtos obtidos por corte por cisalhamento. Conforme ASTM, 2010, os corpos de prova para ensaios em materiais laminados com pequena espessura devem ser livres de bordas ásperas ou rebarbas para otimizar a precisão das medições pelos ensaios de tração. Em linhas gerais, para materiais com baixa dureza como o alumínio, uma folga mínima, que atenda aos requisitos de acabamento do produto, é dada pela equação 5.6, em mm:

$$F = e/20 \quad (5.6)$$

onde, F é a folga entre punção e matriz em mm e e é a espessura da chapa, também em mm.

Pela equação 5.6, tem-se que o punção é dimensionado pela cavidade da matriz reduzido de 0,02 mm em cada uma das suas faces.

Além disso, o comprimento do punção deve ser dimensionado de maneira que o seu avanço ultrapasse a espessura da região T para a adequada saída das peças pela região angulada. Levando em conta que a dimensão T considerada foi de 3 mm, convém utilizar um avanço de 5 mm para garantir a correta saída das peças. Benazzi e Caversan, 2012, sugerem que, quando o comprimento dos punções for muito maior que as suas demais dimensões, uma

verificação quanto à flambagem deve ser realizada. Considerando o comprimento de 5 mm e as dimensões do corpo de prova, atestou-se que os punções não configuram um corpo esbelto.

Ainda segundo Provenza, 1989, os materiais do punção e da matriz devem ser os mesmos para evitar desgaste excessivo oriundo do atrito entre eles durante a operação. Um material comumente utilizado para a confecção do conjunto punção e matriz de ferramentas de corte é o aço ferramenta para trabalho a frio AISI/ABNT D2. As características que o qualificam para tal, são alta estabilidade dimensional e alta penetração de dureza por tratamento térmico (têmpera). Dessa forma, conclui-se o dimensionamento da matriz e do punção. Os apêndices I e II apresentam os modelos tridimensionais e desenhos detalhados da matriz e de punção, respectivamente.

5.4.2. Conjunto de bases superior e inferior

O conjunto de bases superior e inferior foi dimensionado em função da carga de operação. Provenza, 1989, apresenta um dimensionamento para bases normalizadas em função do esforço total de estampagem em toneladas. Para uma carga de até 30 ton, a espessura das bases deve ser de 40 mm. Um material comumente utilizado para a confecção das bases é o aço SAE/ABNT 1045, por possuir uma boa relação entre resistência mecânica e resistência à fratura, além de boa usinabilidade.

As colunas guias são componentes que, em conjunto com as buchas, servem para garantir o alinhamento entre as partes superior e inferior do estampo. Uma ferramenta pode portar quatro ou dois conjuntos colunas e buchas. São posicionados simetricamente nas diagonais das bases. As colunas são instaladas no conjunto inferior e o seu comprimento deve ser dimensionado de tal forma que, durante a operação, não ocorra separação total das buchas, posicionadas no conjunto superior. A equação 5.7 apresentada por Provenza, 1989, relaciona o diâmetro das colunas com a espessura das bases.

$$D_c = e_b / 1,5 \quad (5.7)$$

onde, D_c representa o diâmetro das colunas-guia, em mm e e_b é a espessura das bases.

O diâmetro das colunas obtido pela eq. 5.7 foi de 26,7 mm. Em termos de projeto e economicamente é vantajoso optar por conjuntos padronizados de coluna e bucha. O fabricante de componentes para estampo MDL apresenta em seus catálogos conjuntos de colunas e buchas normalizados. Um conjunto que se adequa à dimensão calculada foi convencionado com diâmetro da coluna é de 30 mm. As colunas padronizadas, segundo MDL, 2019, são confeccionadas em aço SAE/ABNT 8620, uma liga apropriada para cementação que garante boa dureza superficial e resistência ao desgaste. Já as buchas são feitas em bronze grafitado com insertos autolubrificantes, a fim de desempenhar bem a função de guia em conjunto com as buchas. Outro fator importante para esses componentes são as tolerâncias dimensionais de furo (bucha) e eixo (coluna). O anexo IV apresenta as dimensões desses componentes padronizados, bem como as suas especificações de tolerâncias.

