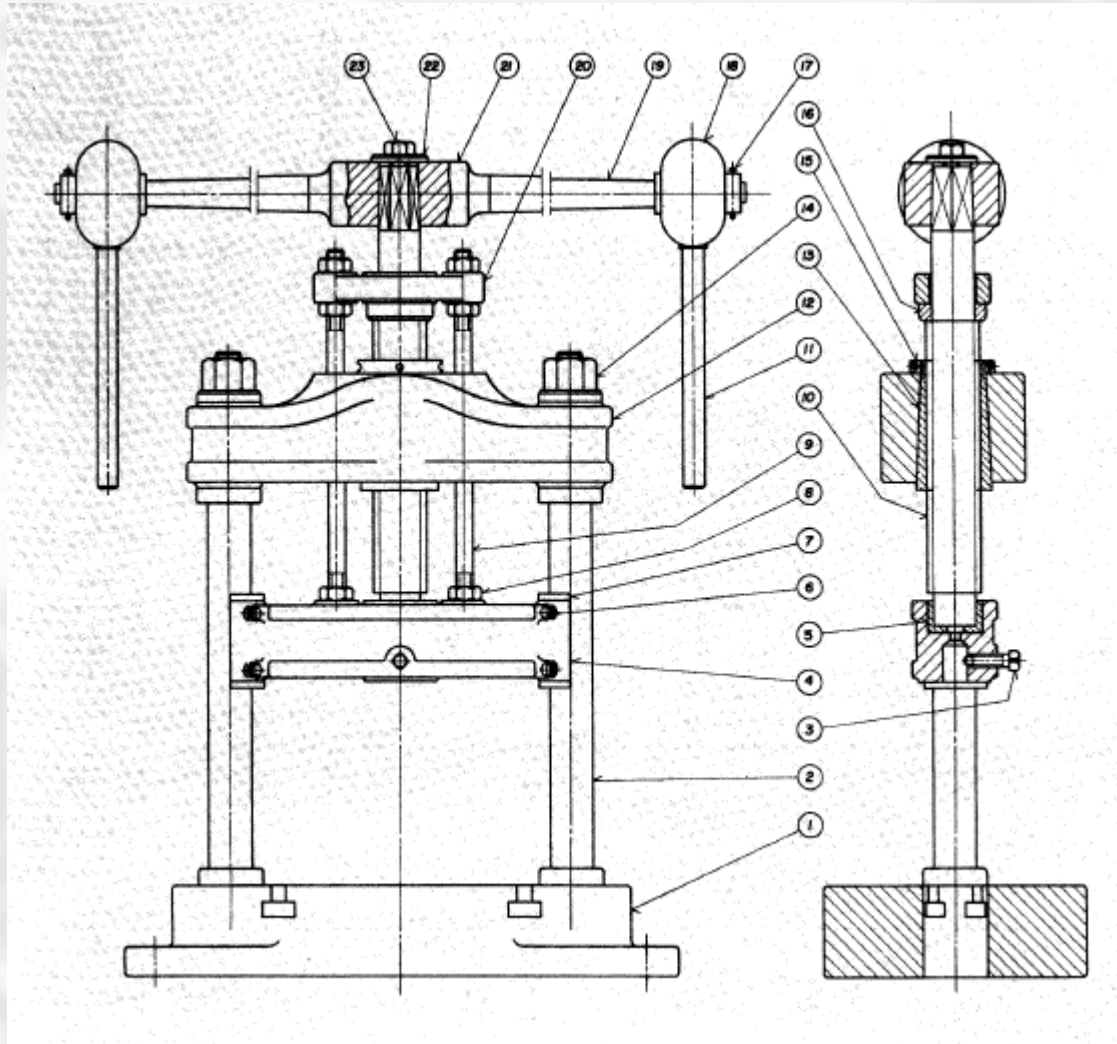


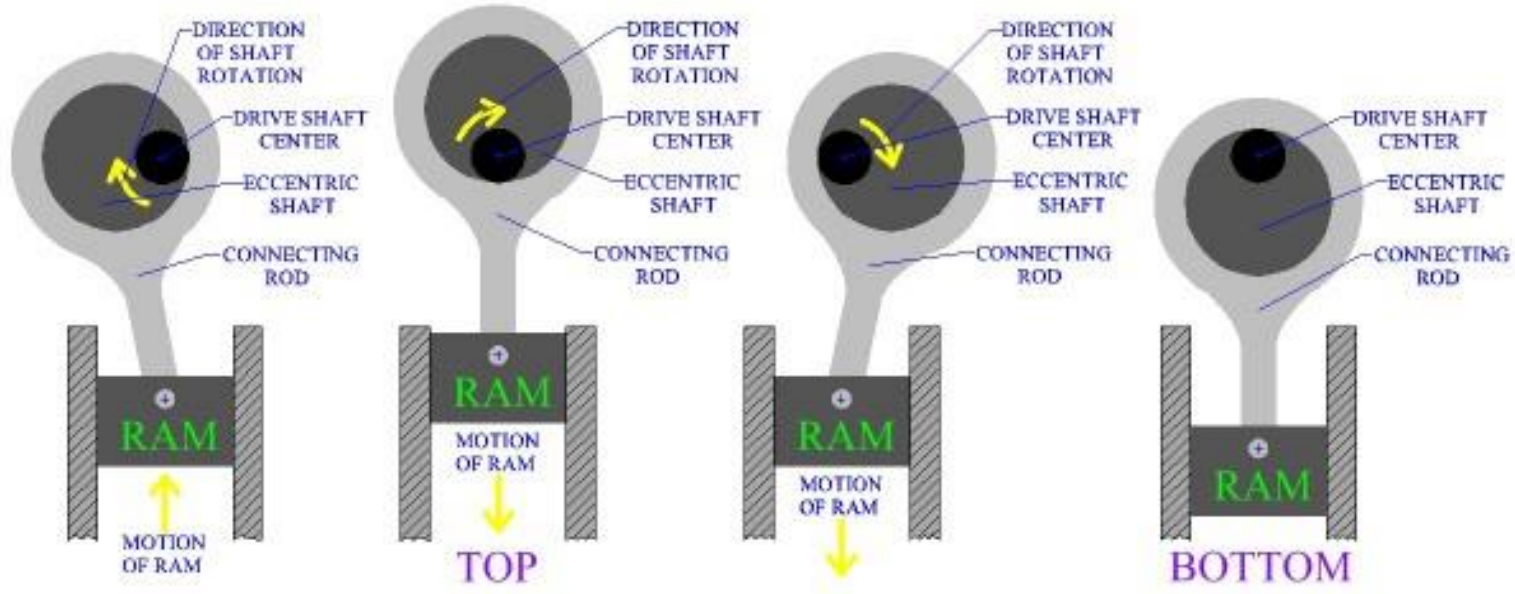
TECNOLOGIA DE ESTAMPAGEM

Prof. Milton Alves Alencar
FATEC ITAQUERA, 2017

Prensa Manual (Balancim)



ECCENTRIC PRESS



Prensa EXCÊNTRICA



Prensa Excêntrica (Tipo C)

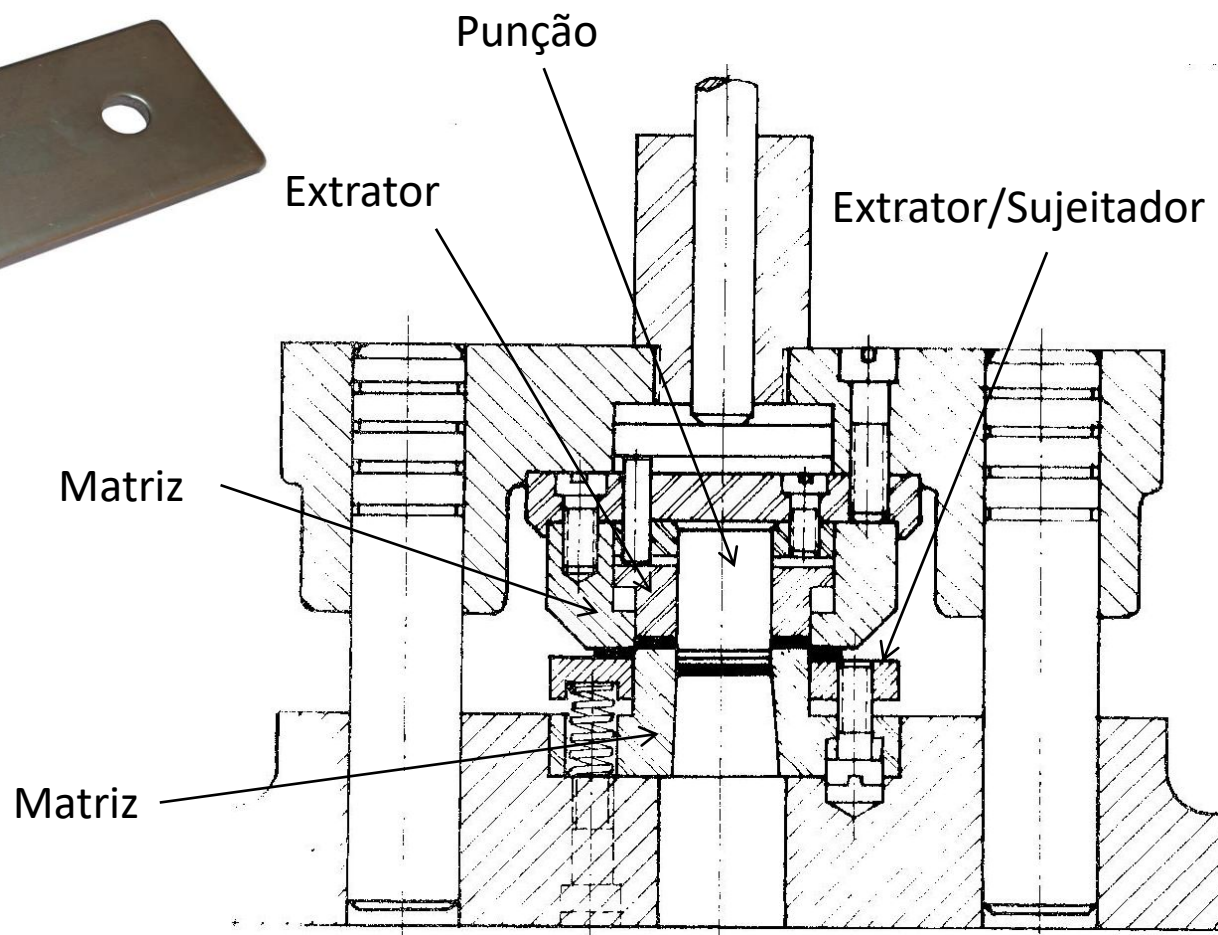
Prensa EXCÊNTRICA (Tipo C)

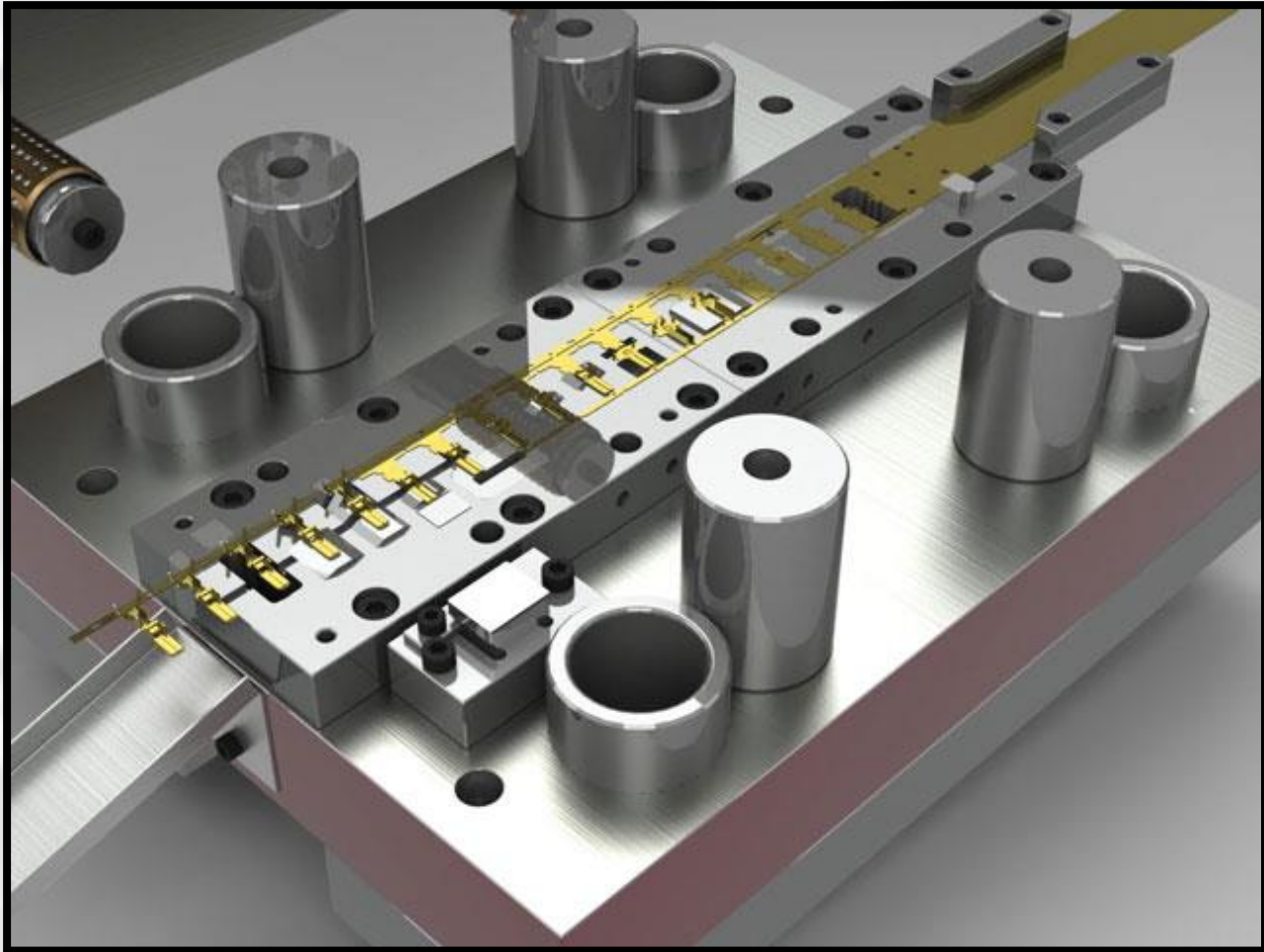


Prensa Excêntrica (Tipo H)



