

# **PROCESSOS DE FABRICAÇÃO**

***Prof. Luís C. Simel***

14/08/2012

# **Processos de Fabricação.**

- 1. Dobramento de Chapas;**
- 2. Calandragem de Chapas e Perfis;**
- 3. Corte de Chapas.**

# **1. Dobramento de Chapas.**

# Dobramento de Chapas

O dobramento de chapas é um processo de conformação mecânica, onde é feita a aplicação de força, para obtenção de dobra no material; onde dobra é a parte do material plano que é flexionada sobre uma base de apoio.

Este processo é utilizado para obtenção de partes dobradas de chapas, para compor elementos laterais, bordas e outras mudanças geométricas, ou ainda para a formatação de perfis dobrados, muito em uso ultimamente, substituindo com facilidade os pesados perfis extrudados ou laminados, em razão de seu peso.

# Dobramento de Chapas

No processo de conformação por dobramento, a chapa em questão (podendo também ser efetuado em alguns perfis) sofre uma ação de curvamento em sua linha neutra, isto é, uma deformação por flexão, geralmente no estado frio, na sua superfície.

Este processo pode ser efetuado de 2 (duas) formas:

- ✓ **Dobramento Manual** – efetuado por meio manual, utilizando-se ação de martelamento em matrizes previamente desenhadas.
- ✓ **Dobramento Mecânico** – efetuado por meio de máquinas, chamadas de prensas dobradeiras.

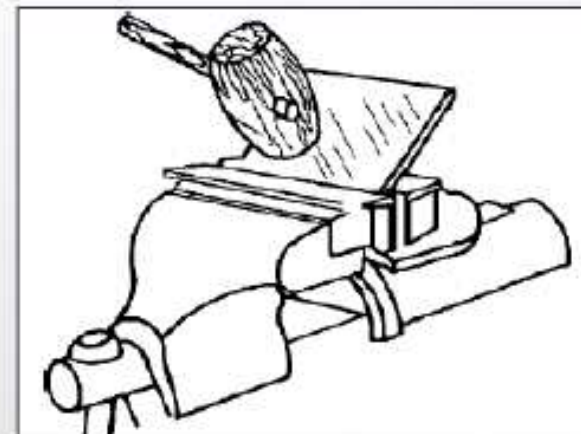
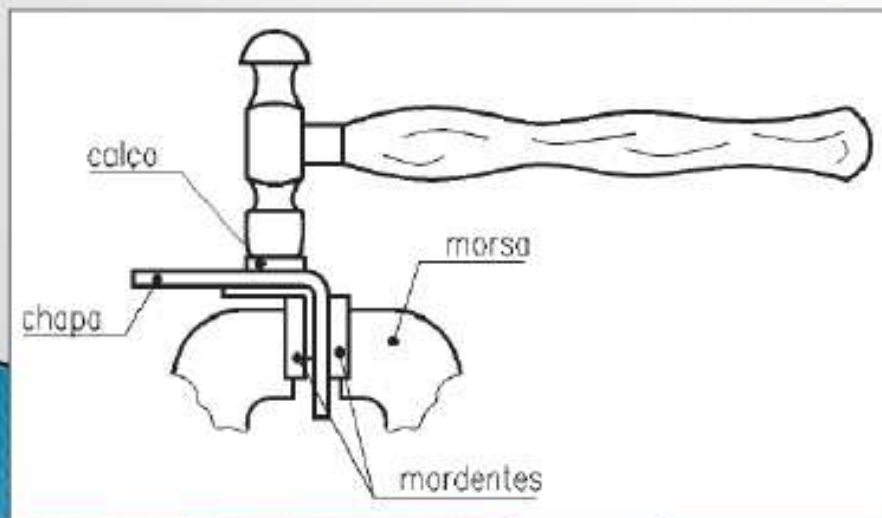


# Dobramento de Chapas

No **dobramento manual**, o esforço de flexão é exercido manualmente, pela ação de força biomecânica do indivíduo. Esta geralmente é efetuada em chapas de pequena espessura, em dimensões reduzidas.

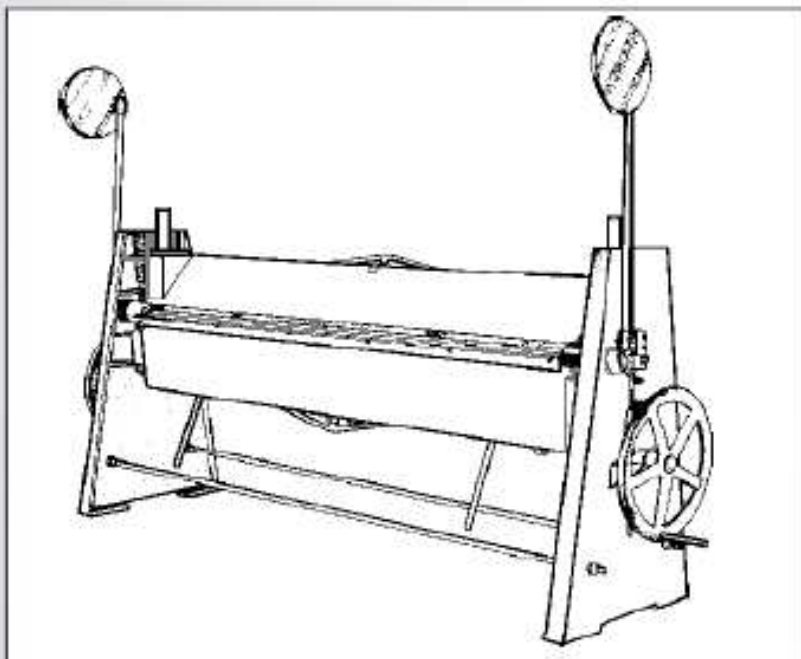
Este processo de conformação pode ser feito artesanalmente por martelamento, com o auxílio de ferramentas e dispositivos específicos, como: martelo, morsa, cantoneira e mordentes postiços (protetores); ou ainda com a utilização de prensas dobradeiras manuais.

## Dobramento manual, por meio de martelamento.



# Dobramento de Chapas

Dobramento manual, por meio de prensa dobradeira manual.





# Dobramento de Chapas

No **dobramento mecânico**, as operações de dobramento são efetuadas em chapas de diversas dimensões e espessuras, com medidas predeterminadas. São utilizados em geral, equipamentos de grandes dimensões, formados por um dispositivo de pressão onde é fixado o estampo (ou cutelo), que é acionado verticalmente comprimindo a chapa a ser conformada contra a matriz, posicionada na parte inferior do equipamento (mesa).