5.4.3. Memorial de cálculo para o dimensionamento

O dimensionamento foi resumido em um memorial de cálculo para facilitar a concepção dos modelos tridimensionais e dos desenhos detalhados dos componentes da ferramenta. A tabela 5.2 apresenta as grandezas obtidas pelo detalhamento do conceito a serem consideradas. No apêndice III encontram-se os modelos do conjunto da ferramenta, elaborados com base no dimensionamento.

Tabela 5.2 – Memorial de cálculo para dimensionamento da ferramenta de corte.

Grandeza	Símbolo	Valor calculado	Valor adotado	Unidade	Origem
Espessura da chapa	e	0,40	-	mm	Dado de entrada
Tensão de ruptura por tração do material da chapa	σ_r	95,00	-	Mpa	DIN
Tensão de ruptura por cisalhamento do material da chapa	Kc	76,00	-	Mpa	eq. 5.1
Perímetro do CP	Pcp	443,17	-	mm	CAD
Perímetro efetivo do CP	Pef	664,76	-	mm	-
Força de corte de 1 CP	Fc1	20.208,70	-	N	eq. 5.2
Força de corte de 9 CP	Fc9	181.878,34	-	N	eq. 5.3
Espessura da matriz	em	56,66	57	mm	eq. 5.4
Espessura da face superior da matriz	T	1,2	3	mm	eq. 5.5
Folga entre punção e matriz	F	0,02	-	mm	eq. 5.6
Espessura das bases	eb	40	-	mm	Tabela normalizada
Diâmetro das colunas	Dc	26,66	30	mm	eq. 5.7

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O problema em si consistiu em possibilitar a análise de um processo em uma linha de produção de maneira a evitar desperdícios. A avaliação dos parâmetros desse processo pode ser feita através de ensaios no seu subproduto, a fim de ajustá-los para que não acarretem em condições indesejadas em etapas subsequentes da manufatura. O processo de corrugamento é complexo e as falhas podem ser detectáveis somente pós-processamento.

A solução adotada é o primeiro passo para o estabelecimento de uma metodologia análise das variáveis para a fabricação de defletores de calor automotivos. O resultado obtido é um projeto conceitual de uma ferramenta para a obtenção dos corpos de prova para a investigação das propriedades da matéria-prima desses produtos, bem como dos parâmetros de ajuste do processo através de ensaios mecânicos. O conceito foi determinado e os principais elementos que compõem a ferramenta foram dimensionados com base nas exigências e nos atributos requeridos do projeto.

7. CONCLUSÕES

Uma ferramenta de estampo pode ser uma solução eficaz para a obtenção de corpos de prova para ensaios de tração. O projeto conceitual do equipamento foi aprovado em todas as validações propostas.

No entanto, um detalhamento maior deve ser realizado no sentido de avaliar a necessidade de componentes complementares para obter a funcionalidade do equipamento. Para dar continuidade à resolução problema, o projeto deve ser levado adiante executivamente. Aspectos como redução de custo de materiais e de fabricação, de consumo de matéria-prima dos produtos, do peso e do volume do estampo devem ser ainda avaliados. O projeto executivo e o projeto voltado à otimização são as próximas etapas do desenvolvimento da ferramenta de corte. Por envolverem grande quantidade de informação e detalhamento, ambos não entraram no escopo deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akao, Y.; **“Introdução ao Desdobramento da Qualidade”**, Fundação Christiano Ottoni, 1996.

ASTM – American Society for Testing Materials; **“ASTM E 8/E 8M - 08 - Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”**, ASTM Annual Book, 2008.

ASTM – American Society for Testing Materials; **“ASTM E 517 - 00 - Standard Test Method for Plastic Strain Ratio r for Sheet Metal”**, ASTM Annual Book, 2010.

Back, Nelson et al. **“Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem”**, Manole, 1ª edição, 2008.

Blass, A.; **“Estampagem”**, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Apostila. 1985.

Benazzi Jr., I.; Caversan, E. G., **“Tecnologia de Estampagem 1 – Corte”**; DM 0206007-01. Setembro, 2012. http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/apostila_de_estampo_fatec-220813-2.pdf. Acessado em: 29/04/2019.

CIMM - Centro de informação metal mecânica, **“A Estampabilidade dos Materiais Metálicos”**. https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6487-a-estampabilidade-dos-materiais-metalicos#.XQhGILxKhPZ. Acessado em 26/05/2019.