Ferramenta de Corte





Ferramenta PROGRESSIVO

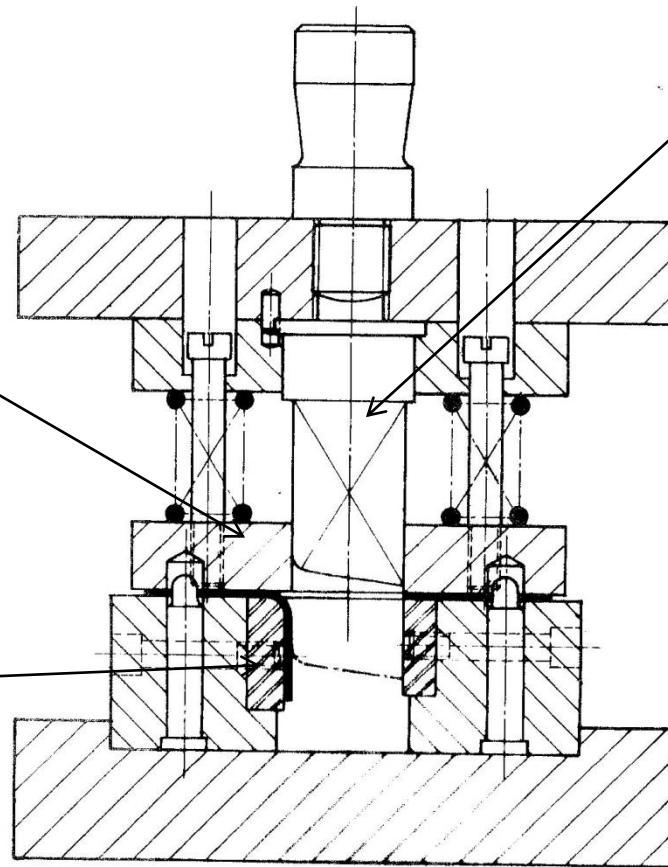
Ferramenta de Dobra

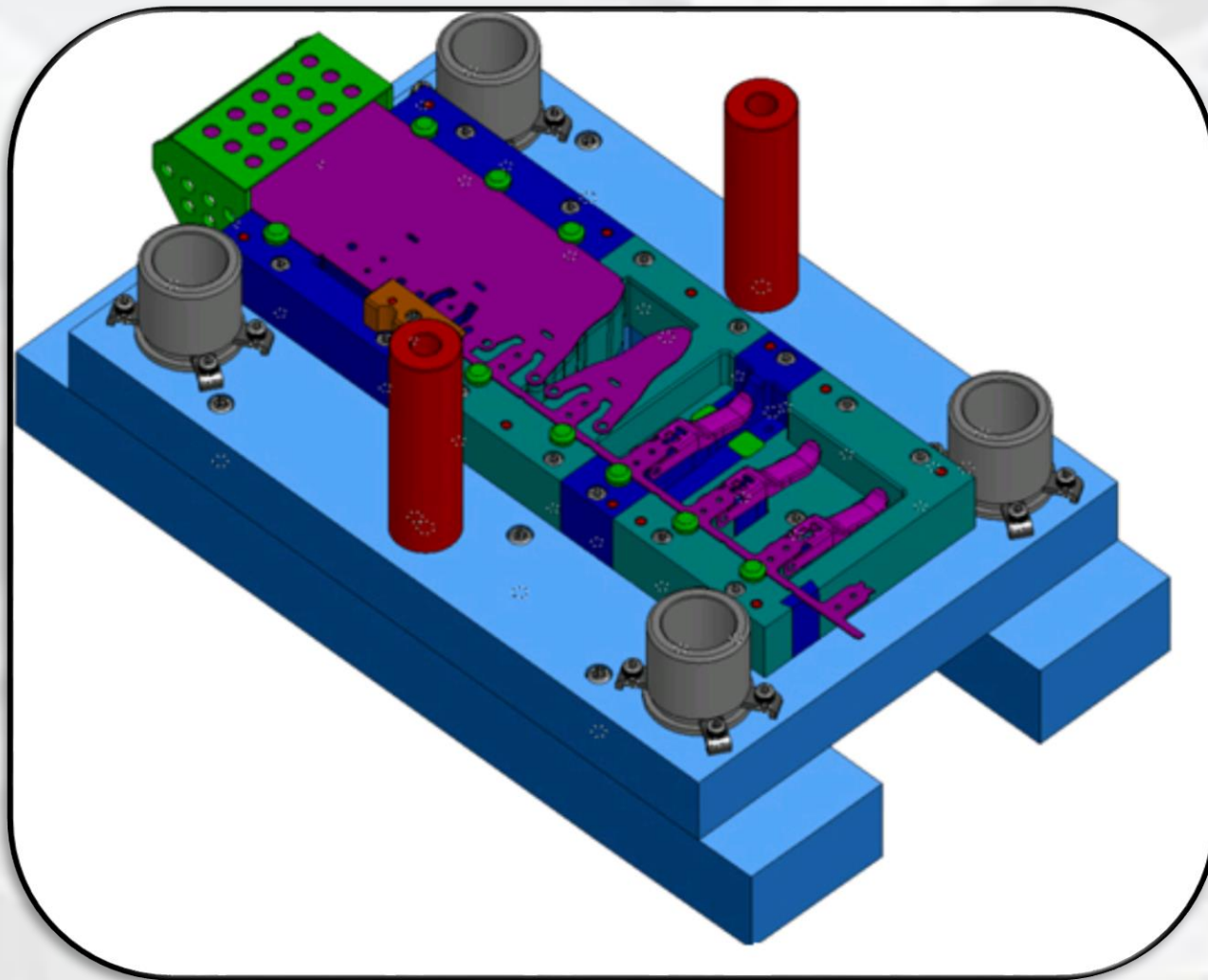


Extrator/Sujeitador

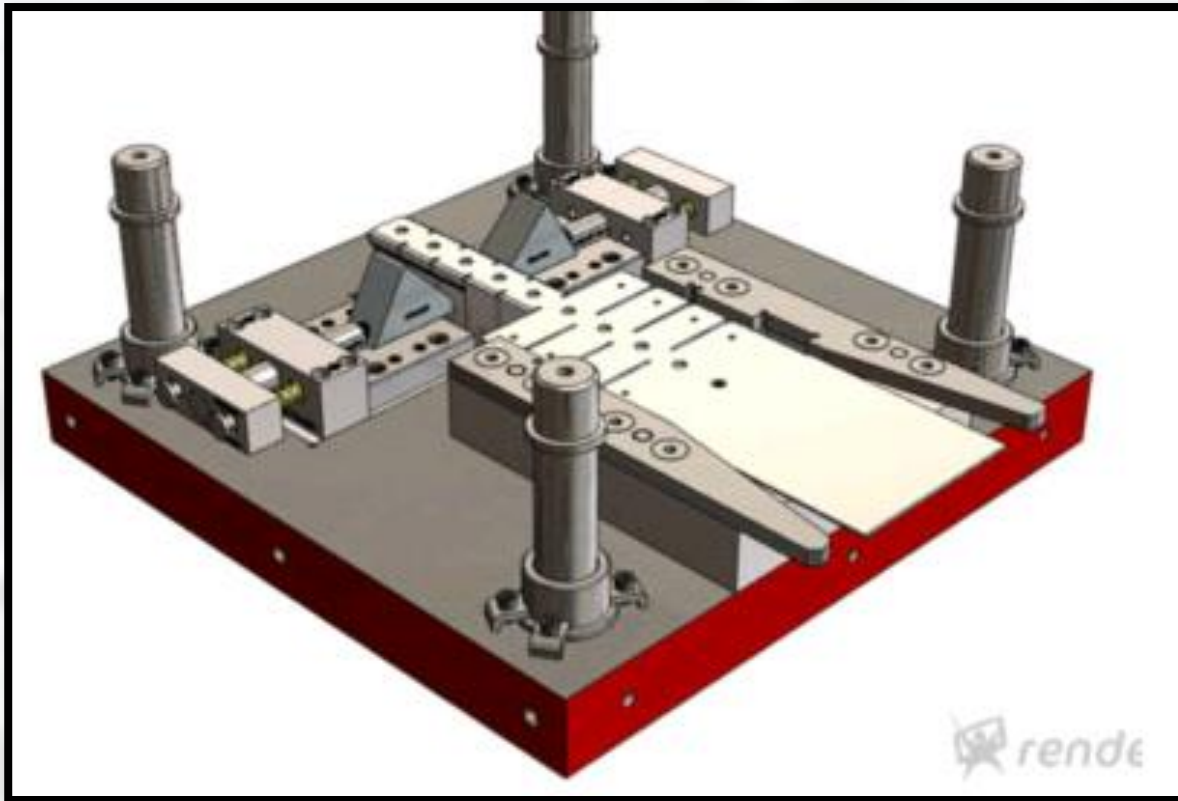
Matriz

Punção



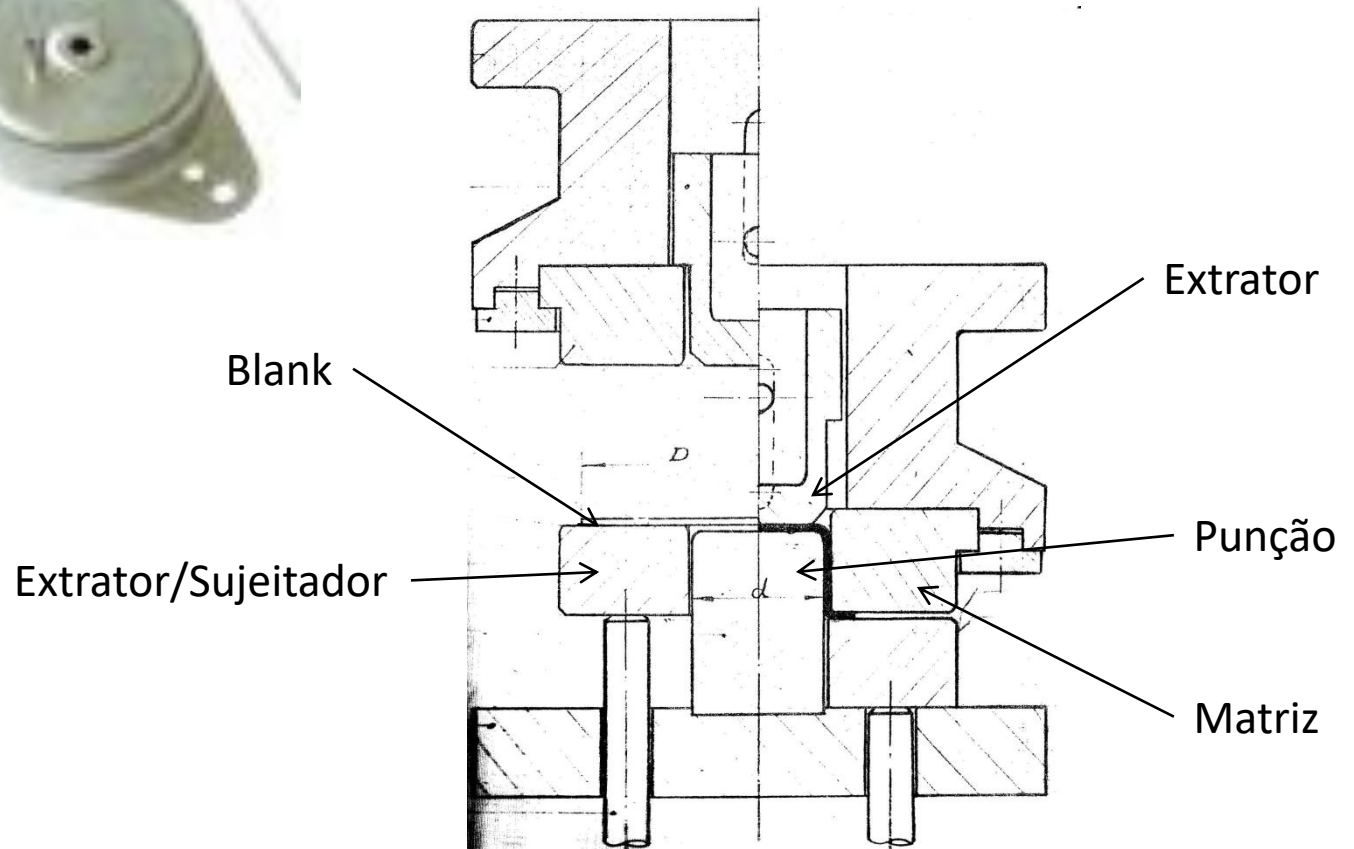


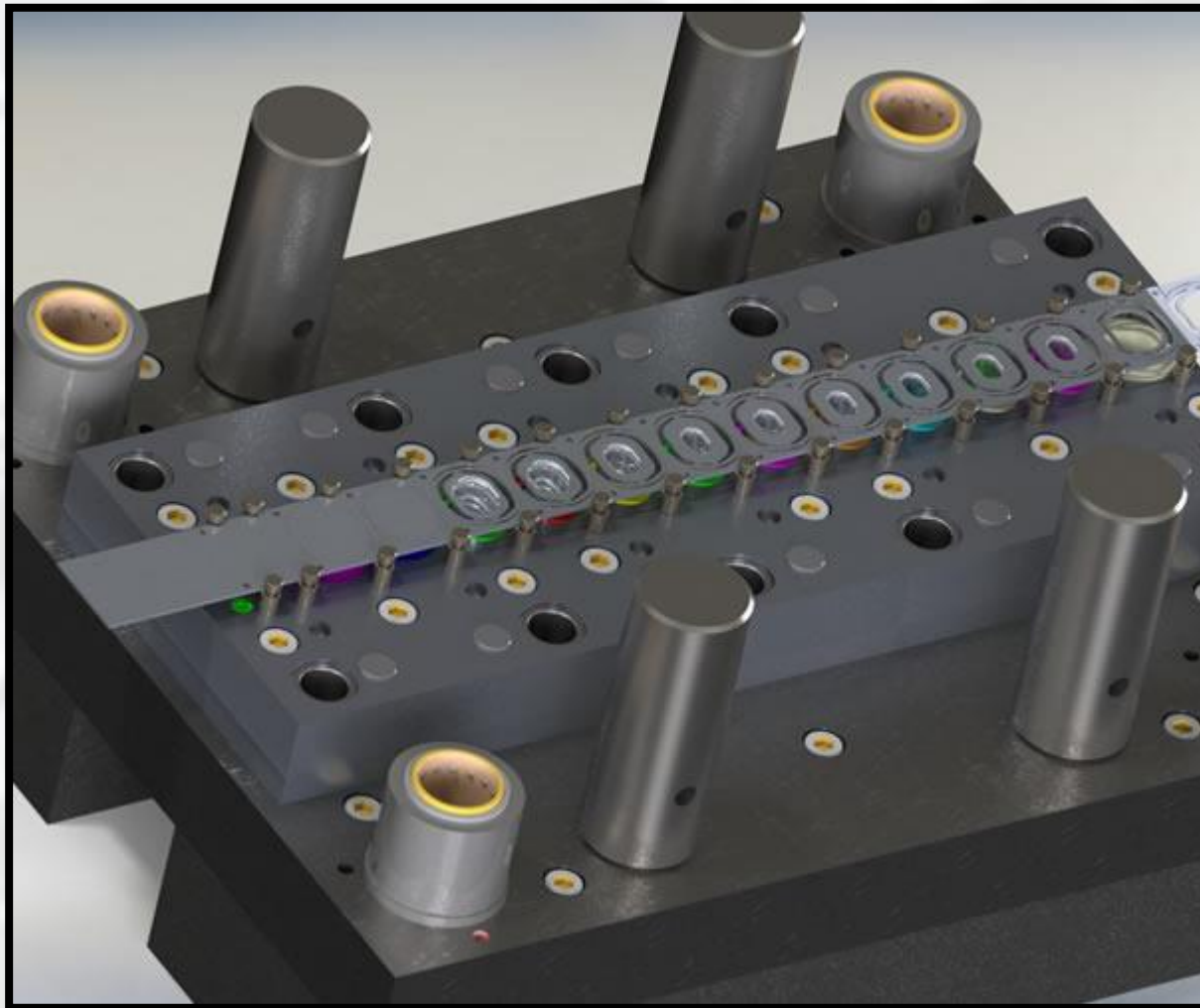
Ferramenta de Corte e Dobra



Ferramenta de Corte e Dobra

Ferramenta de Repuxo





Ferramenta de Repuxo

Questionamento: O que é Blank?



DEFINIÇÃO:

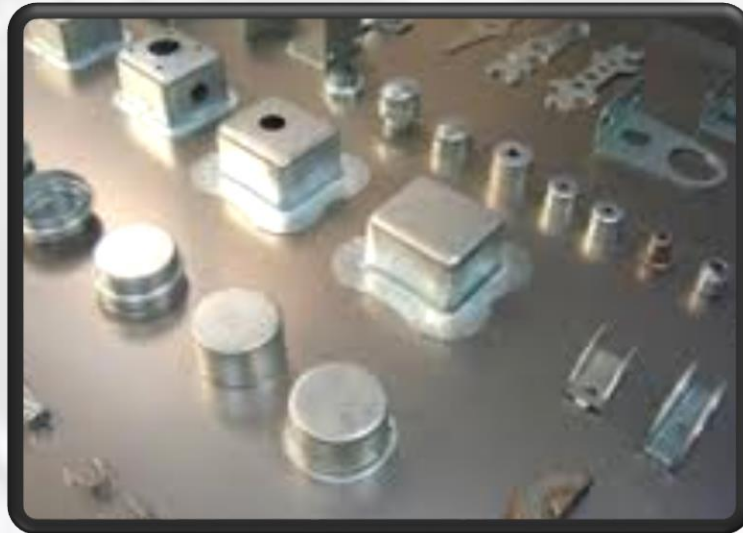
É a planificação de uma peça estampada, se esta foi dobrada, repuxada ou for o resultado da combinação destas operações.

Também é o material necessário para a fabricação de um componente que é resultado de uma operação de corte simples.

E no caso de ser um processo de estampagem em ferramentas individuais, é o produto da operação anterior, que depois de sofrer a operação se tornará blank para a operação seguinte, sucessivamente até o produto final.

Generalidades do Processo de Estampagem

- Capacidade de produção
- Baixo Custo
- Intercambiabilidade dos componentes
- Peso e rigidez do componente



Fatores que influenciaram no progresso do processo de Estampagem

- Melhora na qualidade da matéria prima;
- Melhora nos aços utilizados na construção do ferramental;
- Desenvolvimento de novos tratamentos superficiais;
- Criação de novos ciclos térmicos, (Criogenia)
- Advento da computação gráfica

Categorias de trabalhos em Estampagem

- Separação de material: cisalhar, puncionar, refilar e lancetar.



Categorias de trabalhos em Estampagem

- Modificações de volume ou forma do material: dobrar, repuxar e enrolar.



Estamparia



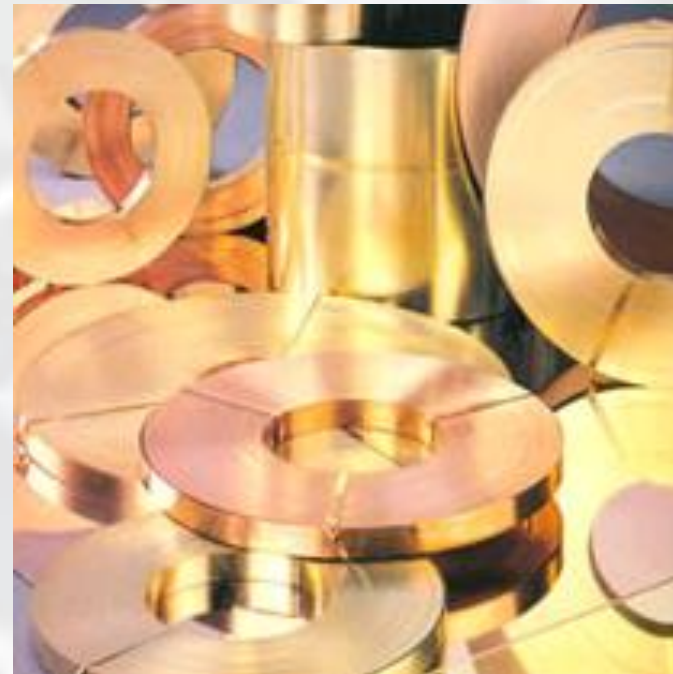
Formas de fornecimento de material base

- Chapas: 700x2000; 850x2000; 1000x2000
- Fitas, Tiras: cortadas a partir de bobinas.