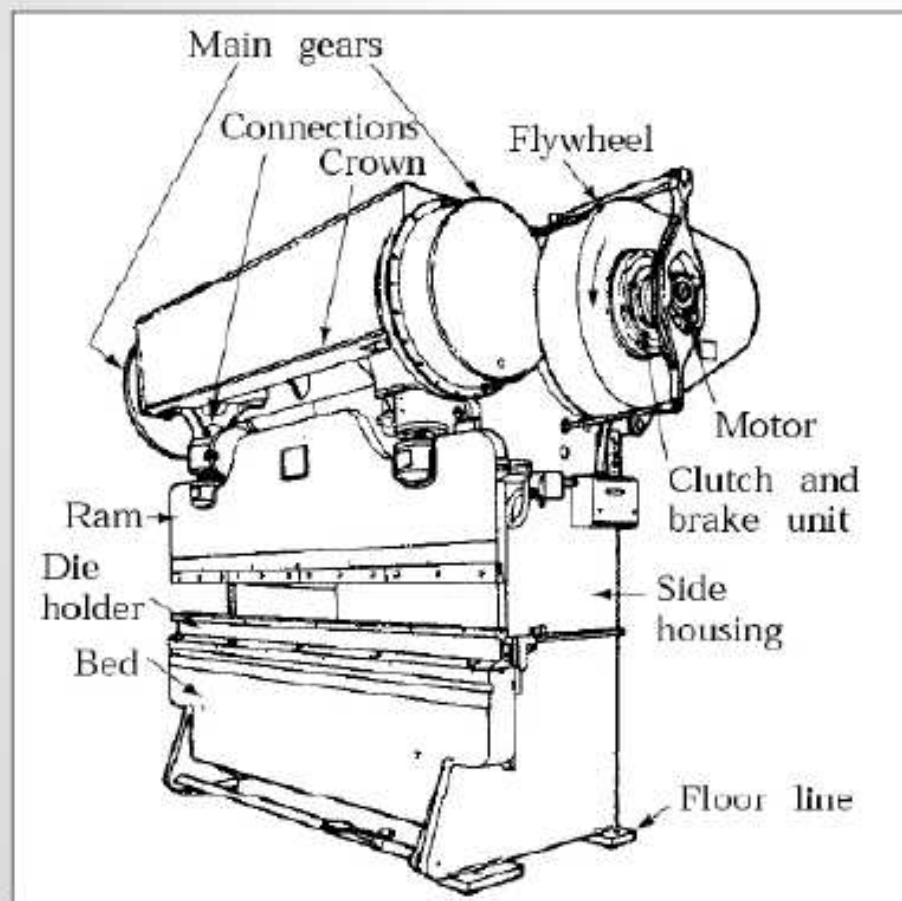
Este equipamento pode ser acionado hidraulicamente, por meio de cilindro hidráulicos e unidades hidráulica; ou acionados mecanicamente, por meio de sistemas mecânicos excêntricos.

Em geral a mesa inferior é fixa e a superior, a parte de pressão, móvel. São comuns perfiladeiras de até 6 m de comprimento.



# Dobramento de Chapas

## Dobramento Mecânico



# Dobramento de Chapas

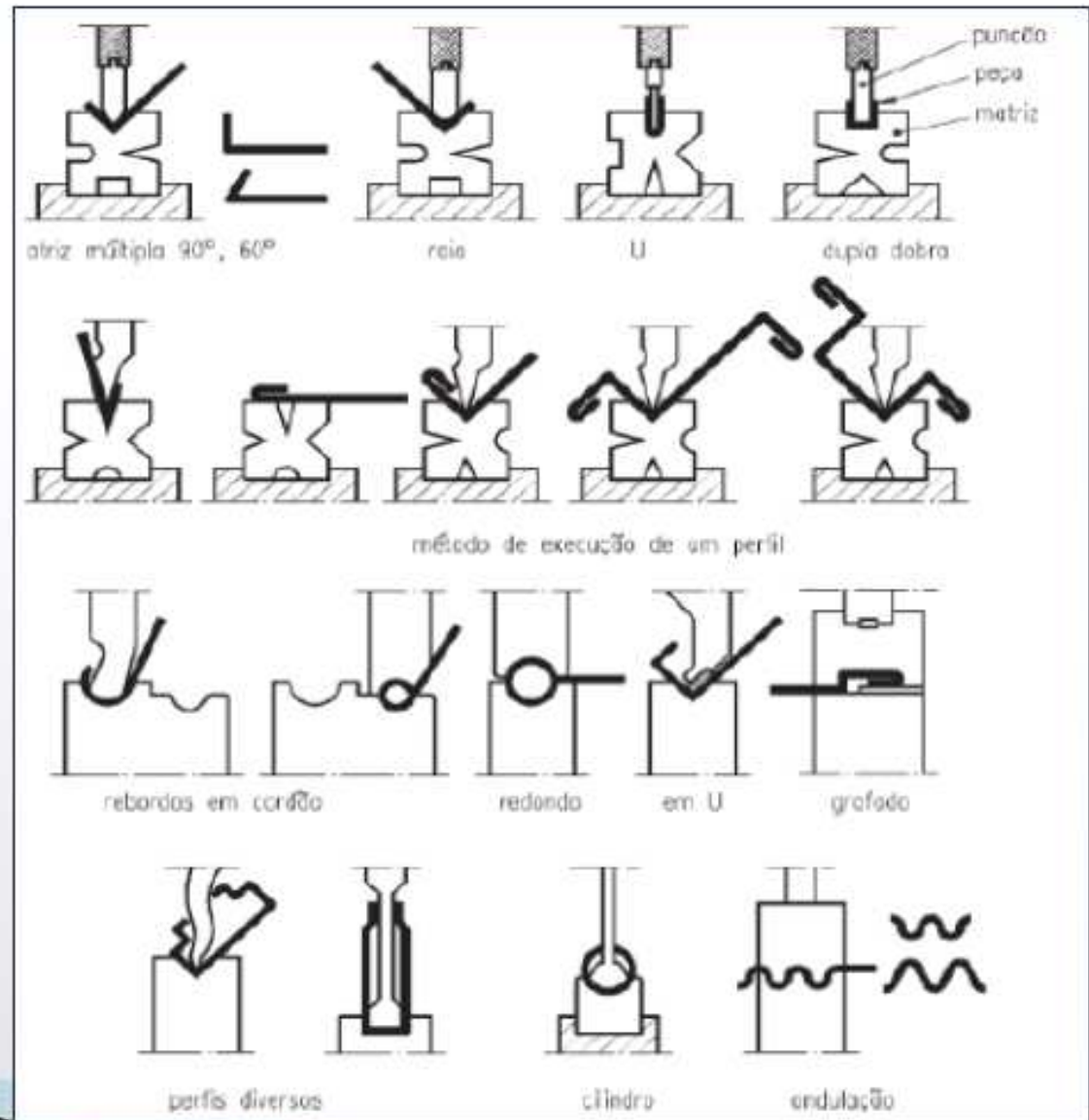
Matrizes de dobramento



# Dobramento de Chapas

## Tipos de matrizes de dobramento

- ✓ As matrizes de dobramento são na verdade moldes, confeccionados de forma a conferir a chapa a ser dobrada as características intrínsecas aos formatos usinados destas matrizes.
- ✓ Estas matrizes são geralmente confeccionadas em aço liga, temperados e revenidos.
- ✓ A parte superior é chamada de estampo (ou cutelo), e a parte inferior é chamada de base.