DANA Incorporated, **“DANA Shielding Systems”**. <http://www.dana.com/light-vehicles/products/both-transmission-and-engine-technologies/heat-shields>. Acessado em 05/03/2019.

Lange, K.; **“Umformtechnik Handbuch für Industrie und Wissenschaft”**. Springer Verlag, 1990.

MDL.; **“Catálogo de componentes autolubrificantes”**. <https://www.mdl-brasil.com.br/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-Componentes-Autolubrificantes-MDL.pdf>. Acessado em 10/06/2019.

Ministério do Trabalho, **“NR-12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos”**. <http://www.trabalho.gov.br/images//Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>. Acessado em 25/05/2019.

Poziomyck, M. M.; **“Análise comparativa entre diferentes formas construtivas e materiais utilizados em defletores de calor empregados em veículos automotivos”**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

Provenza, F.; **“PROTEC Estampos Volumes I, II e III”**, Escola PROTEC, 1989.

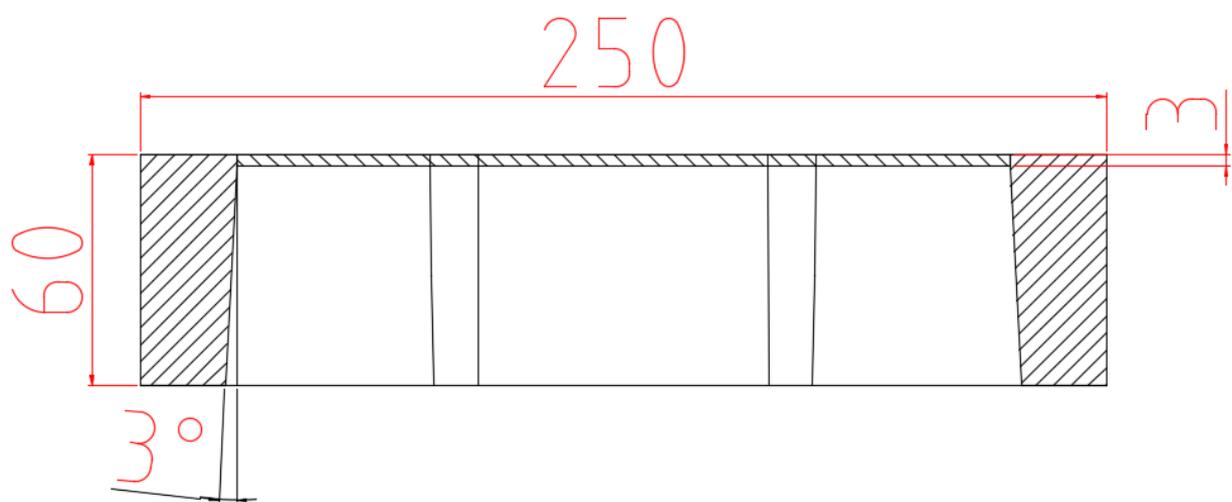
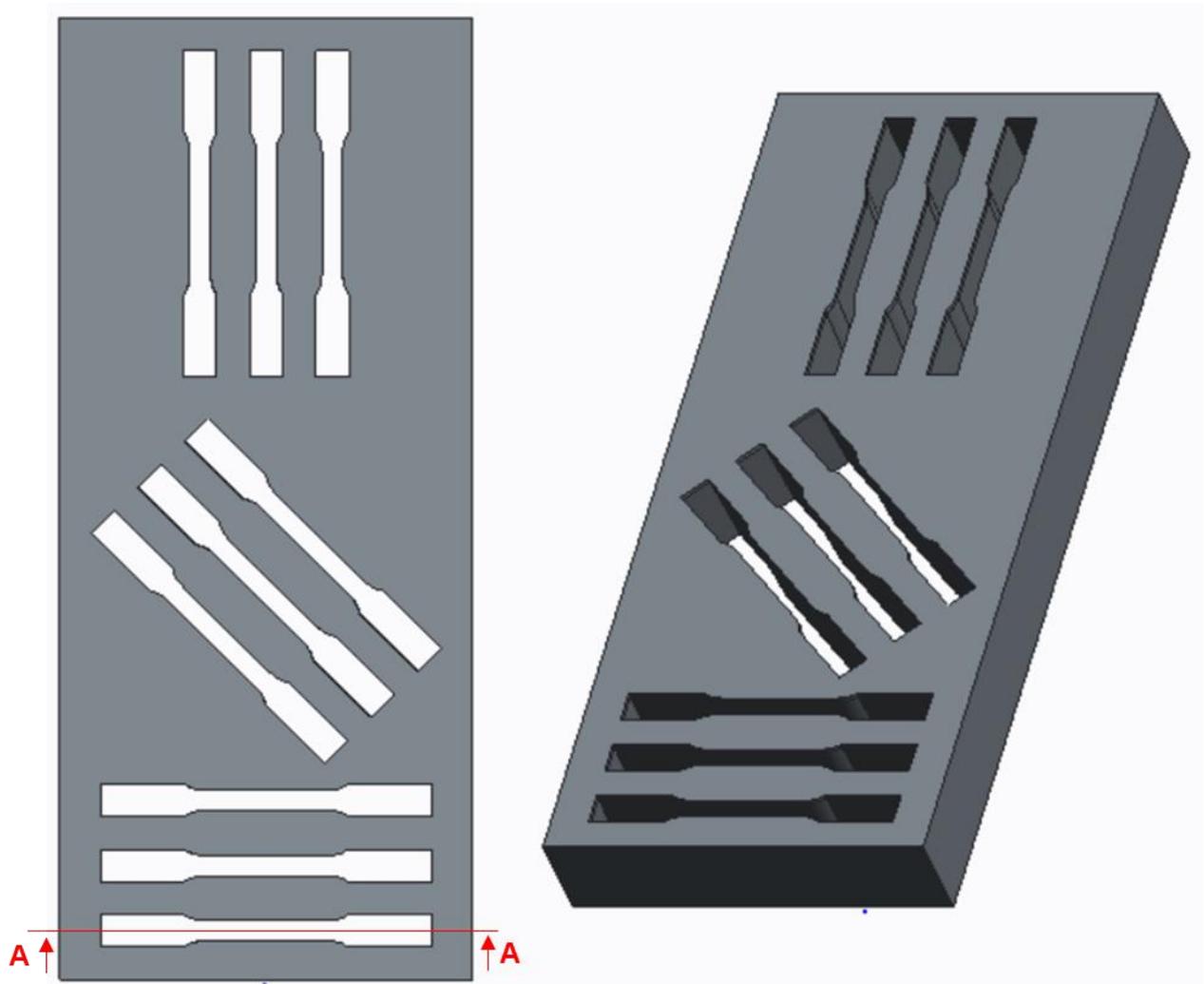
Rossi, M.; **“Estampado en frio de la Chapa”**, Editorial Dossat S.A., 9ª edición, 1979.