Principais materiais utilizados em estampagem

- aço
- cobre
- alumínio
- níquel
- zinco
- metais preciosos



Verificações na matéria prima

- dimensões
- características mecânicas



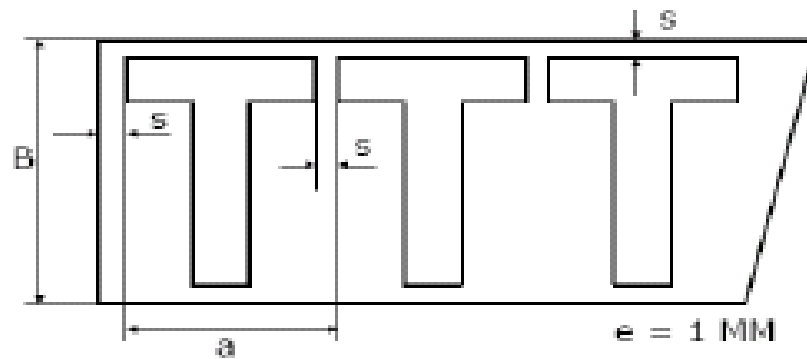
Estudo de aproveitamento de material

A disposição das peças na fita deve levar em conta:

- Economia de material
- Forma e as dimensões do componente
- Sentido de laminação, especialmente quando houver dobras.

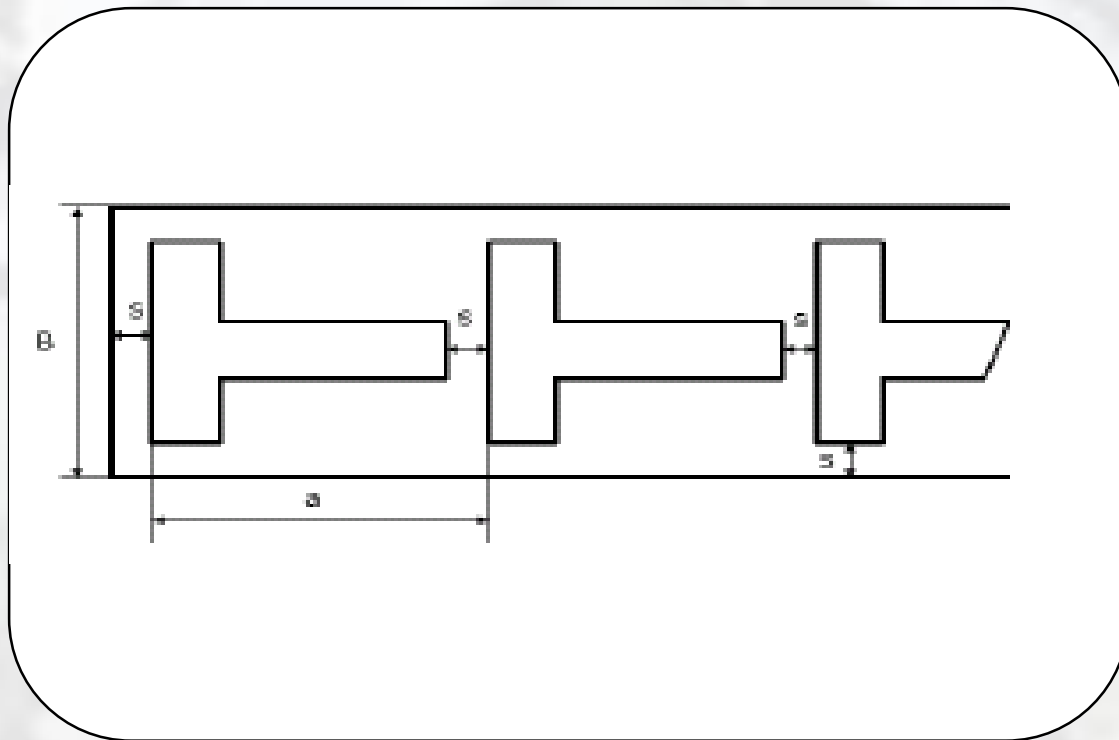
Layout

Disposição Normal (Vertical)

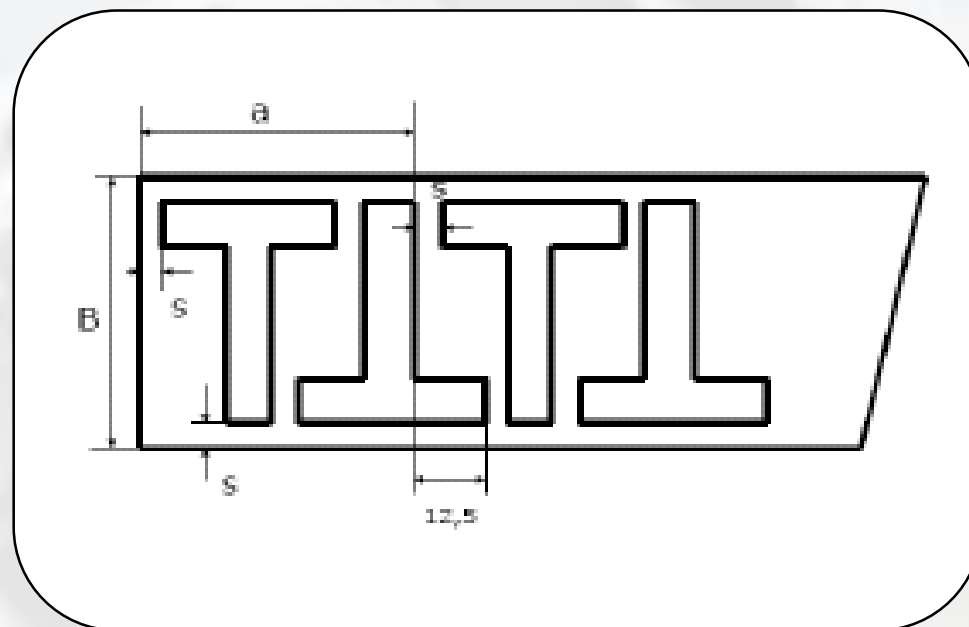


Layout

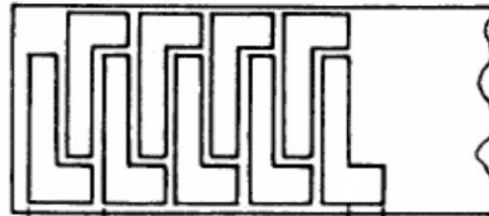
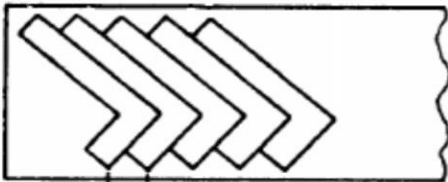
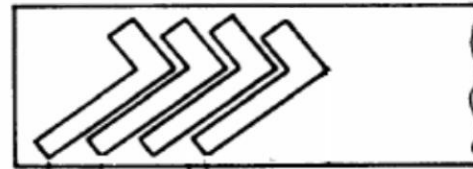
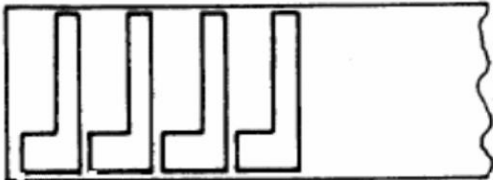
Disposição Normal (Horizontal)



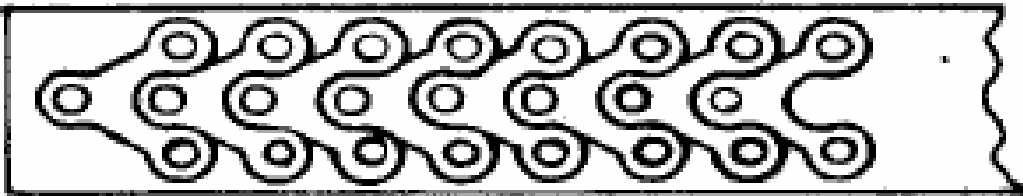
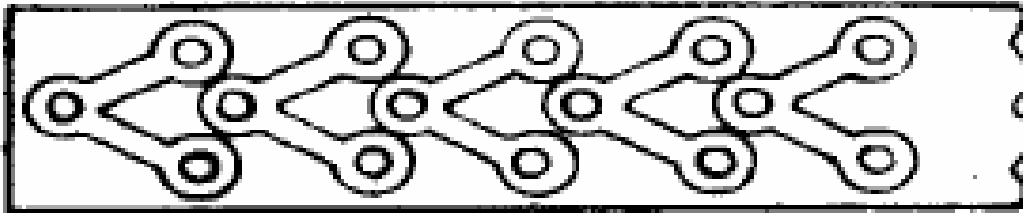
Layout Disposição Alternada



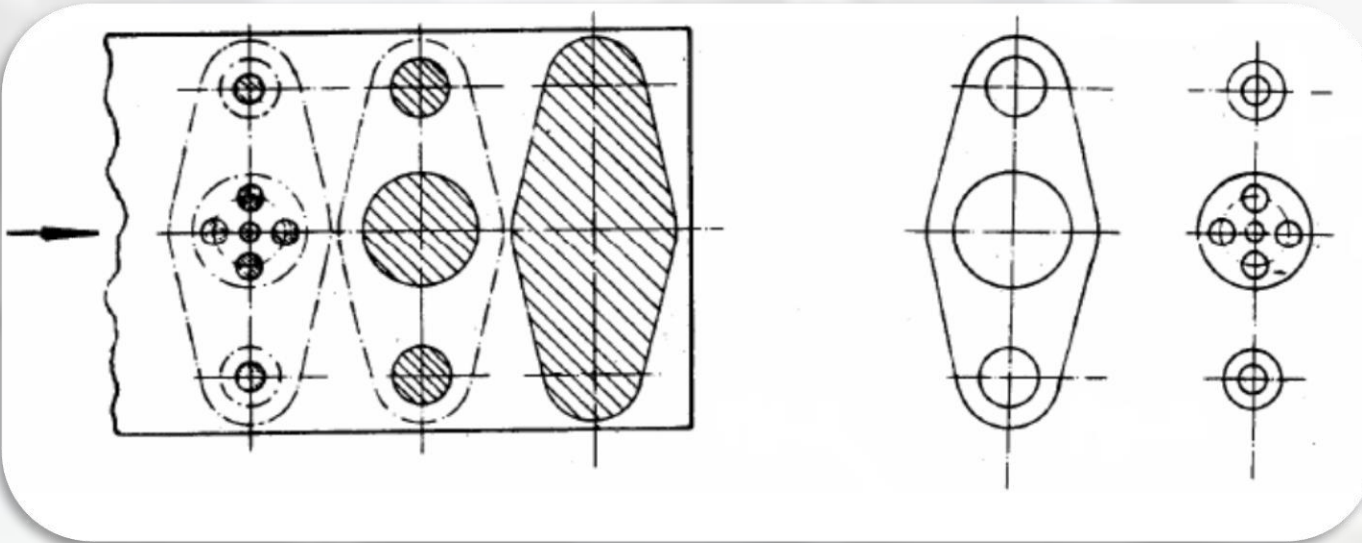
Layout



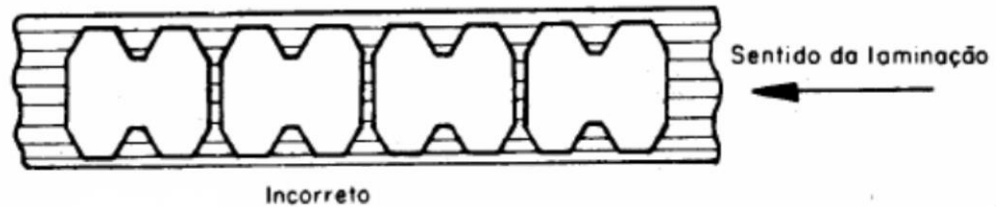
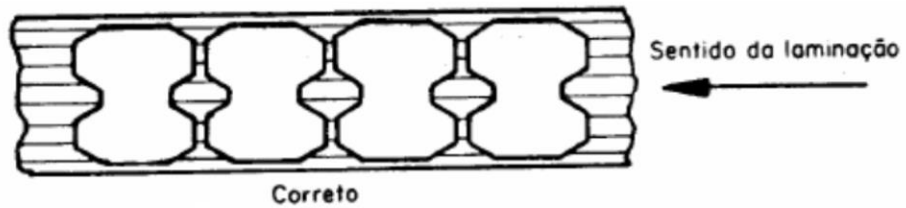
Layout



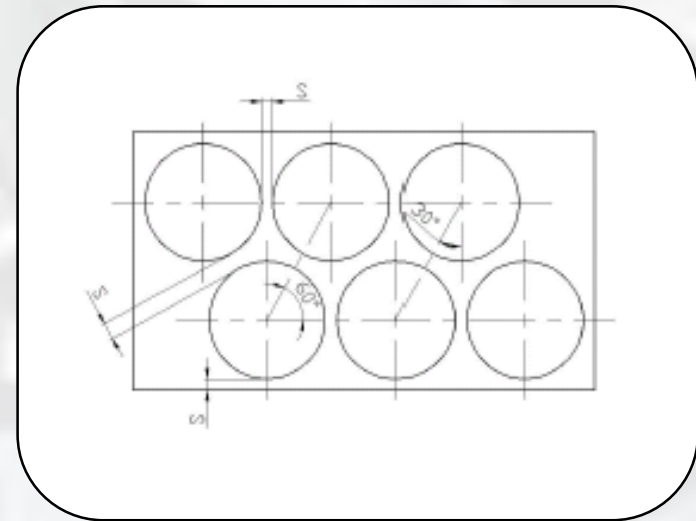
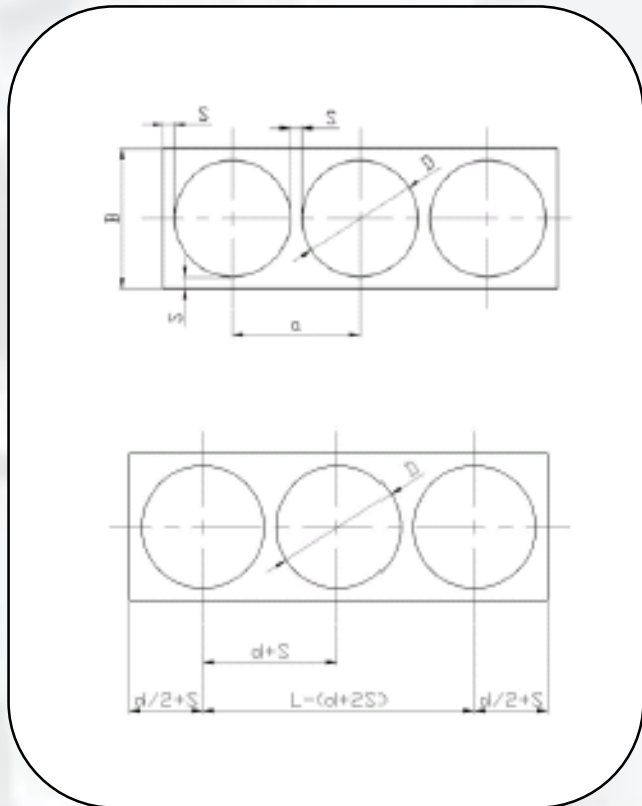
Layout



Layout



Layout De peças Circulares

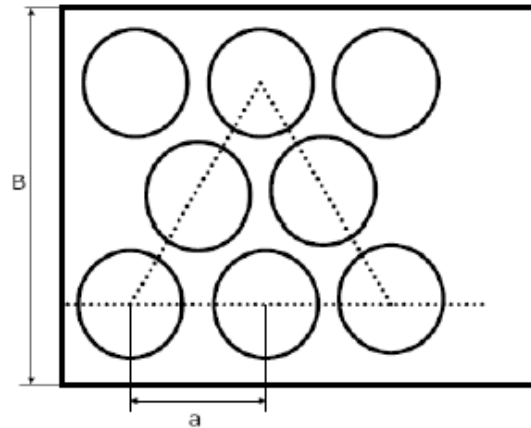


$$B = (D+S) \cdot \sin 60^\circ + D + 2S$$

$$a = D + S$$

$$n = \frac{[1 - (D + S) \cdot \sin 30^\circ + D + 2S]}{D + S} \cdot 2 + 2$$

Layout De peças Circulares



$$B = (2D + 2S) \cdot \sin 60^\circ + D + 2S$$

$$A = D + S$$

$$n = \left\{ \frac{[1 - (D + 2S)] \cdot 3}{D + S} \right\} + 2$$

Cálculo de aproveitamento da tira

$$\%UTILIZAÇÃO = \frac{A_p \cdot n}{A_v} \cdot 100$$

Onde:

A_p – área da peça

n – número de peças no avanço

A_v – área do avanço (passo)

ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE MATERIAL

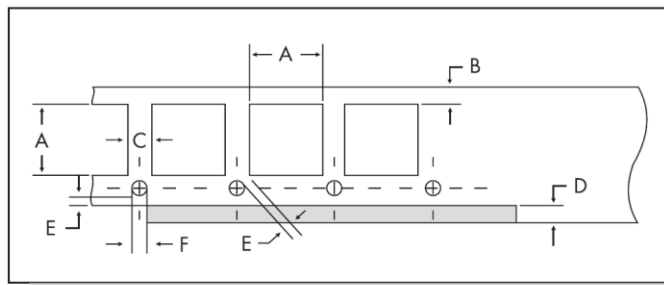


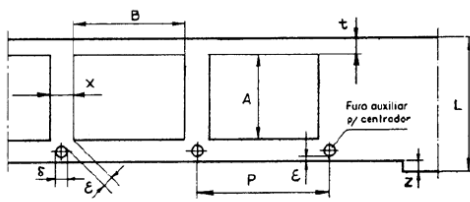
Fig (3)

| Material | Espessura (mm) | A (mm) | B (mm) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | F (mm) |
|---|----------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|--------|
| AÇO, FERRO LATÃO, BRONZE FOSFOROSO, ALUMÍNIO E AÇO INOXIDÁVEL | e ≤ 0,5 | Até 10 | 0,5 a 1,2 | 0,5 | 1 | 0,5 | 3 |
| | | 10 a 30 | 1,2 a 2 | 0,5 a 1 | 1 a 1,5 | 0,5 | 3 |
| | | 30 a 100 | 2 a 3 | 1,5 a 2 | 1,5 a 2 | 0,5 a 1 | 3,5 |
| | | 100 a 300 | 3 a 5 | 2 a 2,5 | 2 a 2,5 | 1 a 2 | 4 |
| | 0,5 < e ≤ 1 | Até 10 | 1 a 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 3 |
| | | 10 a 30 | 1,5 a 2 | 1 a 1,5 | 1,5 a 2 | 1 | 3,5 |
| | | 30 a 100 | 2 a 3,5 | 1,5 a 2 | 2 a 2,5 | 1 a 2 | 4 |
| | | 100 a 300 | 3,5 a 5,5 | 2 a 3,5 | 2,5 a 3 | 2 a 3 | 4 |
| | 1 < e ≤ 1,5 | Até 10 | 1,5 a 2 | 1,5 | 2 | 1,5 | 3 |
| | | 10 a 30 | 2 a 2,5 | 1,5 a 2 | 2 a 2,5 | 1,5 | 3,5 |
| | | 30 a 100 | 2,5 a 3,5 | 2 a 2,5 | 2,5 a 3 | 1,5 a 2,5 | 4 |
| | | 100 a 300 | 3,5 a 6 | 2,5 a 3,5 | 3 a 3,5 | 2,5 a 3,5 | 5 |
| | 1,5 < e ≤ 2 | Até 10 | 2 a 2,5 | 2 | 2,5 | 2 | 3,5 |
| | | 10 a 30 | 2,5 a 3,5 | 2 a 2,5 | 2,5 | 2 | 4 |
| | | 30 a 100 | 3,5 a 5 | 2,5 a 3,5 | 2,5 a 3 | 2 a 3 | 4 |
| | | 100 a 300 | 5 a 8 | 3,5 a 5 | 3 a 3,5 | 3 a 4 | 5 |
| | 2 < e ≤ 3 | Até 10 | 3 a 3,5 | 3 | 3,5 | 3 | 4 |
| | | 10 a 30 | 3,5 a 4 | 3 a 3,5 | 3,5 a 4 | 3 | 4 |
| | | 30 a 100 | 4 a 5 | 3,5 a 4,5 | 4 a 4,5 | 3 a 4,5 | 5 |
| | | 100 a 300 | 5 a 8 | 4,5 a 6 | 4,5 a 5 | 4,5 a 6 | 6 |
| | 3 < e ≤ 5 | Até 10 | 5 a 5,5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | 10 a 30 | 5,5 a 6 | 5 a 5,5 | 5 a 6 | 6 | 5 |
| | | 30 a 100 | 6 a 8 | 5,5 a 6 | 6 a 7 | 6 a 8 | 6 |
| | | 100 a 300 | 8 a 10 | 6 a 8 | 7 a 8 | 8 a 10 | 8 |

ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE MATERIAL

Alguns autores e alguns industriais adotam para o estudo da tira os dados fornecidos pela tabela abaixo.

Estes valores são de orientação e podem ser alterados convenientemente. Eles são escolhidos em relação a A ou B conforme o caso, dependendo da influência de cada um. É bom não esquecer que a tira de sobra deverá permanecer *rigida*.



| | Espessura mm | A ou B | x | t | z | ε | δ | |
|---|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------|------------|--------|
| | | | | | | | | |
| Aço doce, ferro, latão, bronze fosforoso, alumínio e similares | 0,2-0,5 | 10 | 0,5 | 0,5-1,2 | 1 | 0,5 | 3 | |
| | | 10-30 | 0,5-1 | 1,2-2 | 1-1,5 | 0,5 | 3 | |
| | | 30-100 100-300 | 1-2 2-3 | 2-3 3-5 | 1,5-2 2-2,5 | 0,5-1 1-2 | 3,5 4 | |
| | 0,5-1 | 10 | 1 | 1-1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 | 3 |
| | | 10-30 | 1-1,5 | 1,5-2 | 1,5-2 | 1,5-2 | 1 | 3,5 |
| | | 30-100 100-300 | 1,5-2 2-3,5 | 2-3,5 3,5-5,5 | 2-2,5 2,5-3 | 2-2,5 2,5-3 | 1-2 2-3 | 4 4 |
| | 1-1,5 | 10 | 1,5 | 1,5-2 | 2 | 2 | 1,5 | 3 |
| 10-30 | | 1,5-2 | 2-2,5 | 2-2,5 | 2-2,5 | 1,5 | 3,5 | |
| 30-100 100-300 | | 2-2,5 2,5-3,5 | 2,5-3,5 3,5-6 | 2,5-3 3-3,5 | 2,5-3 3-3,5 | 1,5-2,5 2,5-3,5 | 4 5 | |
| 1,5-2 | 10 | 2 | 2-2,5 | 2,5 | 2,5 | 2 | 3,5 | |
| | 10-30 | 2-2,5 | 2,5-3,5 | 2,5 | 2,5 | 2 | 4 | |
| | 30-100 100-300 | 2,5-3,5 3,5-5 | 3,5-5 5-6 | 2,5-3 3-3,5 | 2,5-3 3-3,5 | 2-3 3-4 | 4 5 | |
| 2-3 | 10 | 3 | 3-3,5 | 3,5 | 3,5 | 3 | 4 | |
| | 10-30 | 3-3,5 | 3,5-4 | 3,5-4 | 3,5-4 | 3 | 4 | |
| | 30-100 100-300 | 3,5-4,5 4,5-6 | 4-5 5-6 | 4-4,5 4,5-5 | 4-4,5 4,5-5 | 3-4,5 4,5-6 | 5 6 | |
| 3-5 | 10 | 5 | 5-5,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| | 10-30 | 5-5,5 | 5,5-6 | 5-6 | 5-6 | 6 | 5 | |
| | 30-100 100-300 | 5,5-6 6-8 | 6-8 8-10 | 6-7 7-8 | 6-7 7-8 | 6-8 8-10 | 6 8 | |
| Bauquitte, mica, micanteite, etc. | 0,2-0,5 | 10 | 2 | 2-2,5 | 2,5 | 1,5 | 3 | |
| | | 10-30 | 2-2,5 | 2,5-3 | 2,5-3 | 1,5-2 | 3,5 | |
| | | 30-100 100-300 | 2,5-3 3-4 | 3-4 4-5 | 3-4 4-5 | 2-2,5 2,5-3 | 4 6 | |
| | 0,5-1 | 10 | 2,5 | 2,5-3 | 2,5 | 2 | 3 | |
| | | 10-30 | 2,5-3 | 3-4 | 2,5-3 | 2-2,5 | 3,5 | |
| | | 30-100 100-300 | 3-4 4-6 | 4-6 6-8 | 3-4 4-5 | 2,5-3 3-4 | 4 6 | |
| 1-2 | 10 | 3 | 3-4 | 3 | 2,5 | 3 | | |
| | 10-30 | 3-4 | 4-5 | 3-4 | 2,5-3 | 3,5 | | |
| | 30-100 100-300 | 4-5 5-6,5 | 5-6,5 6,5-10 | 4-5 5-6 | 3-4 4-6 | 5 6 | | |
| Cedron, fibra, papelão, etc. | 0,2-0,5 | 10 | 0,5 | 1 | 2 | 0,5 | 3 | |
| | | 10-50 | 0,5-2 | 1-3 | 2-3 | 0,5-1,5 | 3,5 | |
| | | 50-200 | 2-4 | 3-5 | 3-5 | 1,5-5 | 4 | |
| | 0,5-1,5 | 10 | 1,5 | 1,5 | 3 | 1 | 3 | |
| | | 10-50 | 1,5-3 | 1,5-3,5 | 3-4 | 1-1,5 | 3,5 | |
| | | 50-200 | 3-5 | 3,5-5,5 | 4-5 | 1,5-3 | 4 | |
| 1,5-3 | 10 | 3 | 3 | 5 | 2,5 | 3 | | |
| | 10-50 | 3-5 | 3-6 | 6 | 2,5-4 | 3,5 | | |
| | 50-200 | 5-7 | 6-10 | 7 | 4-5 | 5 | | |

Exercício

Determinar as possíveis disposições do produto proposto, numa fita. Utilizando chapa de aço 1x1000x2000.

Calcular:

- 1. Passo (avanço)**
- 2. Largura da fita**
- 3. Área da peça**
- 4. Área do passo**
- 5. % de Utilização da chapa**
- 6. Melhor disposição de corte**