# Dobramento de Chapas

## Fatores de Influência no Dobramento

A operação de dobramento pode ser considerada uma operação crítica, onde a

Na operação de dobramento deve-se levar em conta 4 (quatro) fatores importantes:

- ✓ **As forças que atuam na operação de dobramento;**
- ✓ **A capacidade elástica do material (efeito mola);**
- ✓ **O raio interno mínimo da peça a ser dobrada;**
- ✓ **Comprimento desenvolvido;**
- ✓ **Direção da laminação da chapa.**



# Dobramento de Chapas

## Esforços de Dobramento

Na operação de dobramento, a chapa é submetida a esforços aplicados em duas direções opostas para provocar a flexão e a deformação plástica, mudando a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, isto é, duas partes congruentes (em ângulo), com raio de concordância em sua junção.

Para determinação da força de dobramento, utiliza-se a fórmula abaixo:

Sejam:

$$P = \frac{2 * \sigma_f * b * e^2}{3 * l}$$

$P$  = força necessária para o dobramento, Kgf

$b$  = largura da chapa, mm

$l$  = distância entre os apoios, mm

$e$  = espessura da chapa, mm

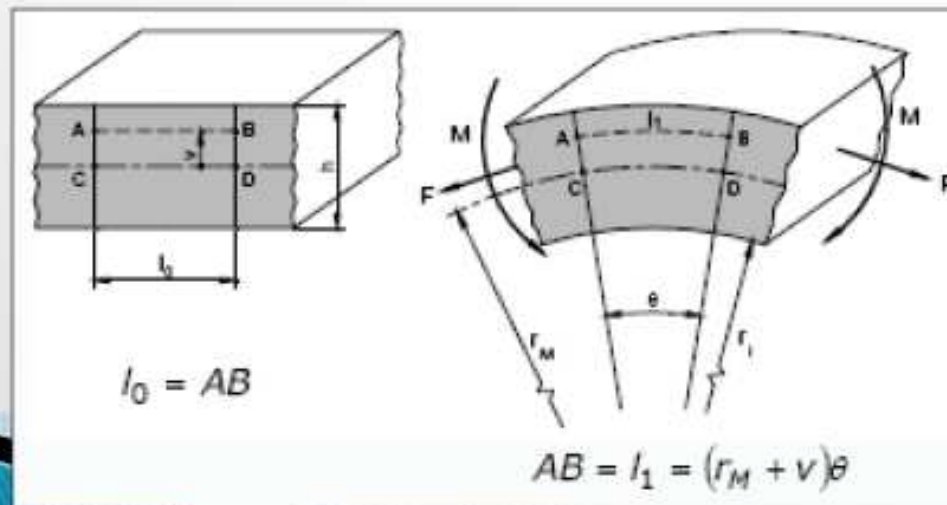
$\sigma_t$  = limite de resistência à tração, Kgf/mm<sup>2</sup>

# Dobramento de Chapas

## Linha Neutra.

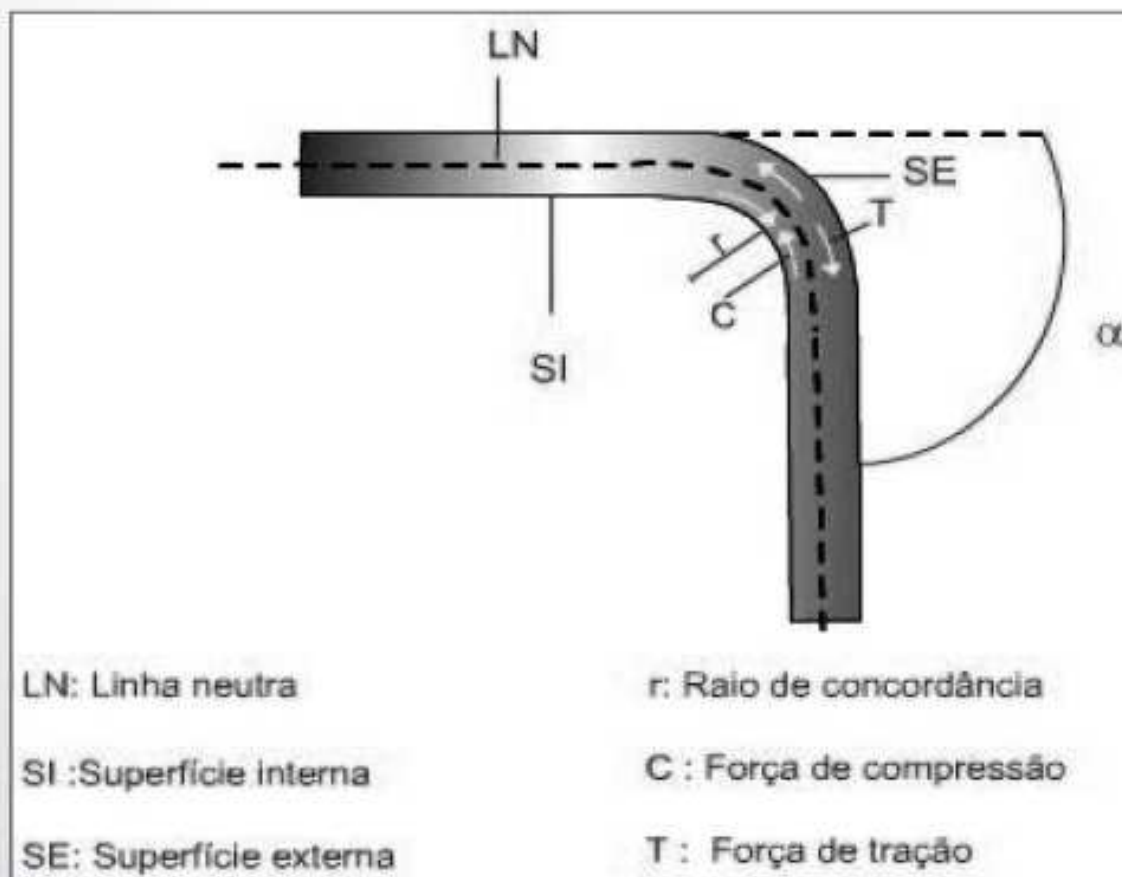
Por ação do cutelo, a zona em deformação fica solicitada por um momento fletor  $M$  e uma força axial  $F$  de tração. Para chapas finas, pode admitir-se que as seções retas se mantêm planas durante a deformação e que convergem no centro de curvatura. Considera-se que as direções principais das tensões e das extensões coincidem com as direções radial, tangencial e segundo a largura.