Schaeffer, L.; **“Conformação de chapas metálicas”**. Imprensa Livre, 2004.

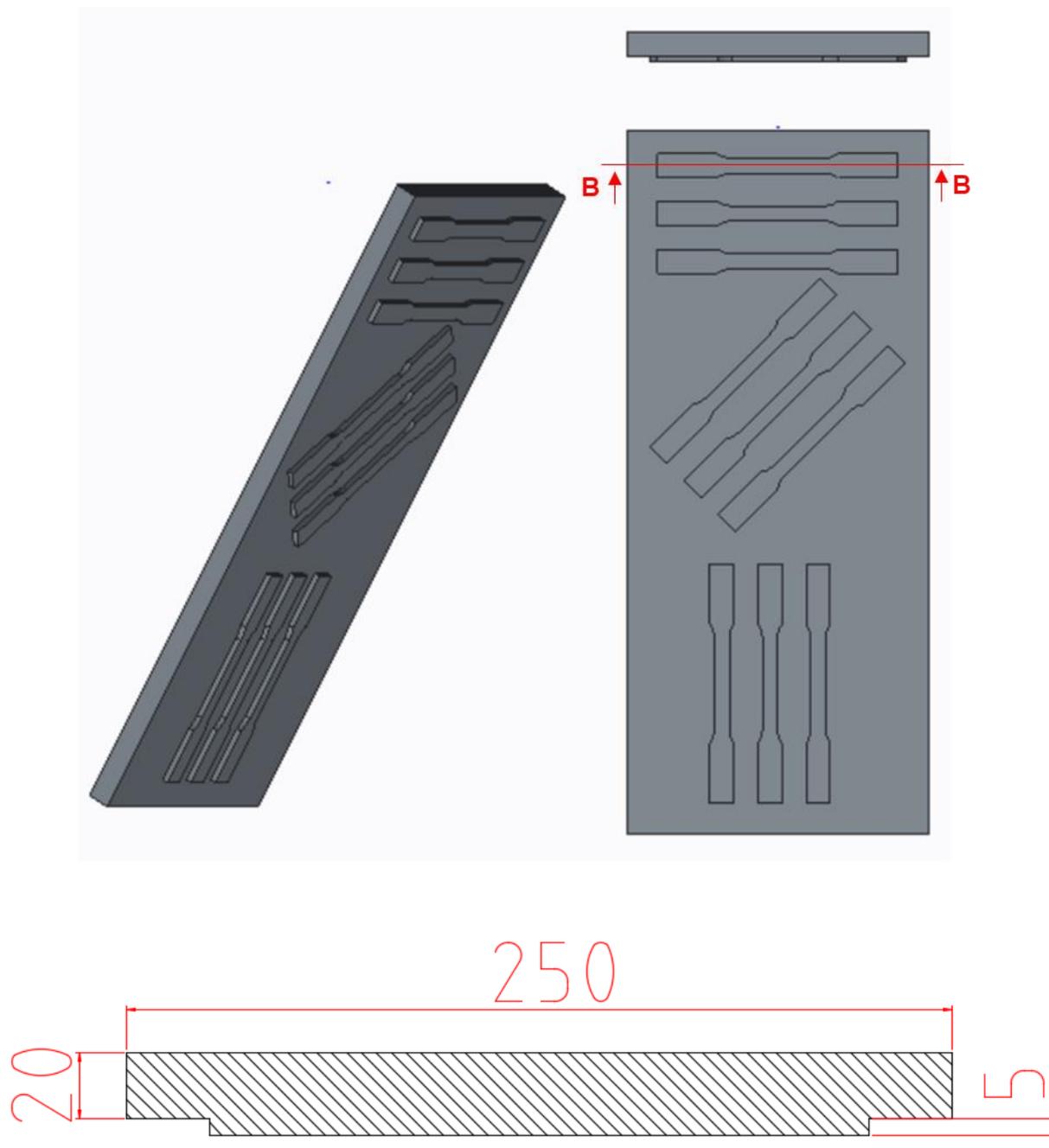
Souza, S. A.; **“Ensaio mecânicos de materiais metálicos. Fundamentos teóricos e práticos”**. Edgard Blücher, 5ª edição, 1982.