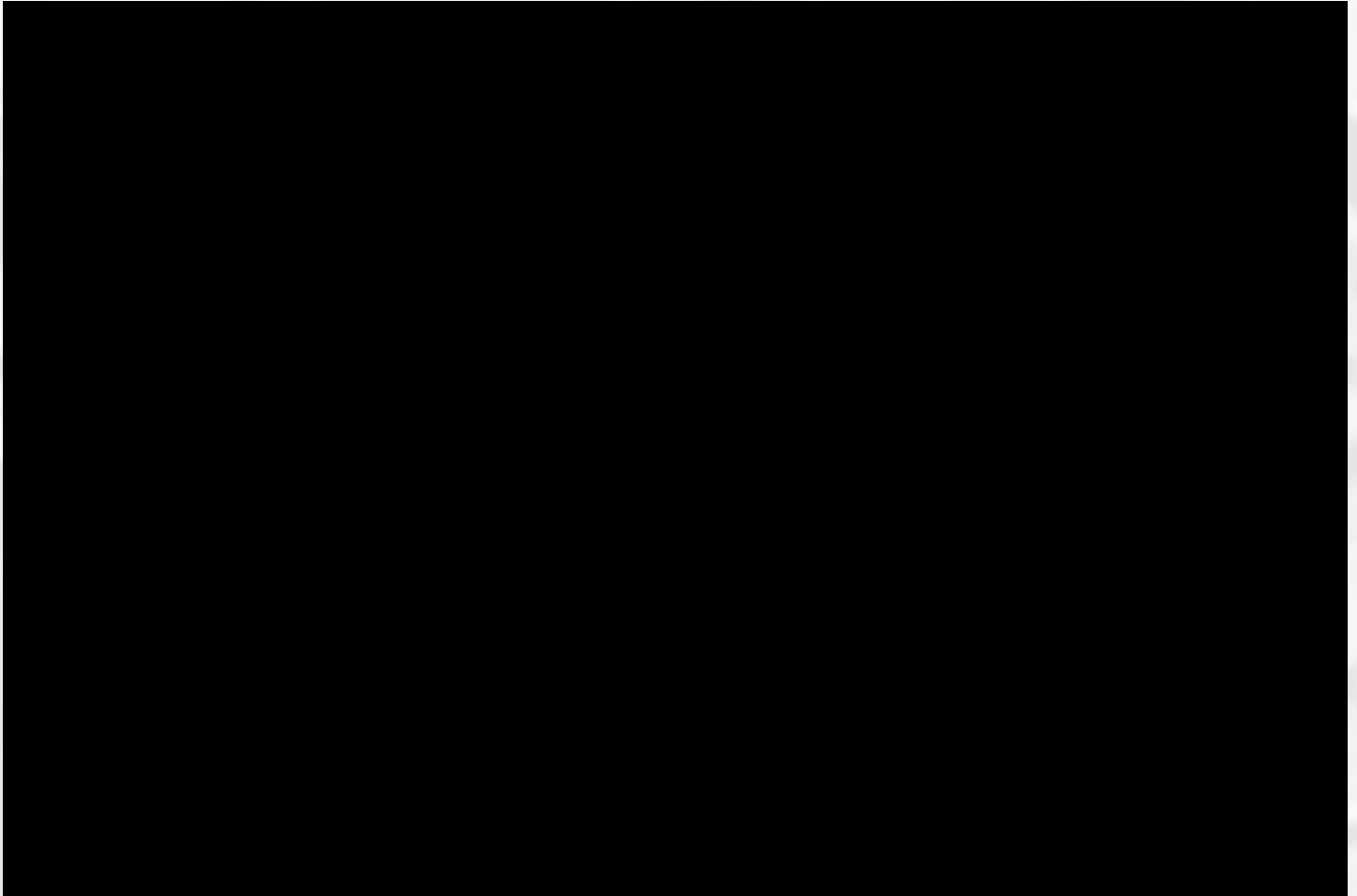
Exercício

Número de peças por tira: n_{pt}
Número de peças por chapa: n_{pc}

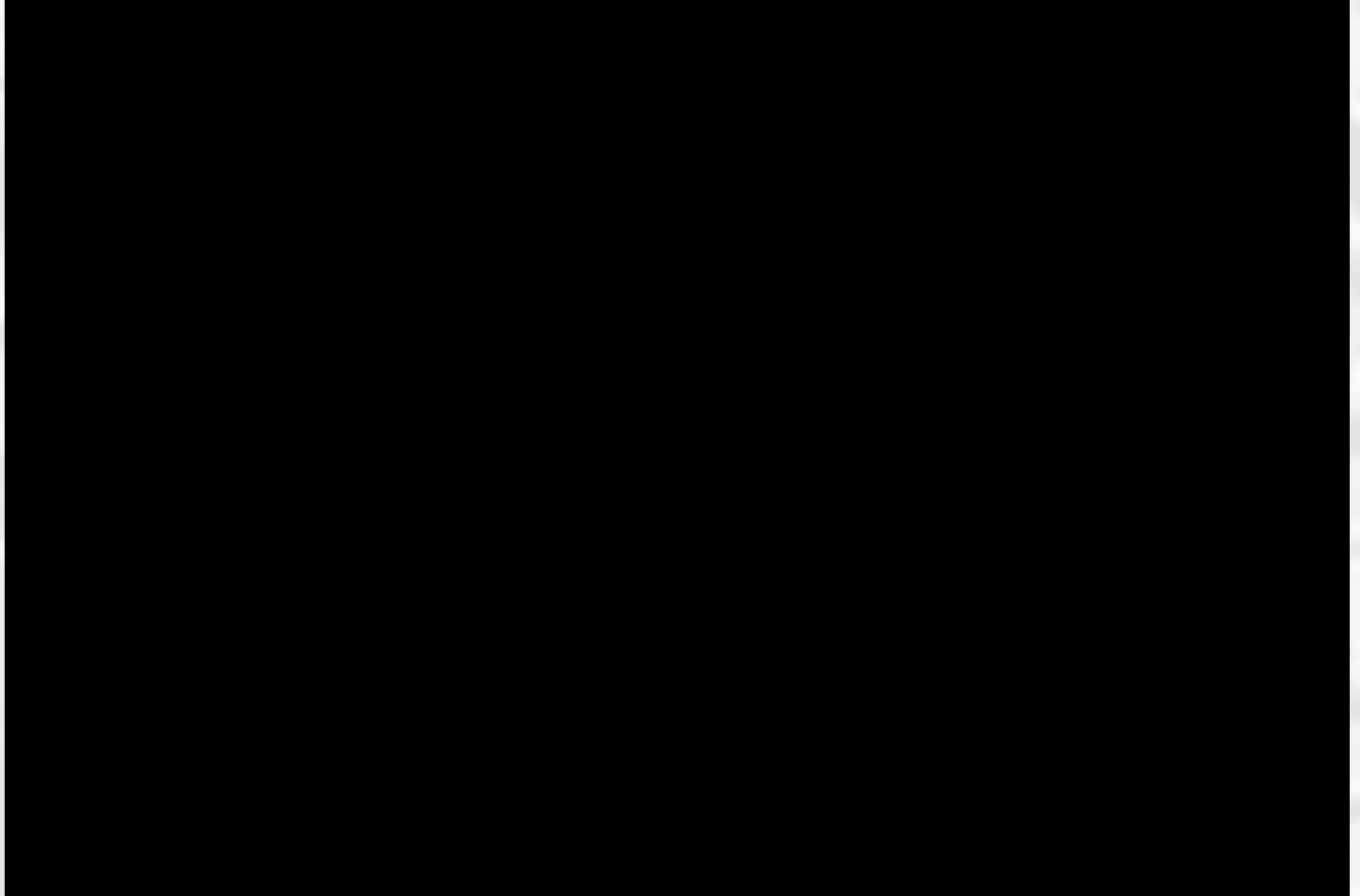
Corte com tesoura guilhotina



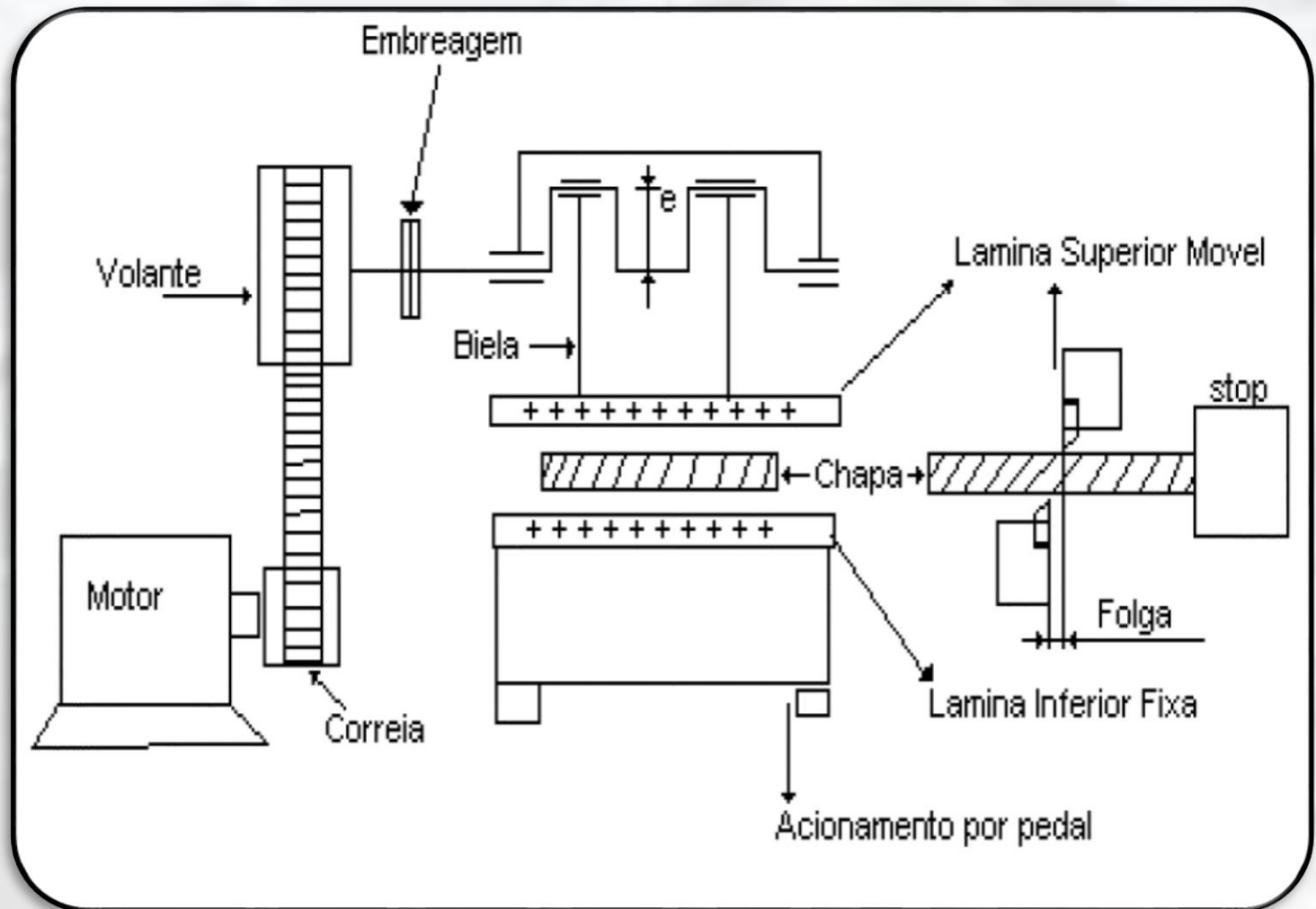
Corte com tesoura guilhotina



Corte com tesoura guilhotina

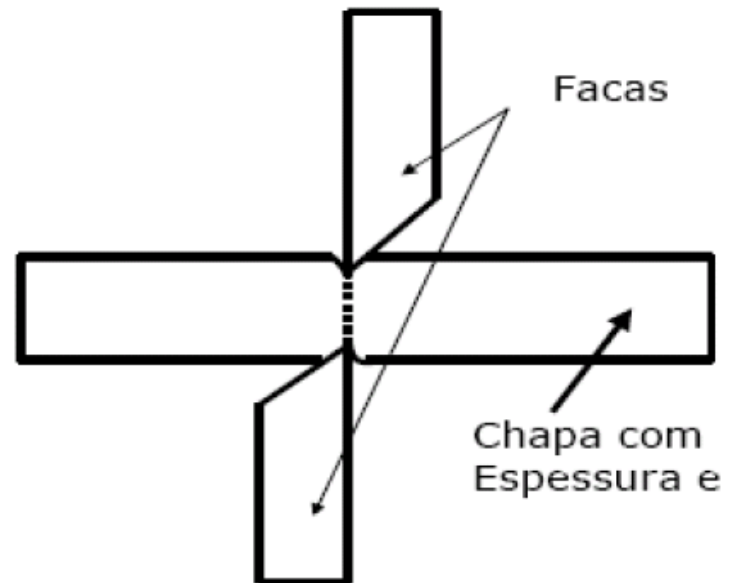


Corte com tesoura guilhotina



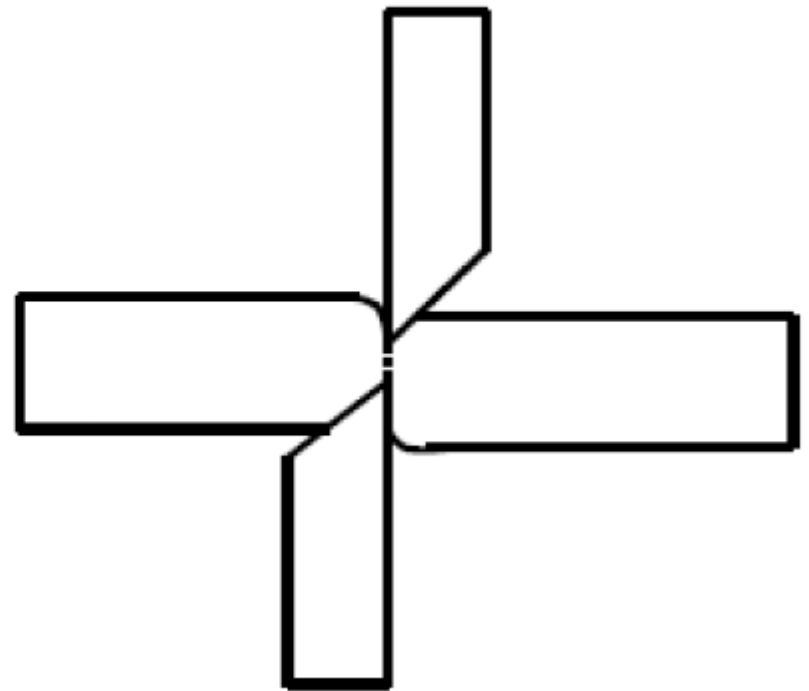
Corte com tesoura guilhotina

1ª Fase: Deformação Plástica



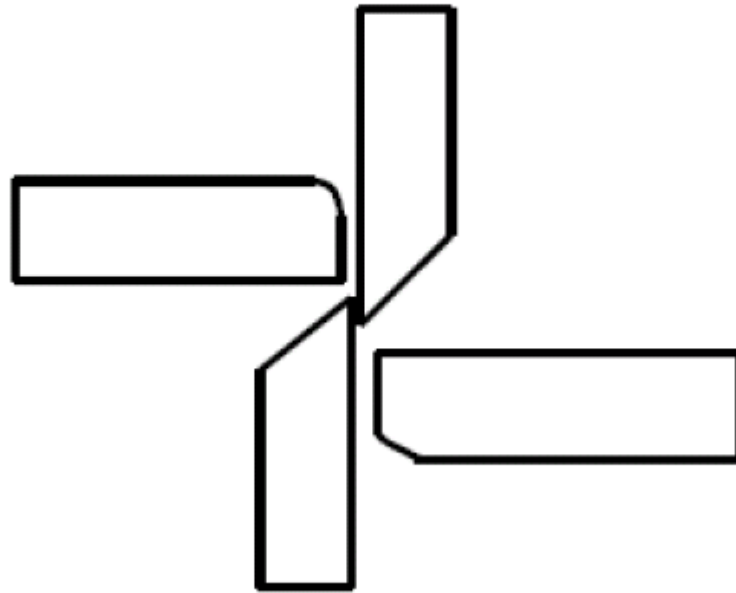
Corte com tesoura guilhotina

2ª fase: Cisalhamento



Corte com tesoura guilhotina

3ª Fase: Ruptura



Força de corte em estampagem

Força de corte:

$$F_c = A_c \times \delta_{cis}$$

Onde:

F_c – Força *de corte*

A_c – Área de corte (secção)

δ_{cis} - Tensão de cisalhamento

Corte com tesoura guilhotina

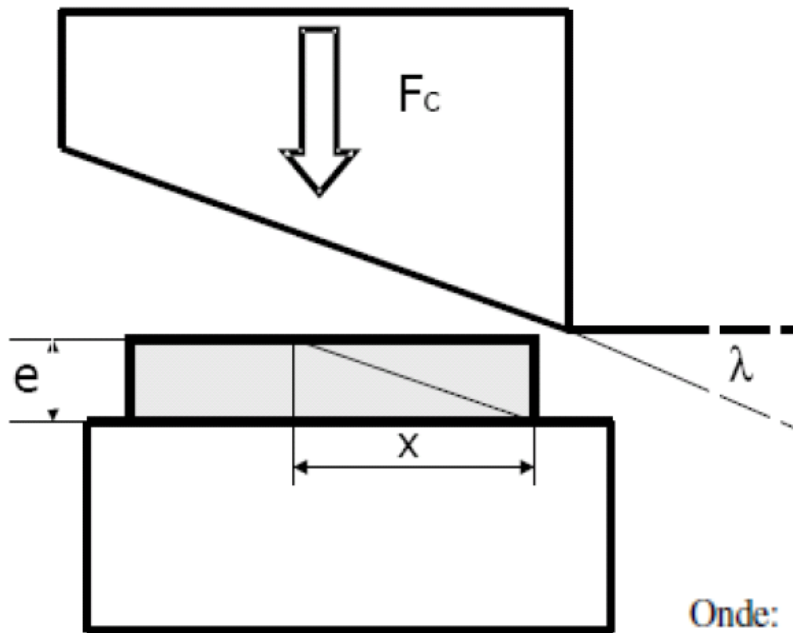
Tanto para corte em estampagem quanto em corte com tesoura guilhotina de faca plana, é a mesma forma de cálculo.

Exercício:

Determinar qual a força de corte (F_c), necessária para cortar uma chapa de 6 mm de espessura com 40cm de largura.

Dados: $\delta_{cis} = 32 \text{kgf/cm}^2$

Corte com tesoura guilhotina com faca inclinada



$$\frac{e}{x} = \operatorname{tg} \lambda \quad (1)$$

$$A_c = \frac{e \cdot x}{2} \quad (2)$$

$$F_c = A_c \cdot \tau_{cis}$$

$$A_c = \left. \begin{array}{l} \frac{e^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \lambda} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{array}{l} F_c = A_c \cdot \tau_{cis} \end{array} \right\} \quad F_c = \frac{e^2 \cdot \tau_{cis}}{2 \cdot \operatorname{tg} \lambda} \quad (4)$$

Onde:

A_c = Área de corte

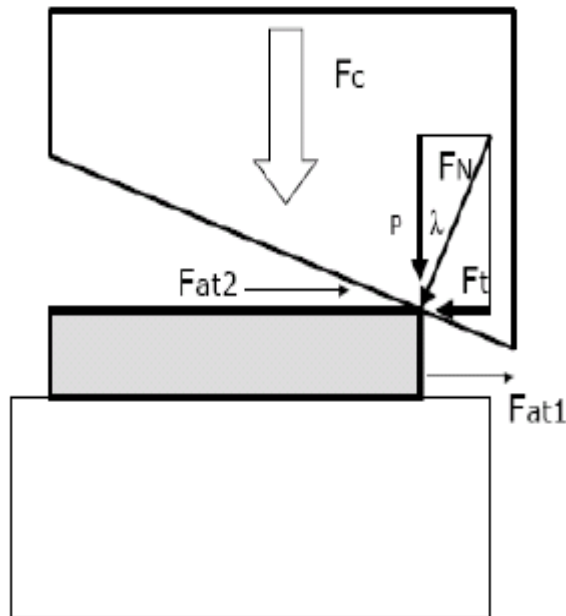
e = Espessura da chapa

λ = Inclinação da faca em graus

F_c = Força d corte

τ_{cis} = Tensão de cisalhamento da chapa

Condição máxima de inclinação das facas



$$2 F_{at} \geq F_t \quad (1)$$

$$P = F_N \cdot \cos \lambda \quad (2)$$

$$F_t = F_N \cdot \sin \lambda \quad (3)$$

$$F_{at} = P \cdot \mu \quad (4)$$

Obs : Valores típicos de $\lambda =$ de 8° a 10°

\therefore de (1) e (4)

$$2 F_{at} = 2P \cdot \mu$$

$$\therefore 2P \cdot \mu \geq F_t$$

$$2 F_N \cdot \cos \lambda \cdot \mu \geq F_N \cdot \sin \lambda$$

$$2 \cos \lambda \cdot \mu \geq \sin \lambda$$

$$2 \mu \geq \operatorname{tg} \lambda \quad (5)$$

Onde: F_{at} = Força de Atrito

F_n = Força Normal

F_t = Componente Horizontal da Força Normal

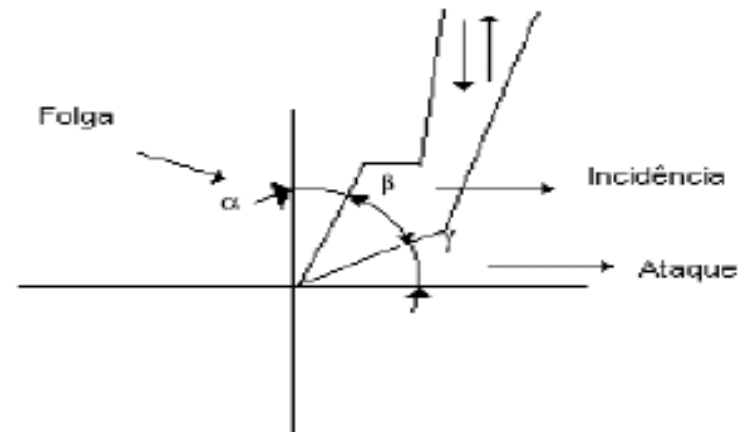
F_c = Força d corte

μ = Coeficiente de atrito

Particularidades do processo



Geometria de corte das facas.



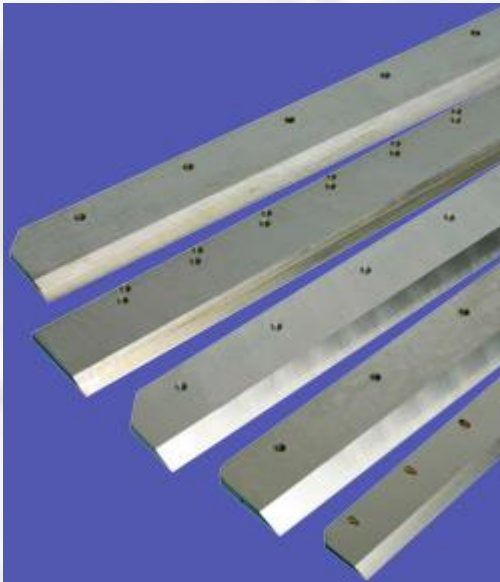
Um ângulo menor de β implica em redução na resistência da faca.

A potência requerida aumenta para maiores ângulos de β .