Linha neutra é a linha cujo comprimento não varia após a deformação da peça, e cuja posição depende fundamentalmente da espessura da chapa e do tipo de solicitação introduzida pelas ferramentas:



# Dobramento de Chapas

## Esforços de Dobramento





# Dobramento de Chapas

## Deformação plástica e elástica

A operação de dobramento provoca uma deformação permanente no material trabalhado. A deformação que é feita numa peça por meio do dobramento chama-se **deformação plástica**. Antes desta deformação, porém, ocorre uma outra, chamada **deformação elástica**, que não é permanente.

Todo processo de deformação acontece do seguinte modo: tomemos como exemplo uma mola.

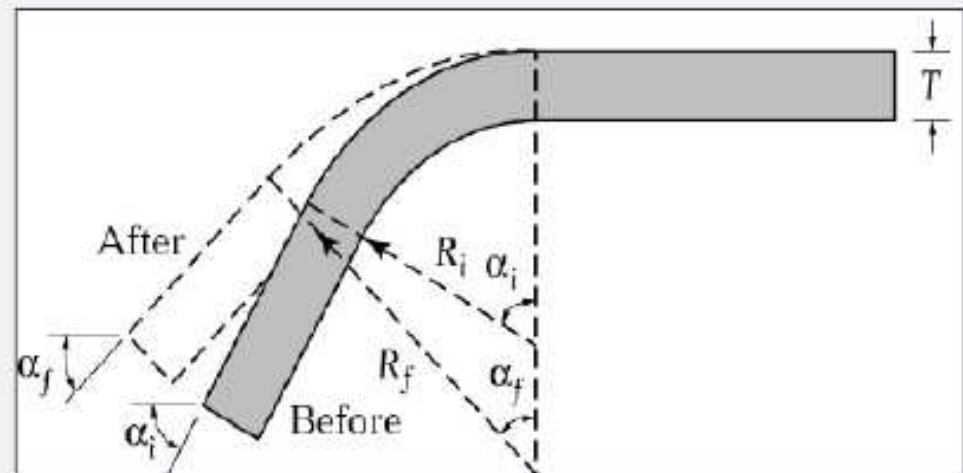
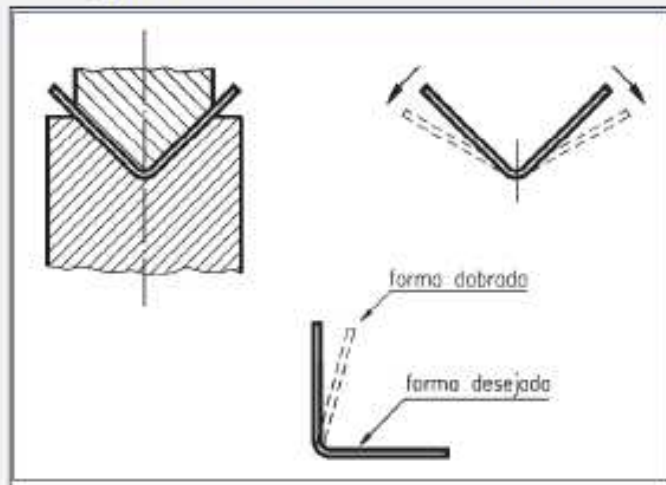
Quando tracionamos com pouco esforço e a soltamos, ela volta à sua posição inicial. Este tipo de deformação chama-se deformação elástica. Se, entretanto, tracionarmos com muito esforço, o material ultrapassa sua resistência à deformação e não retorna mais à sua forma inicial. Desse modo, o material é deformado permanentemente. Chama-se a essa deformação, deformação plástica, embora nessa fase o material também apresente certa recuperação elástica.



# Dobramento de Chapas

## Efeito elástico do material (efeito mola).

O dobramento é uma operação onde ocorre uma deformação por flexão. Quando um metal é dobrado, a sua superfície externa fica tracionada e a interna comprimida. Estas tensões aumentam a partir de uma linha interna neutra, chegando a valores máximos nas camadas externa e interna.



Desta forma, uma parte das tensões atuantes na seção dobrada estará abaixo do limite de proporcionalidade (máxima tensão abaixo do qual o material segue a lei de Hooke - região de deformação elástica) e a outra parte supera a este limite, conferindo à peça uma deformação plástica permanente



# Dobramento de Chapas

## Raio Mínimo de Dobramento

Quanto menor o raio de dobramento, maior é a tensão desenvolvida na região tracionada. Um excessivo tracionamento, provocado por um pequeno raio de dobramento, pode vir a romper as fibras externas da chapa dobrada.

Define-se o raio interno mínimo de dobra, como o menor valor admissível para o raio para se evitar grande variação na espessura da chapa na região dobrada. Este valor é dado em função do alongamento longitudinal máximo do material<sup>3</sup> e da espessura da chapa que está sendo dobrada. Para a determinação do raio de dobramento, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$R_{\min} = \frac{50e}{Al\%} - \frac{e}{2}$$

Onde:

$R_{\min}$  = raio mínimo

$Al\%$  = alongamento % da chapa

$e$  = espessura da chapa



# Dobramento de Chapas

## Comprimento Desenvolvido

Quando se quer produzir uma peça dobrada, é necessário conhecer a dimensão inicial da chapa a ser utilizada – o chamado comprimento desenvolvido da peça.

A variação da espessura da chapa na região da dobra impede que o comprimento desenvolvido seja simplesmente a soma dos comprimentos retos e curvos da peça. Deve-se levar em conta esta variação de espessura da região dobrada, para se obter o exato comprimento da chapa que vai dar origem à peça.