APÊNDICES

Apêndice I – Matriz de corte

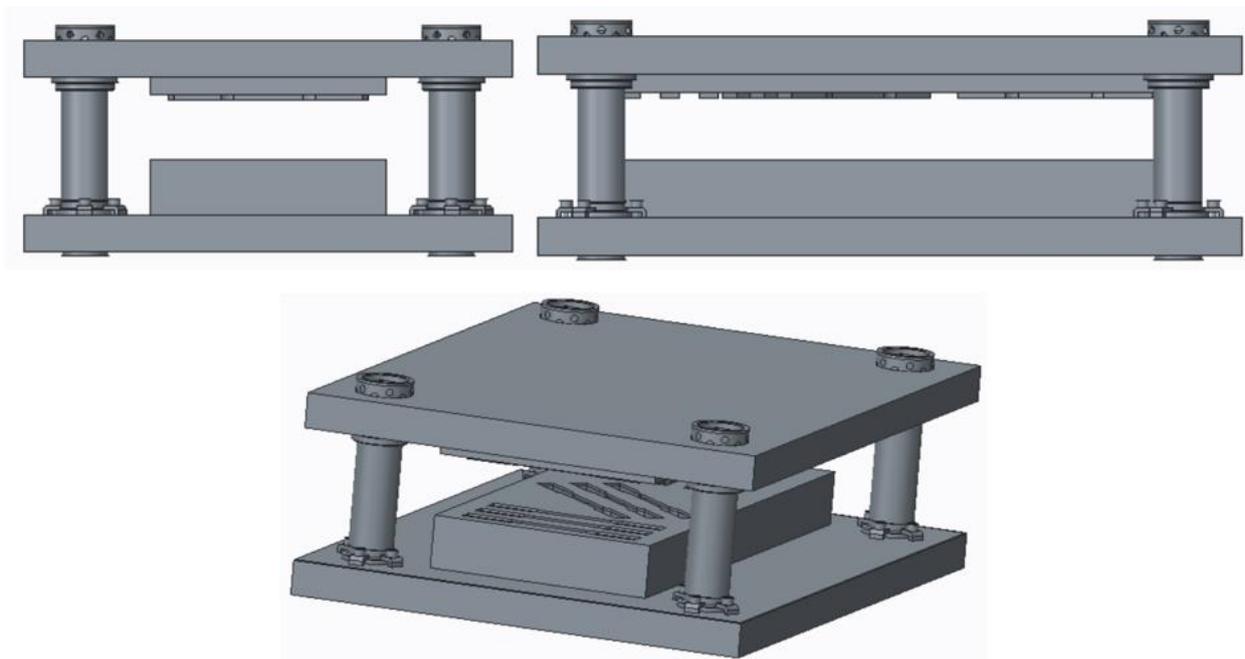


Corte AA (fora de escala)

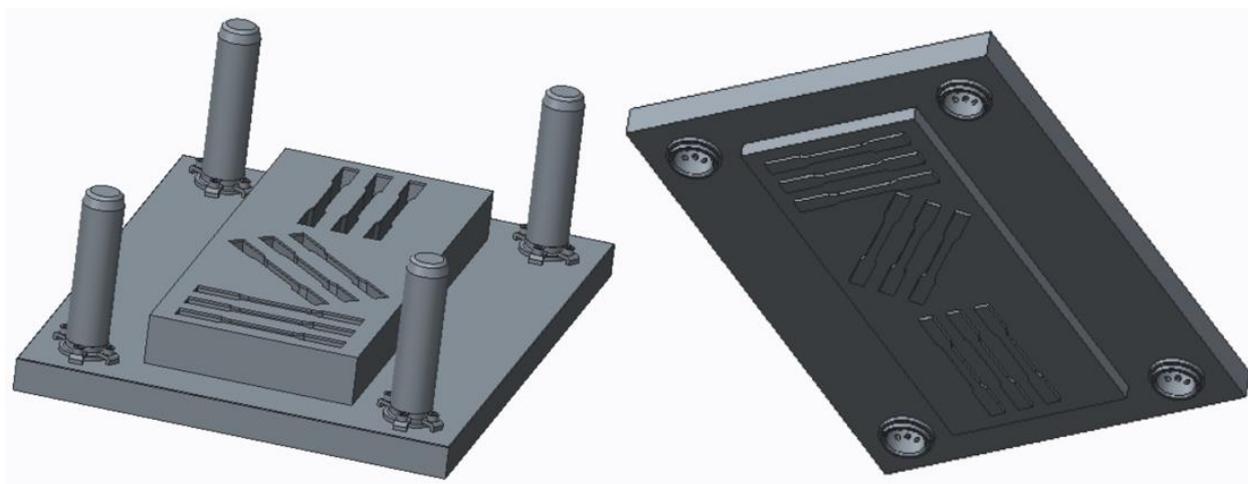


Corte BB (fora de escala)

Apêndice III – Montagem do conjunto da ferramenta



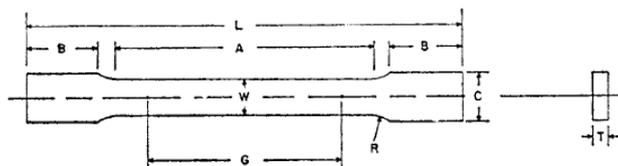
Montagem do conceito da ferramenta



Conjuntos inferior (E) e superior (D) da ferramenta

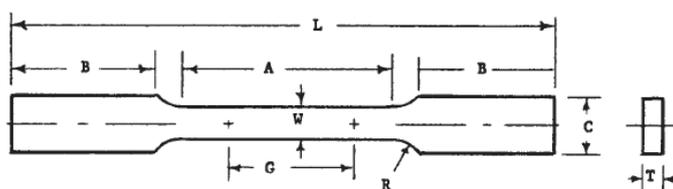
ANEXOS

Anexo I – Diretrizes para confecção de corpos de prova para ensaios de tração em chapas metálicas planas conforme ASTM E8 E8M.