Ângulos típicos:

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| $\beta = 77 \text{ a } 85^\circ$ | $\gamma = 0 \text{ a } 10^\circ$ | $\alpha = 0 \text{ a } 6^\circ$ | $\Sigma\alpha\beta\gamma = 90^\circ$ |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|

Particularidades do processo



Folga entre as facas da guilhotina.

$$\text{Folga} = \frac{\text{Espessura}}{25}$$

| |
|----------------------------|
| $\mu = 0,2$ (aço / aço) |
| $\mu = 0,11$ (aço / cobre) |
| $\mu = 0,15$ (aço / Al) |

Exercícios

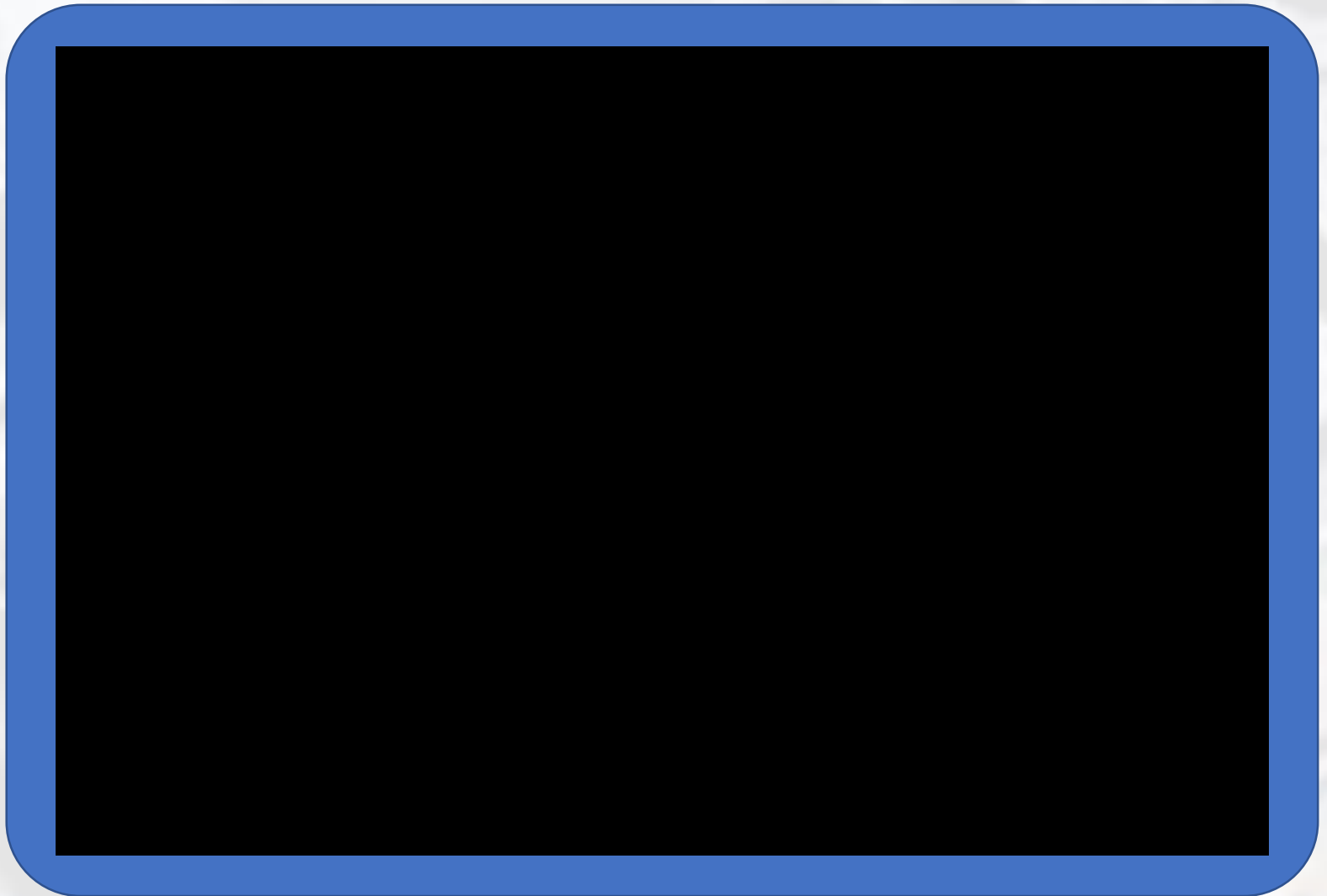
1- Determinar qual é a máxima inclinação das facas para a mesma chapa do caso anterior, porém, considerando faca inclinada, onde:

$$\mu = 0,15 \text{ (aço/alumínio)}.$$

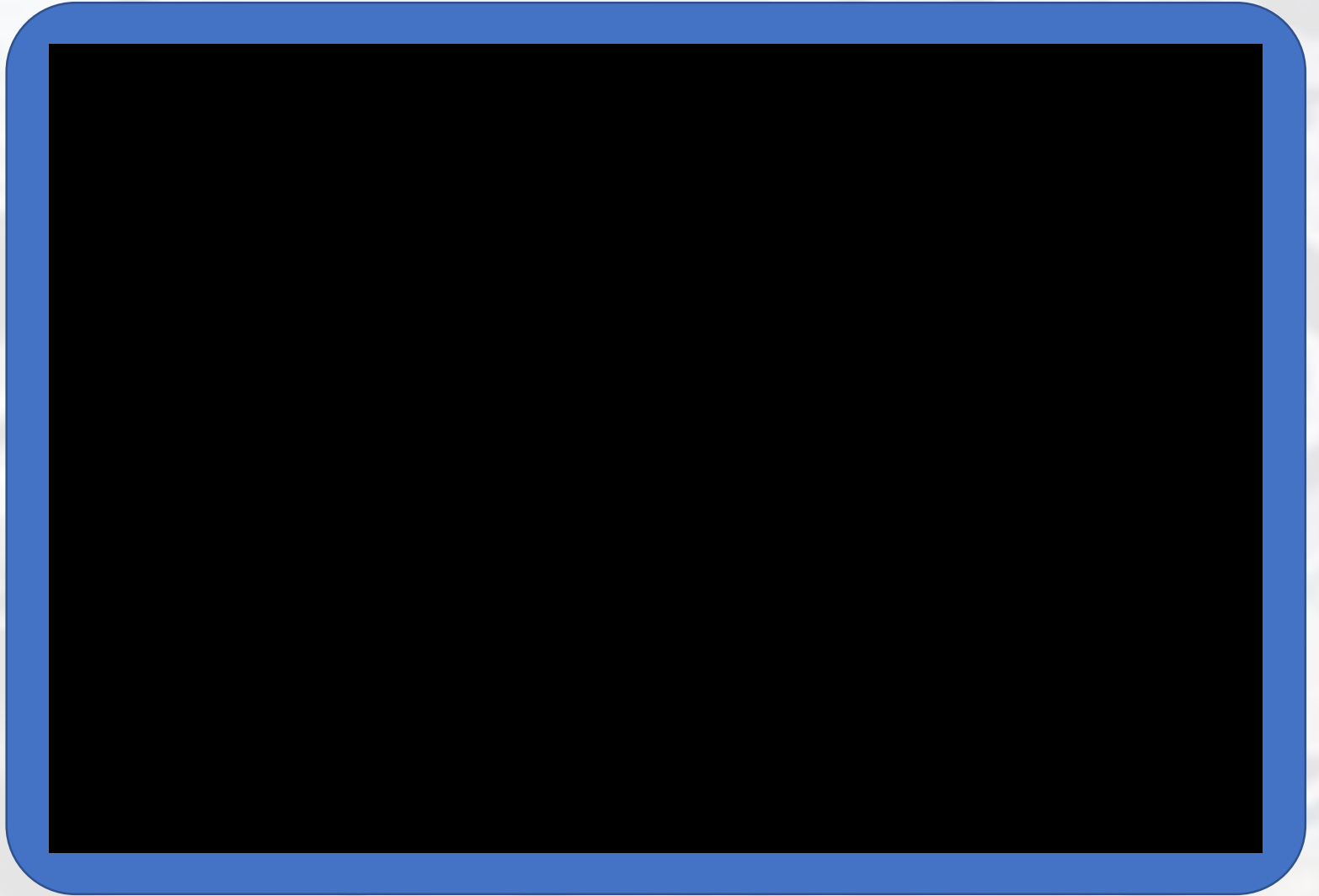
2 - Uma indústria deseja comprar uma tesoura guilhotina para cortar chapas de aço, cobre e alumínio. Determinar a capacidade da tesoura e o ângulo de inclinação das facas, sabendo-se que as espessuras máximas das chapas são:

| | | |
|----------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Aço – 1” | $\tau_{cis} = 30 \text{ kgf / mm}^2$ | $\mu = 0,2 \text{ (aço / aço)}$ |
| Cobre – 1 1/2” | $\tau_{cis} = 20 \text{ kgf / mm}^2$ | $\mu = 0,11 \text{ (aço / cobre)}$ |
| Alumínio - 2” | $\tau_{cis} = 17 \text{ kgf / mm}^2$ | $\mu = 0,15 \text{ (aço / Al)}$ |

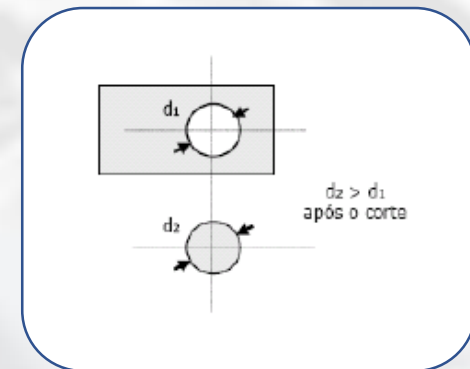
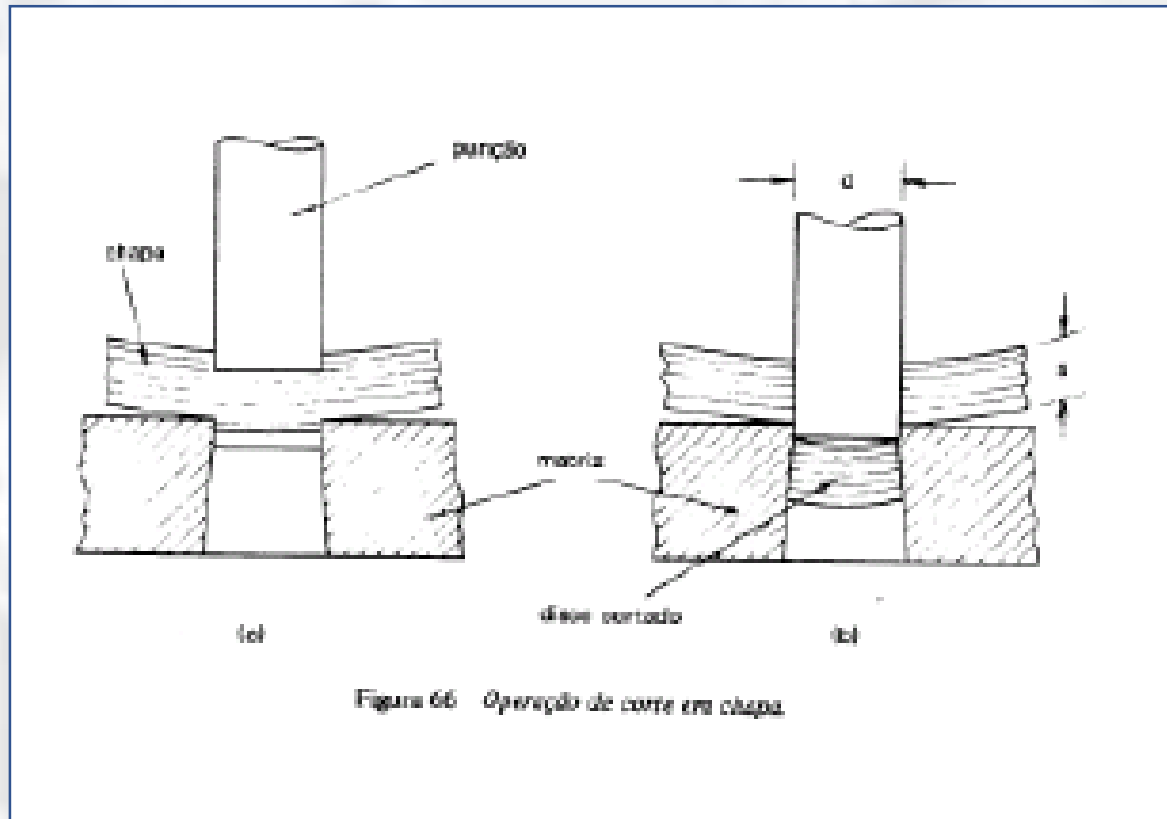
Ferramentas de corte



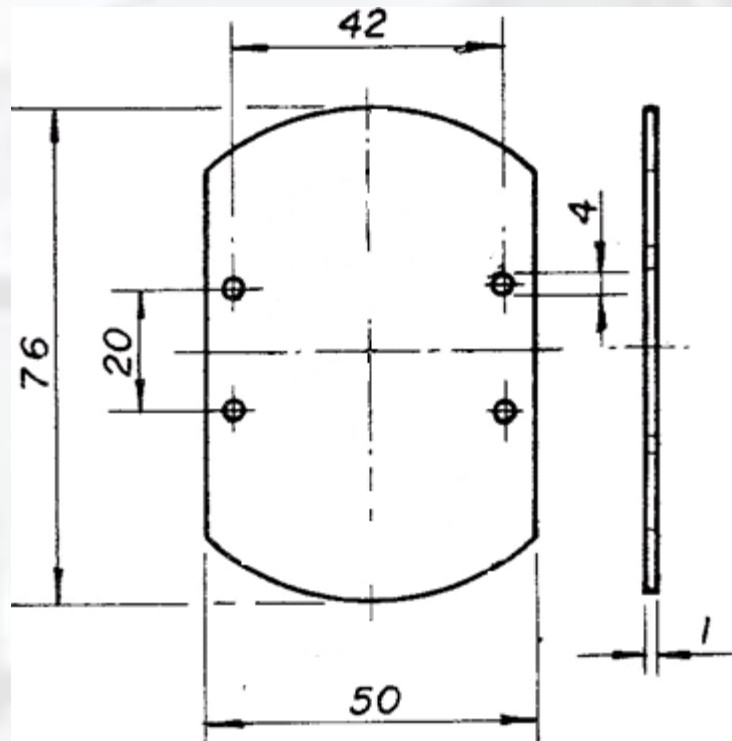
Ferramentas de Progressivo



Puncionamento

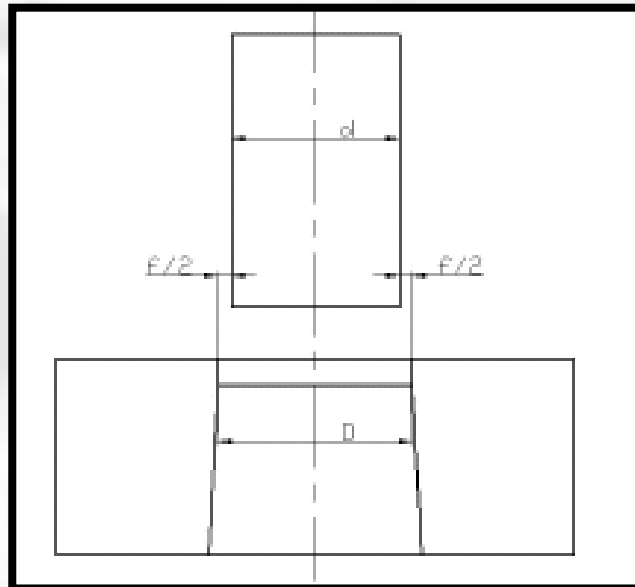


Exercício



$$\delta_{cis} = 32 \text{ kgf/mm}^2$$

Folga entre punção e matriz



Segundo Oehler:

$$f/2 = 0,005 \cdot e \cdot \sqrt{\tau_{cis}} \quad p/ e \leq 3 \text{ mm}$$

$$f/2 = (0,010 \cdot e - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{cis}} \quad p/ e > 3 \text{ mm}$$

e = espessura da chapa (mm)

τ_{cis} = tensão de cisalhamento (kgf/mm²)

$$(f = D - d)$$

Obs : Folgas excessivas provocam rebarbas na peça.
Folgas pequenas provocam desgaste rápido das arestas de corte.

Regra de corte

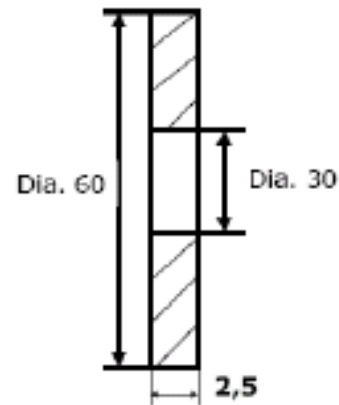
Peça recortada - Matriz com \emptyset nominal (mínimo)

Furo estampado - Punção com \emptyset nominal (máximo)

Exercício

Determinar as dimensões dos punções e matrizes para estampagem da arruela abaixo. Calcular a força de corte e esquematizar o ferramental.