O comprimento desenvolvido da região dobrada é obtido pela seguinte equação:

$$L_e = \frac{\pi}{180} * \alpha * \left( R + f \frac{e}{2} \right)$$

Onde:  $\alpha$  = ângulo de dobramento

$R$  = raio de dobramento

$e$  = espessura

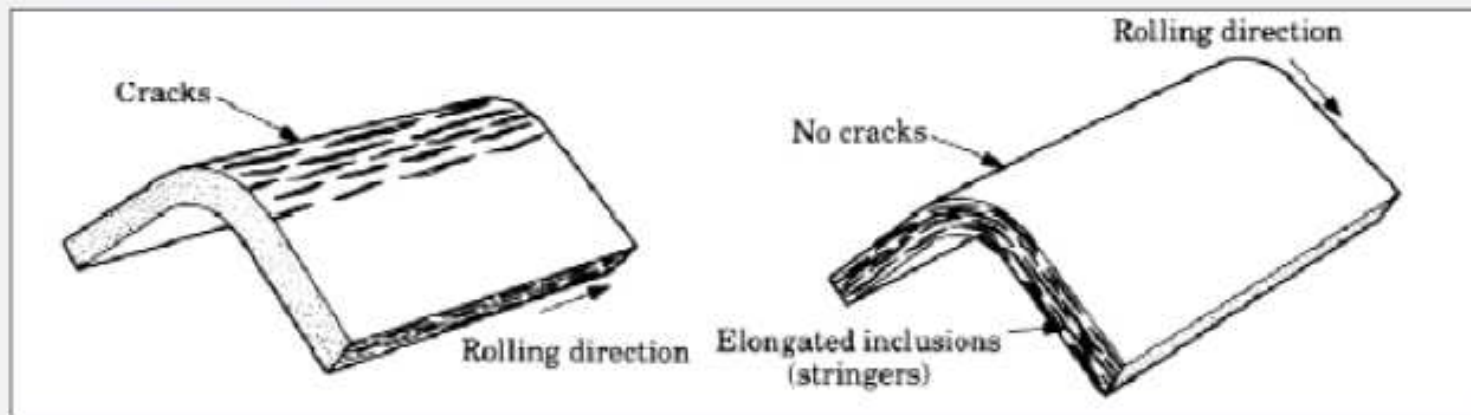
$f$  = fator de correção

# Dobramento de Chapas

## Direção da Laminação do Material

A direção de laminação é outro fator que necessita-se de grande atenção.

Esta direção é na verdade a direção em que as chapas sofreram o processo de laminação, sofrendo a ação de redução de espessura pela ação vertical dos rolos laminadores, seguindo linearmente no sentido longitudinal foram laminadas. As fibras dos materiais são dispostas de forma alongada, longitudinalmente ao sentido de laminação.



Se o dobramento for efetuado de forma congruente ao sentido de laminação, isto é, as linhas da direção das fibras, estiver na mesma direção do dobramento, ocorrerá ruptura do mesmo.

# Dobramento de Chapas

## Exemplo de Perfis Dobrados

### Exemplos de Perfis



*Degrau para Escada Caracol*



*Perfil em "U" Enrigecido com Abas para dentro*



*Perfil para Marco de Portas*



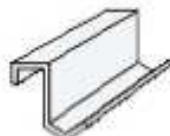
*Perfil para Fechamento de Containers, Portas, Portões, Silos e Carrocerias*



*Perfil em "U" Semi-Enrigecido com abas para dentro*



*Perfil para Borda Lateral de Carrocerias*



*Laterais e Fundos para caçambas*



*Perfil para Transportador Helicoidal*



*Perfil para Transportador Helicoidal*



*Perfil para Lateral de Furgão*



*Laterais e Fundos para caçambas*



*Perfil para Portas, Portões e Assoalhos*



*Perfil para Lateral de Furgão*



*Perfil em "U" Enrigecido com abas para fora*



*Perfil para Peitoril de Janelas*



*Degrau para Escada Reta*



*Perfil para Veneziâneas*



*Perfil para Containers, Carrocerias e Silos*



## **2. Calandragem de Chapas e Perfis.**

# Calandragem

O processo de calandragem é um processo de conformação mecânica utilizado para efetuar o curvamento de um determinado material, seja este chapas ou perfis metálicos (laminados ou trefilados).

Pela calandragem, podem ser obtidas chapas curvas com raios de curvamento pré-determinados, como: cilindros, cones, troncos de cones, assim como qualquer outra superfície de revolução (segmentos curvos, partes curvas de “virolas”). É também neste tipo de processo que se fabricam corpos de tanques, caldeiras, trocadores de calor, vasos de pressão, etc.

O curvamento pode ser efetuado de duas formas, assim como o dobramento, dividido em 2 (duas) formas:

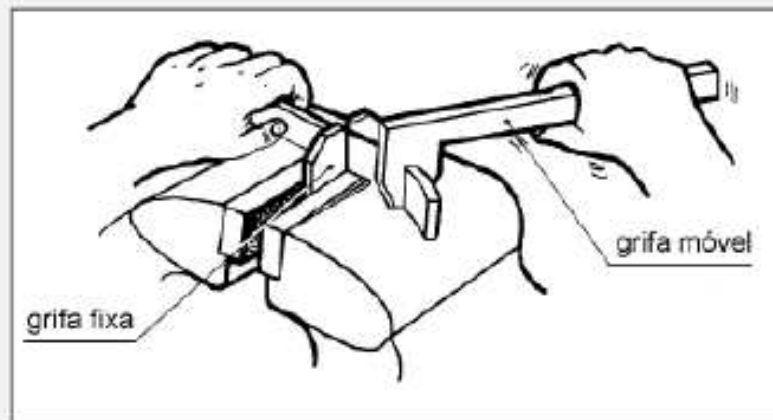
- **Curvamento Manual** – efetuado por meio manual, utilizando-se ação de uma alavanca em uma matriz previamente desenhada.
- **Curvamento Mecânico (Calandragem)** – efetuado por meio de máquinas mecânicas, chamadas de calandras.

# Calandragem

## Curvamento Manual.

O esforço de flexão para a operação de curvamento é feito à mão, com o auxílio de martelo, grifa e gabaritos, sempre de acordo com o raio de curvatura desejado.

Esta operação permite fazer cilindros de pequenas dimensões, suportes, flanges para tubulações, etc.



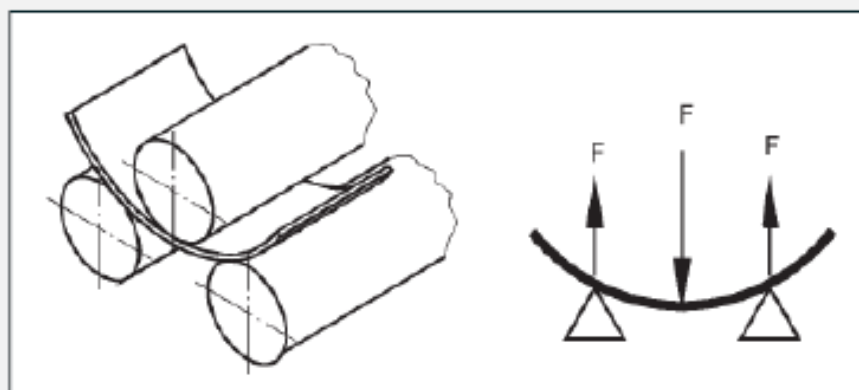
Na figura acima, vê-se o curvamento de uma barra com auxílio da grifa fixa, presa à morsa, onde são aplicados esforços gradativos para se conseguir a curvatura planejada.