 E 8/E 8M – 08


	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section (Note 8)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Anexo II – Diretrizes para confecção de corpos de prova para ensaios de tração em chapas metálicas planas conforme ASTM E517.

 E 517 – 00


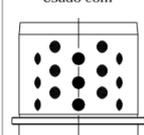
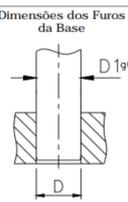
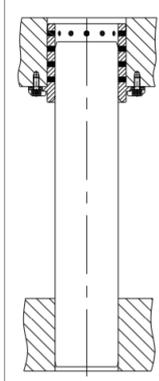
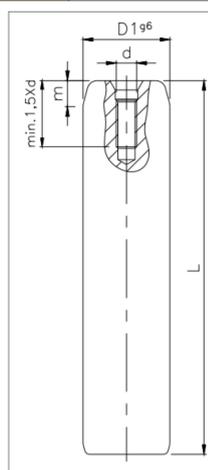
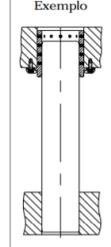
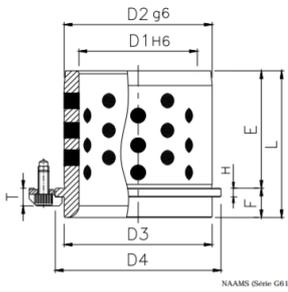
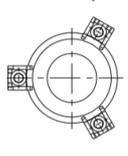
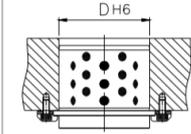
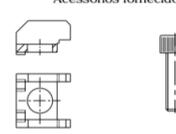
		Specimen A			
		Standard		Alternative	
		in.	mm	in.	mm
G	Gage length	2.00 ± 0.01	50 ± 0.25	1.00 ± 0.005	25 ± 0.13
W	Width (Note 2 and Note 3)	0.500 ± 0.01	12.5 ± 0.25	0.500 ± 0.01	12.5 ± 0.025
T	Thickness	thickness of material		thickness of material	
R	Radius of fillet, min	½	13	½	13
L	Overall length, min	8	200	7¼	180
A	Length of reduced section, min	3	75	2¼	60
B	Length of grip section, min	2	50	2	50
C	Width of grip section, approximate	¾	20	¾	20

Anexo III – Propriedades mecânicas da liga de alumínio laminada Al 1050-O / Al 99,5 conforme norma DIN EN 485-2.

Table 4 : Aluminium EN AW-1050A [Al 99,5]

Temper	Specified thickness mm		R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		Elongation, min. %		Bend radius 1)		Hardness HBS 1)
	over	up to	min.	max.	min.	max.	A_{50} mm	A	180°	90°	
F 1)	≥ 2,5	150,0	65								
O/H111	0,2	0,5	65	95	20		20		0 t	0 t	20
	0,5	1,5	65	95	20		22		0 t	0 t	20
	1,5	3,0	65	95	20		26		0 t	0 t	20
	3,0	6,0	65	95	20		29		0,5 t	0,5 t	20
	6,0	12,5	65	95	20		35		1,0 t	1,0 t	20
	12,5	50,0	65	95	20			32			20

Anexo IV – Colunas e buchas padronizadas MDL

MDL	Pino Liso		P13.DDD.LLL
	<p>Usado com</p>  <p>Bucha de Bronze com Insertos Autolubrificantes (NAAMS ou DIN)</p> <p>Dimensões dos Furos da Base</p> 	<p>Exemplo</p> 	
MDL	Bucha de Bronze com Insertos Autolubrificantes (NAAMS G61)		G61.DDD.LLL
 <p>Bronze</p>	<p>Usado com</p>  <p>Pino P13</p>	<p>Exemplo</p> 	 <p>NAAMS G61</p>
<p>Disposição dos Grampos de Fixação</p>  <p>ver pag.5</p>	<p>Dimensões dos Furos da Base</p> 	<p>Acessórios fornecidos</p>  <p>ver pag.5</p>	