Material : Aço SAE 1020 $\tau_{cis} = 28 \text{ kgf/mm}^2$

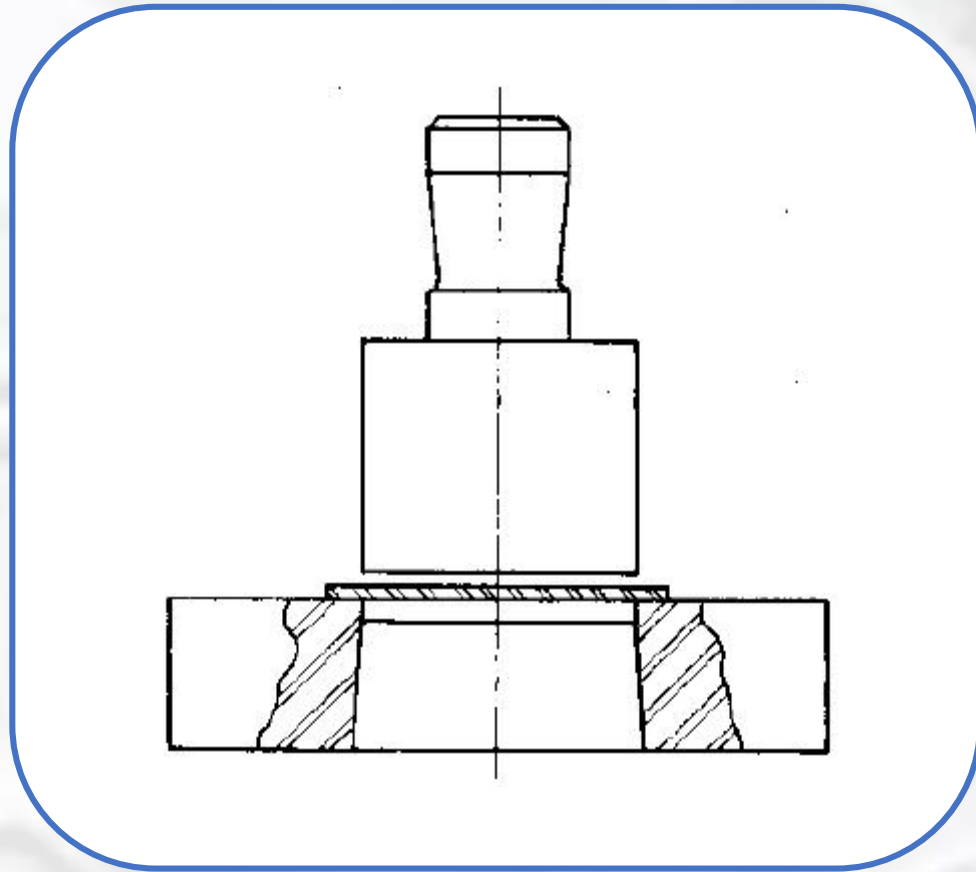


Estudo de aproveitamento de material (baixa produção)

- Chapas: 700x2000; 850x2000; 1000x2000
- Fitas, Tiras: cortadas a partir destas chapas.

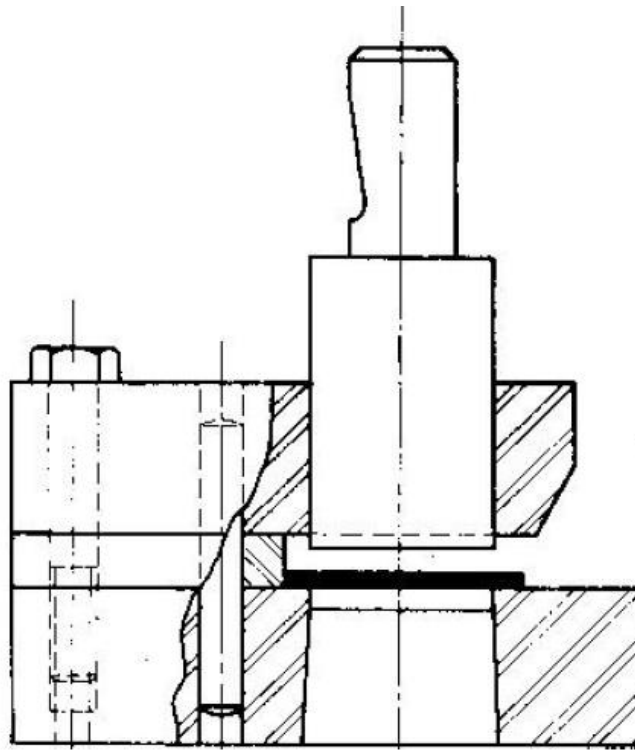


Tipos construção de Estampas



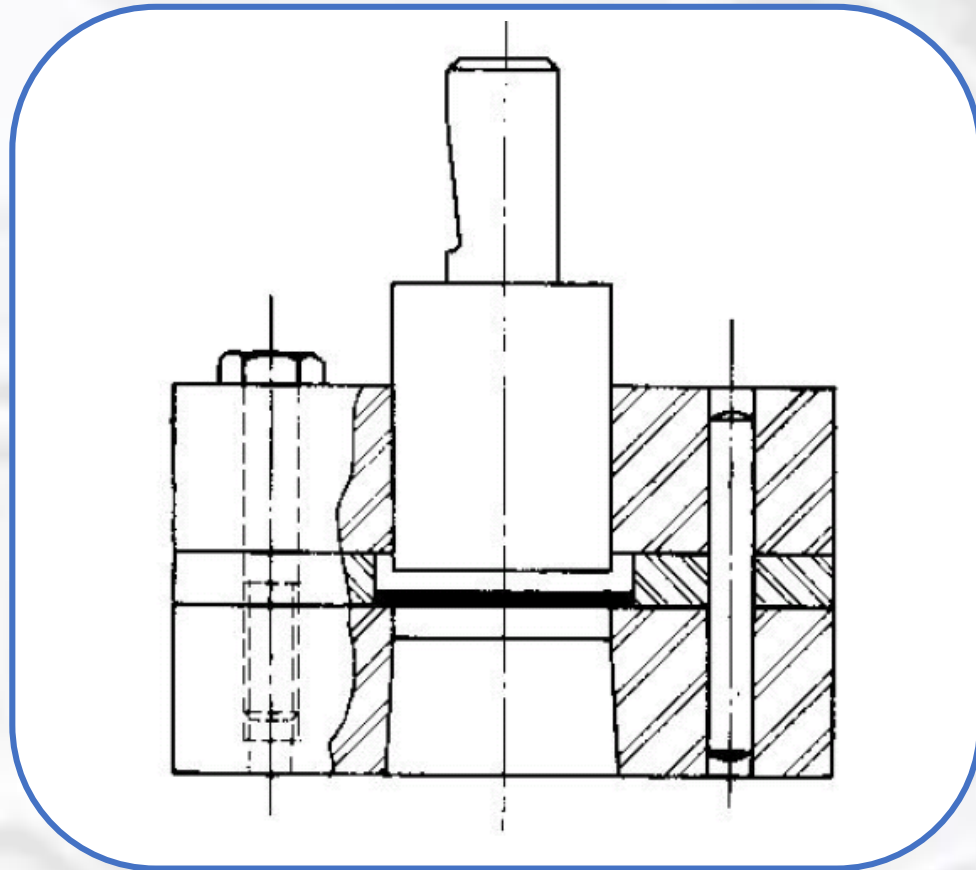
CORTE SIMPLES

Tipos construção de Estampas



ABERTO COM GUIA PARA O PUNÇÃO

Tipos construção de Estampas

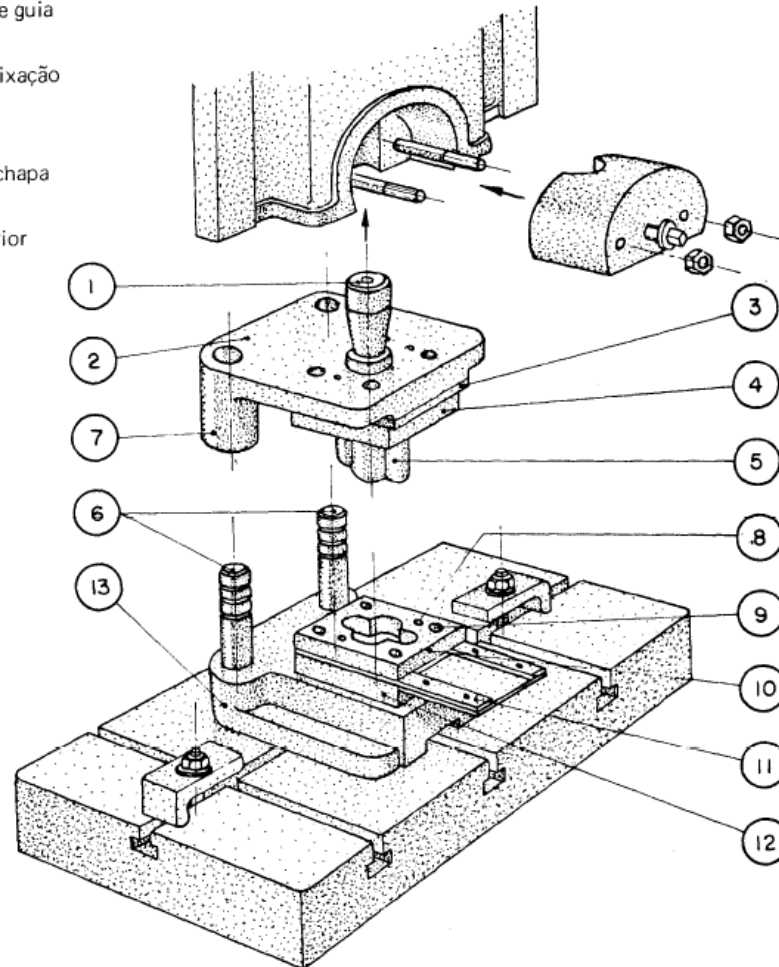


FECHADO COM GUIA PARA O PUNÇÃO
E TIRA

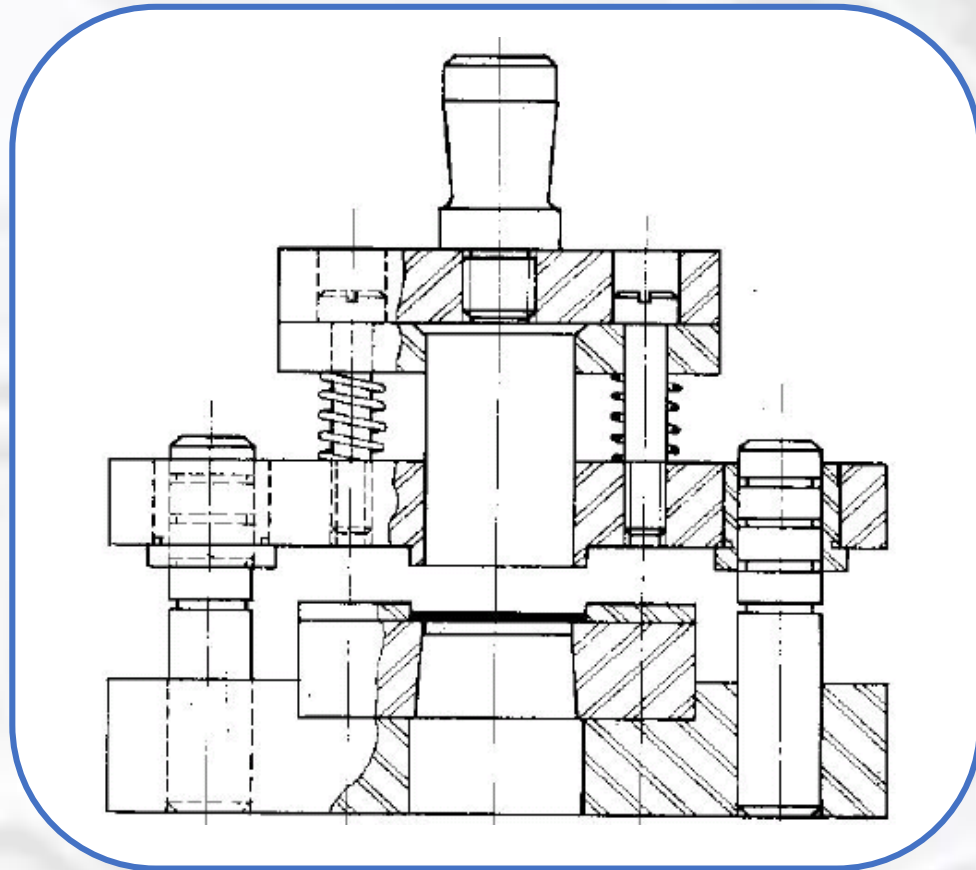
Tipos construção de Estampos

NOMENCLATURA

- 1 – Espiga
- 2 – Cabeçote
- 3 – Placa de choque
- 4 – Porta-punção
- 5 – Punção
- 6 – Colunas de guia
- 7 – Buchas
- 8 – Pinos de fixação
- 9 – Parafusos
- 10 – Extrator
- 11 – Guias da chapa
- 12 – Matriz
- 13 – Base inferior

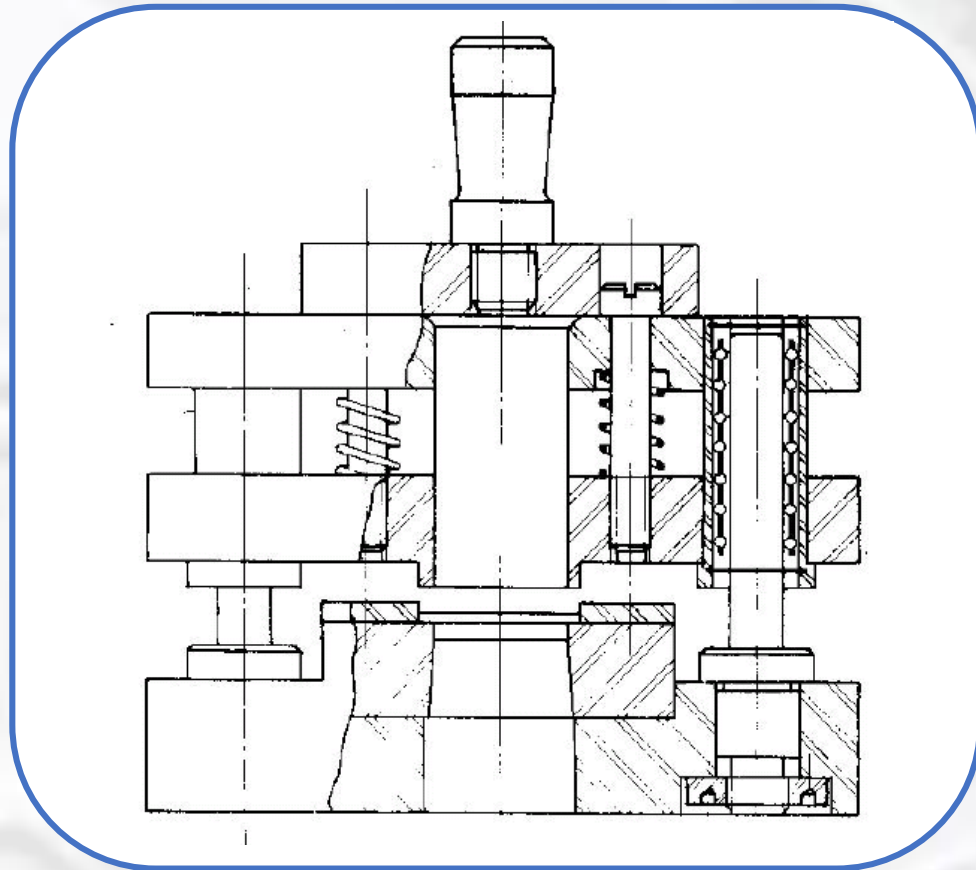


Tipos construção de Estampos



COM COLUNAS DE GUIA,
GUIA FLUTUANTE (EXTRATOR)