# Calandragem

## Curvamento Mecânico (Calandragem).

A máquina usada para curvar mecanicamente materiais metálicos, chama-se calandra. Na calandra são curvados chapas, perfis e tubos. As peças podem ser curvadas de acordo com o raio desejado, formando arcos ou lombadas, ou diametralmente (curvamento total), formando um anel, quais chamamos comumente de virola.



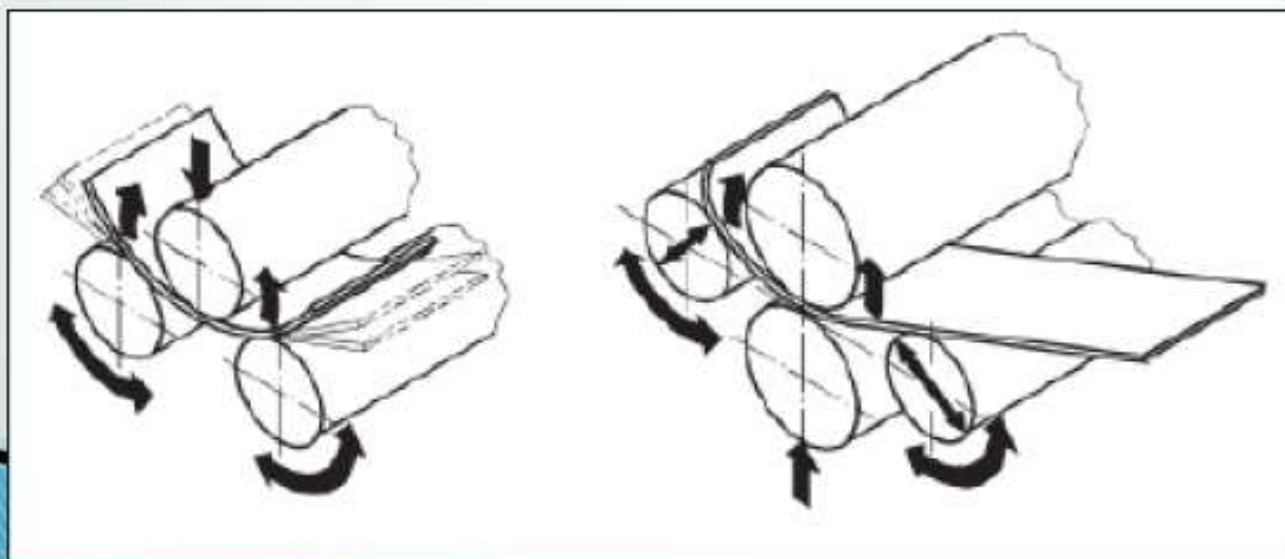
As calandras são divididas em 2 (dois) tipos básicos: **calandras manuais** e **calandras mecânicas**. As calandras manuais são utilizadas para efetuar o curvamento de chapas finas, até 1,8 mm. Já as calandras mecânicas são utilizadas para curvamento de chapas e perfis com espessuras grossas, de 2,5 mm a espessuras acima de 60 mm.

# Calandragem

## Calandras

As calandras ainda podem ser divididas mais uma vez quanto ao tipo de equipamento para com o material a conformar. São divididas em 2 (dois) modelos básicos: **calandras de chapas** e **calandras de perfis**.

As calandras de chapas, ainda podem ter uma subdivisão em relação a configuração dos rolos de conformação, sendo: calandras de **3 rolos (tipo piramidal ou tipo de passo)** e **calandras de 4 rolos**.



# Calandragem





# Calandragem



# Calandragem

## Calandras de Passo

Nas **Calandras de Passo**, conforme mostradas na figura a seguir, a folga entre os rolos que estão alinhados é ajustável para várias espessuras, e o rolo de trabalho pode se deslocar para obtenção de diferentes diâmetros, sendo que o diâmetro mínimo que pode ser obtido é igual ao diâmetro do rolo superior acrescido de 50 mm.

Este tipo de calandra é adequado para grandes volumes de produção de peças de diâmetros/raios menores, e são mais precisas que as calandras piramidais.

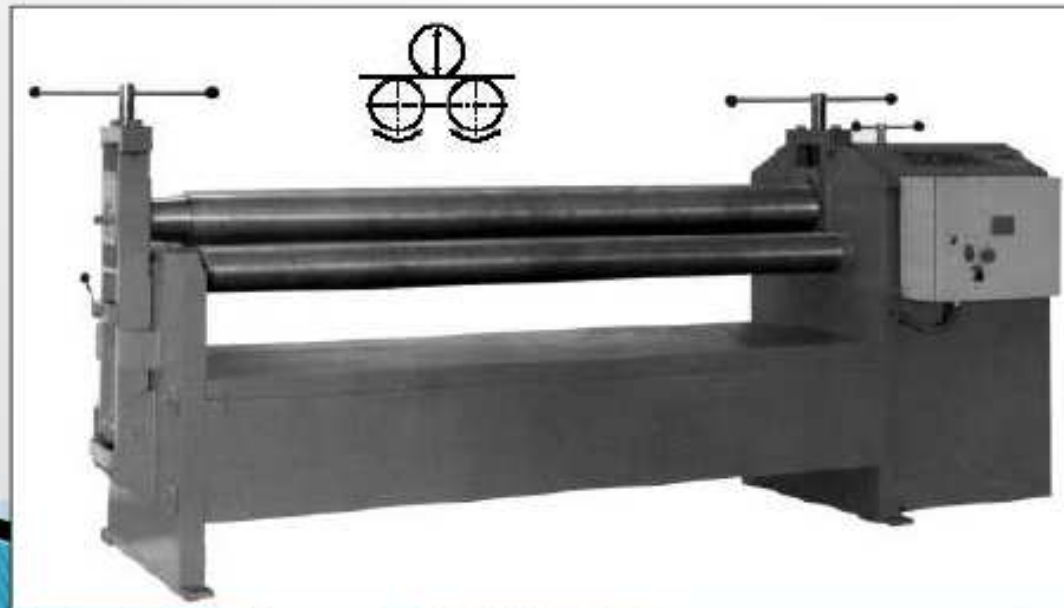


# Calandragem

## Calandras Piramidal.

A Calandra Piramidal, conforme mostrado na figura a seguir, o rolo superior pode ser ajustado para exercer maior ou menor pressão, obtendo-se peças de diâmetros/raios menores ou maiores. O diâmetro/raio mínimo obtido é de cerca de duas vezes o diâmetro do rolo superior para os aços inoxidáveis e de uma vez e meia para os aços carbono.

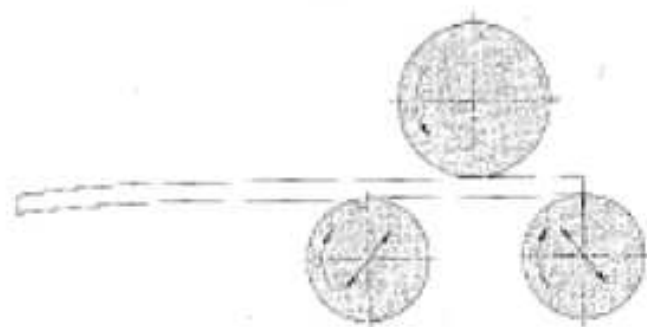
O diâmetro máximo da peça é limitado pela estabilidade da peça dobrada.



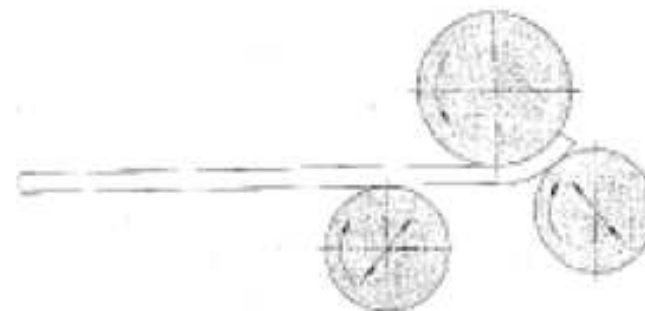


# Calandragem

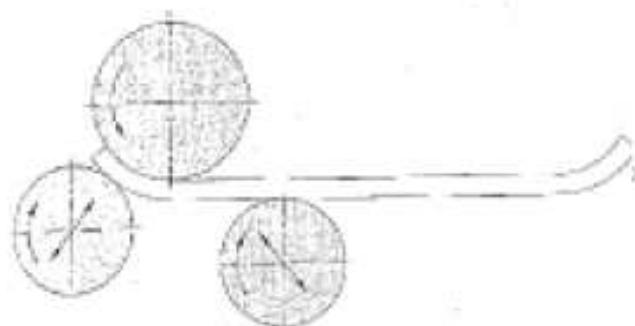
## Fases da Conformação, de uma Calandra 3 Rolos



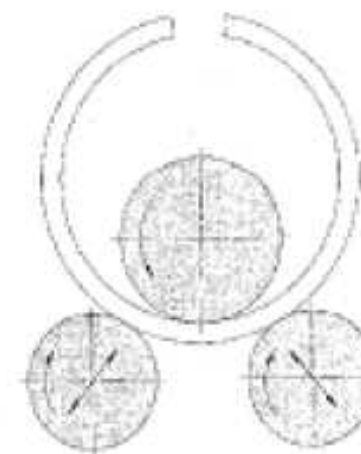
Fase 1



Fase 2



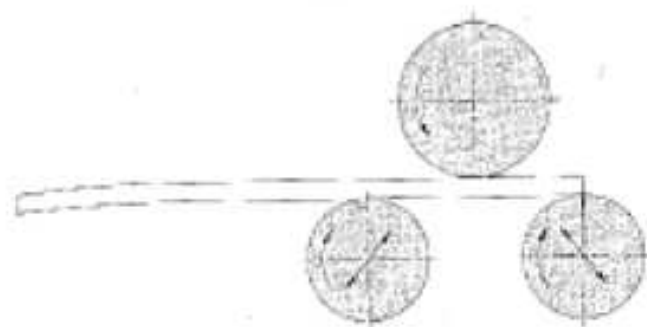
Fase 3



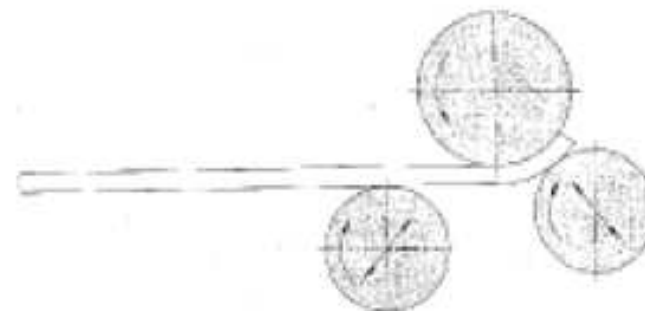
Fase 4

# Calandragem

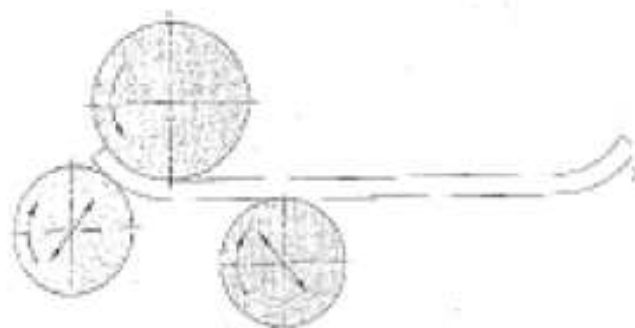
## Fases da Conformação, de uma Calandra 3 Rolos