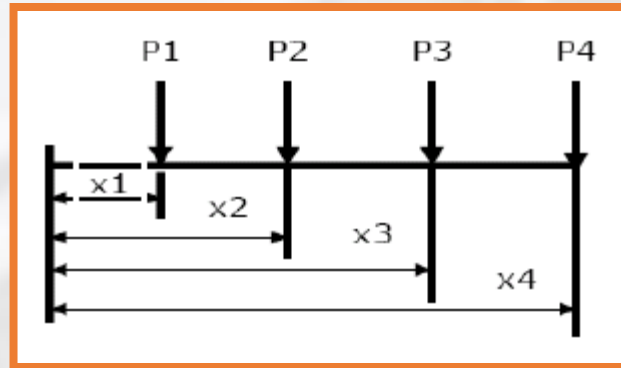
Tipos construção de Estampas



COM GAIOLAS DE ESFERAS, GUIA
FLUTUANTE

Posição da Espiga

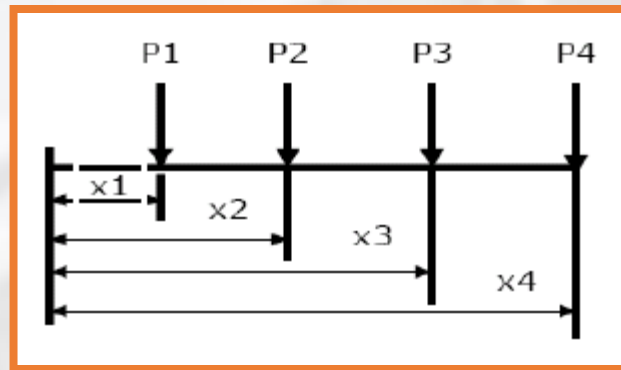
Método Analítico



$$X_g = \frac{P1.x1 + P2.x2 + P3.x3 + P4.x4}{(P1 + P2 + P3 + P4)}$$

Posição da Espiga

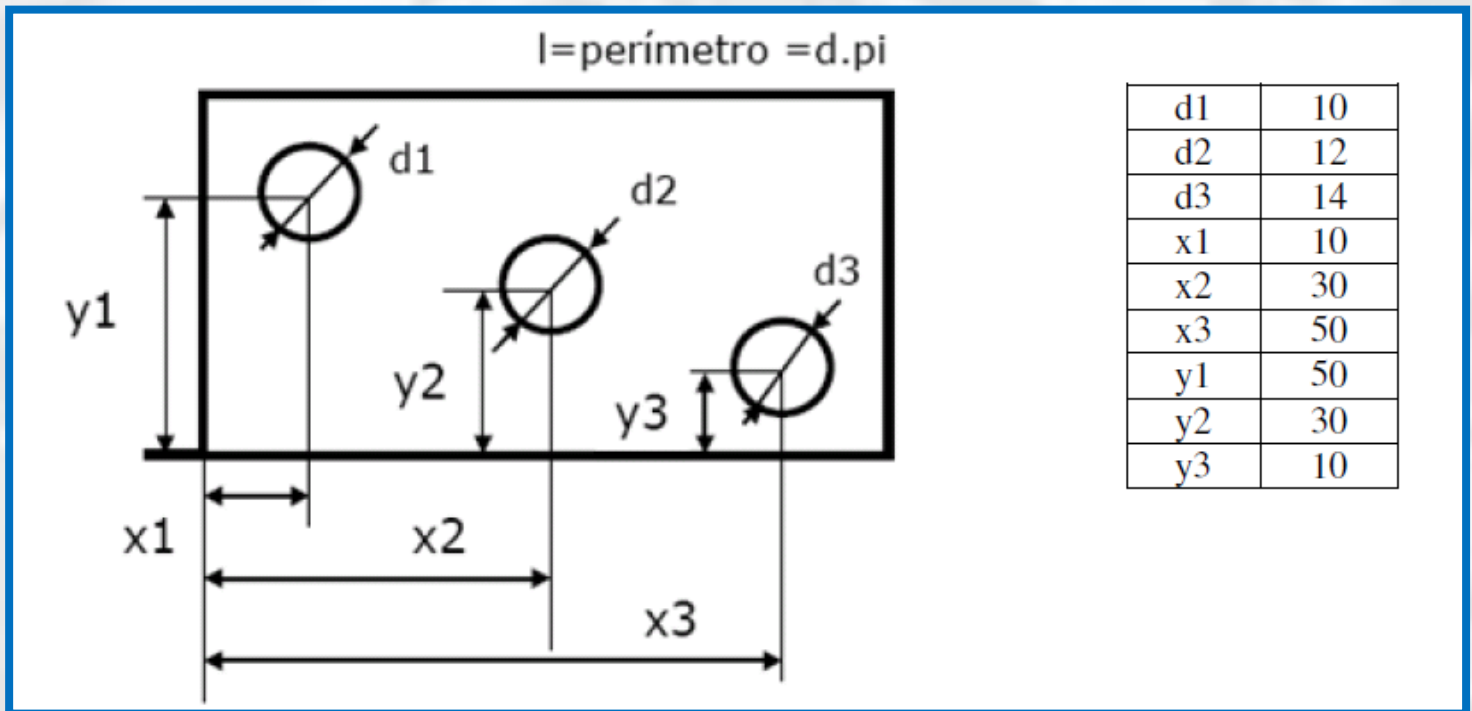
Método Analítico



$$XG = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i}$$

$$XG = \frac{\sum L_i x_i}{\sum L_i}$$

Exercício



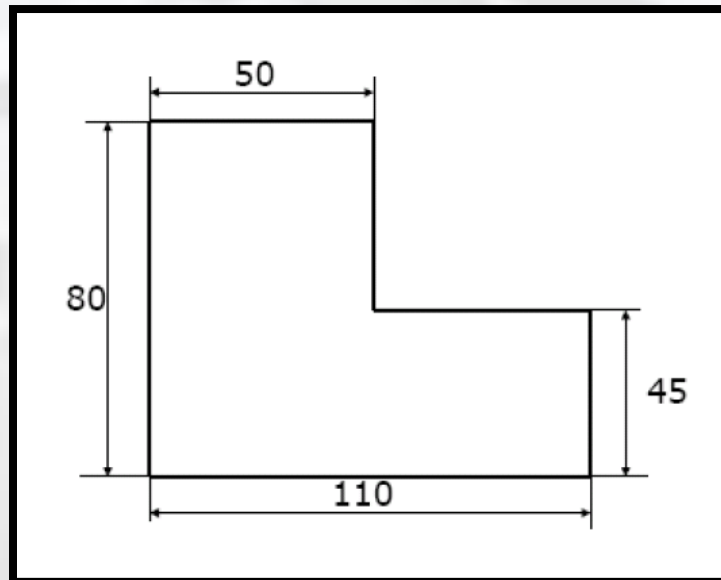
Exercício

| Ponto | X_i | Y_i | L_i | $L_i \cdot X_i$ | $L_i \cdot Y_i$ |
|-------|-------|----------|--------------|------------------|------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| | | Σ | | | |
| | | | ΣL_i | $\Sigma X_i L_i$ | $\Sigma Y_i L_i$ |

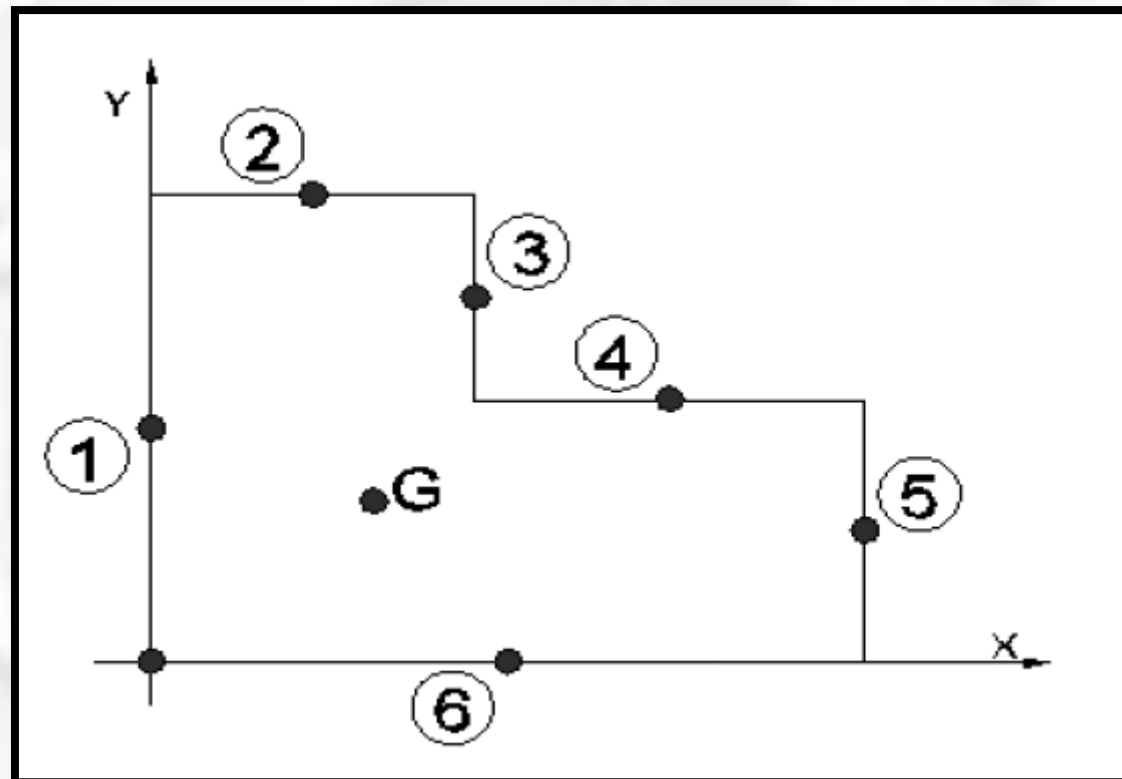
$$XG = \frac{\Sigma L_i x_i}{\Sigma L_i}$$

$$YG = \frac{\Sigma L_i \cdot Y_i}{\Sigma L_i}$$

Exercício



Exercício



Exercício

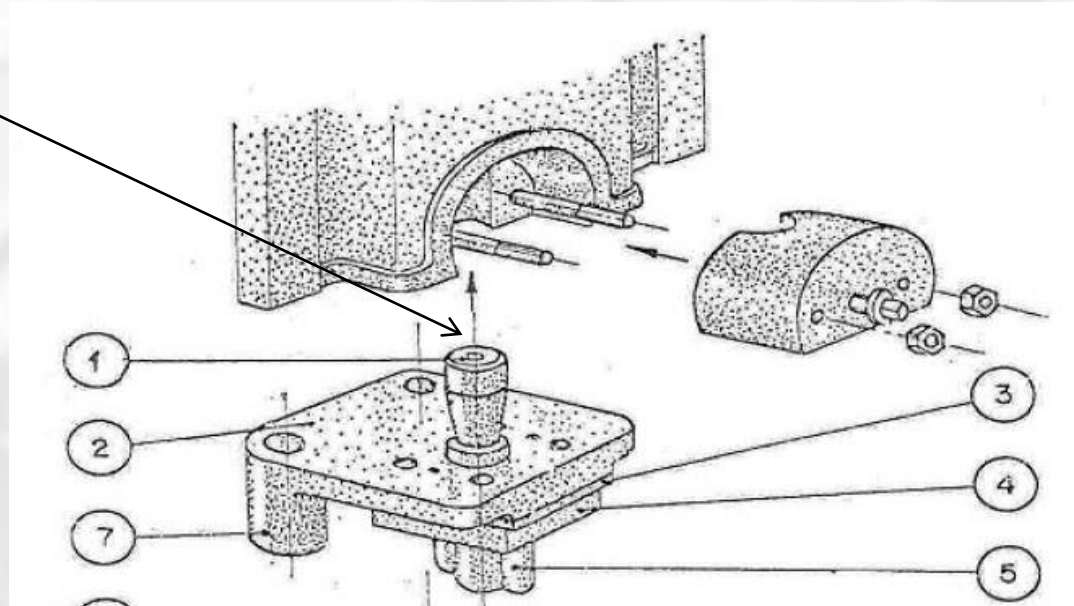
| Ponto | X_i | Y_i | L_i | $X_i.L_i$ | $Y_i.L_i$ |
|-------|-------|----------|-------|-----------|-----------|
| 01 | | | | | |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |
| 05 | | | | | |
| 06 | | | | | |
| 07 | | | | | |
| 08 | | | | | |
| 09 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| | | Σ | | | |

$$XG = \frac{\Sigma L_i x_i}{\Sigma L_i}$$

$$YG = \frac{\Sigma L_i . Y_i}{\Sigma L_i}$$

Espiga

Espiga



Pino roscado , responsável pela movimentação da parte superior da ferramenta, fixado numa cavidade no martelo da prensa.Seu dimensionamento é função do esforço de extração, da cavidade do martelo e peso da parte superior.

Espiga

O peso da parte superior é calculado por estimativa.

A força de extração obedece a seguinte relação:

$$F_{ext} = 0,1 \cdot E_c \text{ se o perímetro de corte}/e \leq 10$$

$$F_{ext} = 0,05 \cdot E_c \text{ se o perímetro de corte}/e > 10$$

Onde:

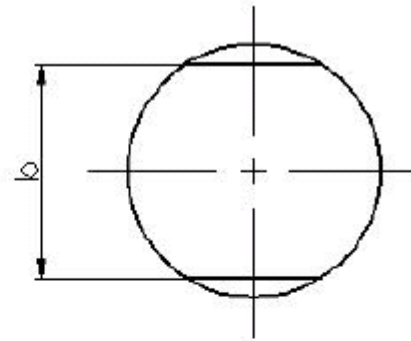
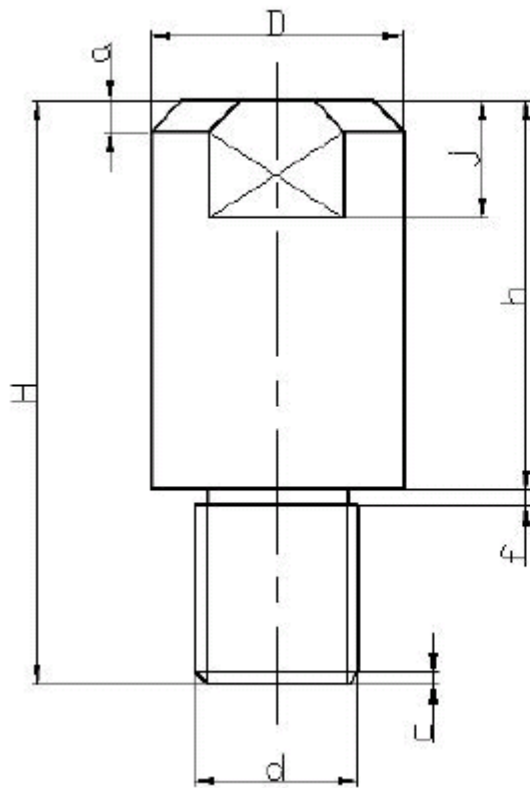
F_{ext} – Força de extração

E_c - Esforço de corte

e - Espessura do material

Baseado no esforço de extração, calcula-se o diâmetro do miolo da rosca do Espiga. Levando-se em consideração a tensão à tração do material a ser utilizado em sua fabricação e um fator de segurança.

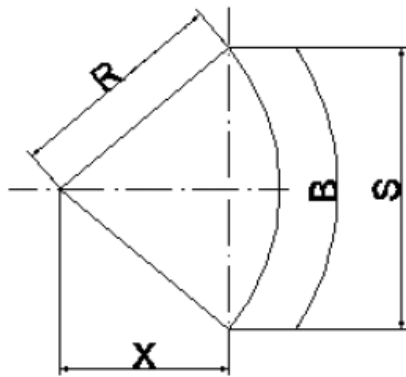
Espiga



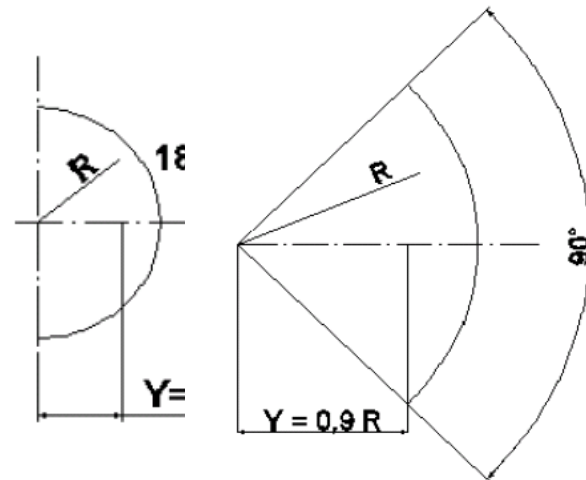
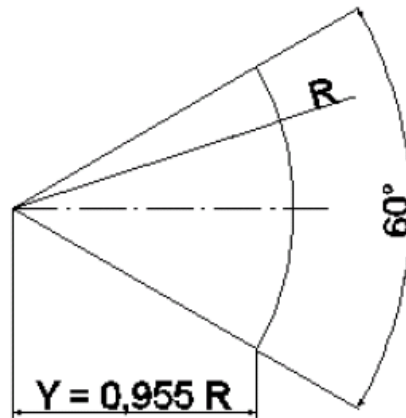
Escolha da Espiga

| D | d | h | H | $\alpha \times 45^\circ$ | b | $c \times 45^\circ$ | F | J |
|----|---------|-----|-----|--------------------------|----|---------------------|---|----|
| 20 | M16x1,5 | 40 | 58 | 2 | 17 | 1,5 | 2 | 10 |
| 25 | M18x1,5 | 50 | 70 | 3 | 19 | 1,5 | 2 | 10 |
| 32 | M22x1,5 | 56 | 80 | 4 | 27 | 1,5 | 2 | 12 |
| 35 | M24x1,5 | 60 | 86 | 4 | 27 | 1,5 | 2 | 12 |
| 38 | M30x2 | 65 | 95 | 5 | 32 | 2 | 3 | 12 |
| 40 | M30x2 | 70 | 100 | 5 | 36 | 2 | 3 | 12 |
| 50 | M32x2 | 75 | 108 | 6 | 41 | 2 | 3 | 12 |
| 63 | M42x3 | 90 | 140 | 8 | 55 | 3 | 4 | 15 |
| 65 | M42x3 | 100 | 150 | 8 | 55 | 3 | 4 | 15 |

Centro de Gravidade de curvas



$$X = \frac{R \cdot S}{B}$$



$$Y = 0,9 R$$