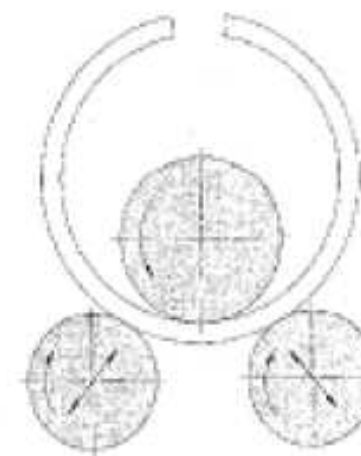
Fase 1



Fase 2



Fase 3

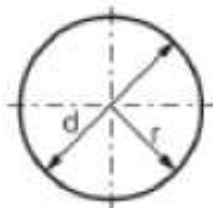


Fase 4

# Calandragem

## Cálculos do Desenvolvimento Básico

### CÍRCULO



$$U = 2 \pi r$$

$$U = \pi d$$

### COROA CIRCULAR

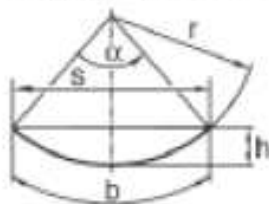


$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$b = \frac{D - d}{2}$$

$$U = 2 \pi r$$

### SEGMENTO CIRCULAR



$$s = 2 r \sin \frac{\alpha}{2}$$

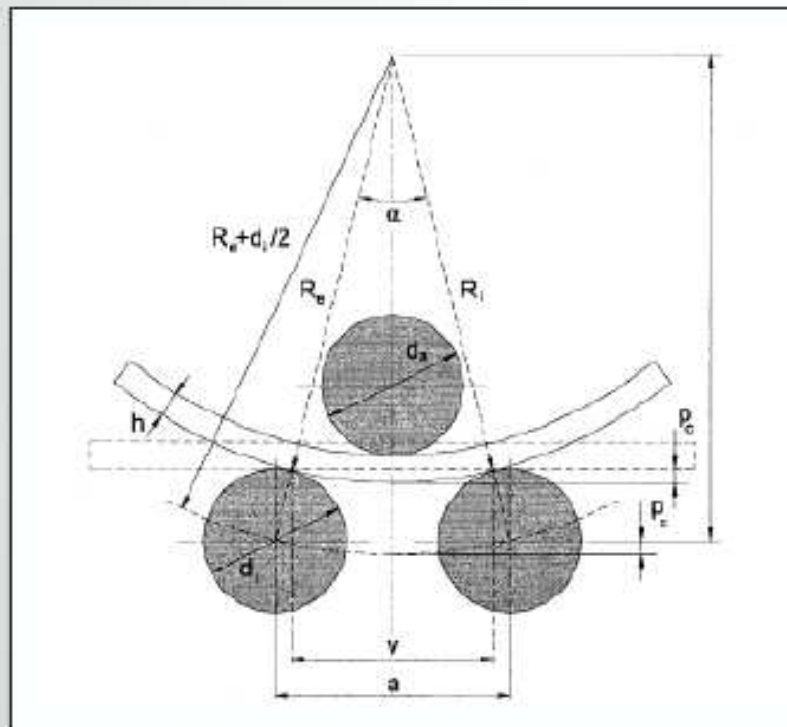
$$r = \frac{h}{2} + \frac{s^2}{8 h}$$

$$h = r \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{s}{2} \tan \frac{\alpha}{4}$$



# Calandragem

## Cálculo Geométrico de uma Peça Calandrada.



**Relação entre a distância de contacto,  $v$ , e o entre-eixo,  $a$**

$$\left[ (R_i + h) + \frac{d_i}{2} \right] \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2}$$

$$(R_i + h) \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = \frac{v}{2}$$

$$v = \frac{R_e}{R_e + d_i/2} a$$

**Profundidade de calandragem**

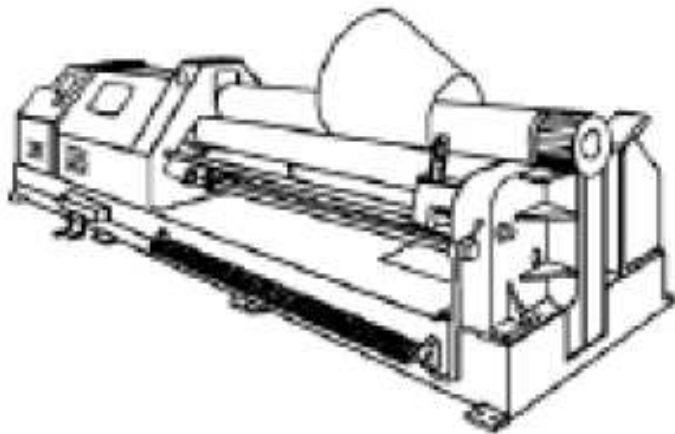
$$p_c = - \left( A - \frac{d_i}{2} - R_e \right) = R_e + \frac{d_i}{2} - \left( \frac{a}{2} \frac{1}{\tan(\alpha/2)} \right)$$

$$p_c = \left( R_e + \frac{d_i}{2} \right) \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

# Calandragem

## Calandragem de Cônica.

Quando se quer produzir um cone, cujos raios de curvatura são diferentes, recorre-se a um tipo especial de calandra. Trata-se de uma calandra do tipo piramidal, porém seu cilindro inferiores se deslocam inclinados entre si, no sentido vertical, conforme pode ser observado nas figuras a seguir.



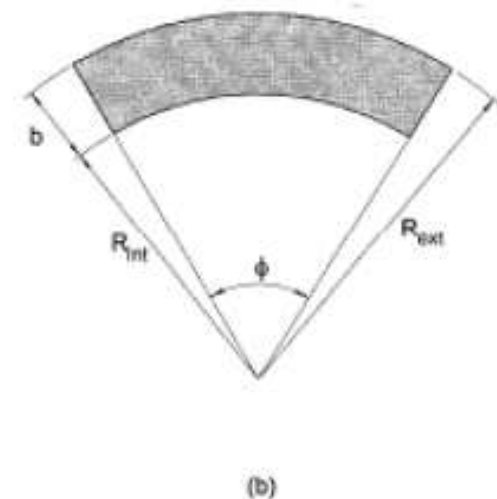
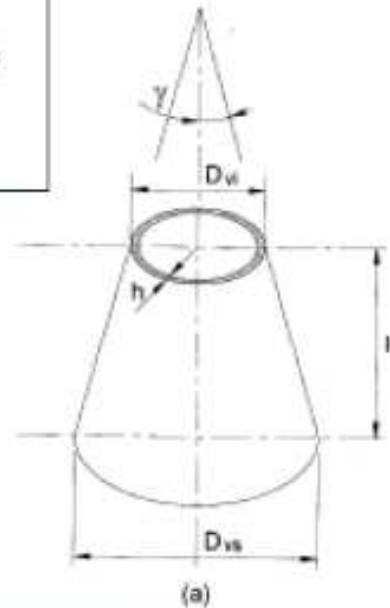
# Calandragem

## Cálculo Geométrico de uma Peça Calandrada Cônica.

Determinação da geometria e das dimensões da estampa plana

$$\phi = \frac{2\pi R_{vf}}{R_{int}} = \frac{2\pi R_{vs}}{R_{ext}} \quad R_{ext} = R_{int} + b = R_{int} + \frac{H}{\cos \gamma}$$

$$\frac{R_{vf}}{R_{int}} = \frac{R_{vs}}{R_{ext}} \quad R_{ext} = \frac{R_{vs}}{R_{vs} - R_{vf}} b = R_{int} + b$$



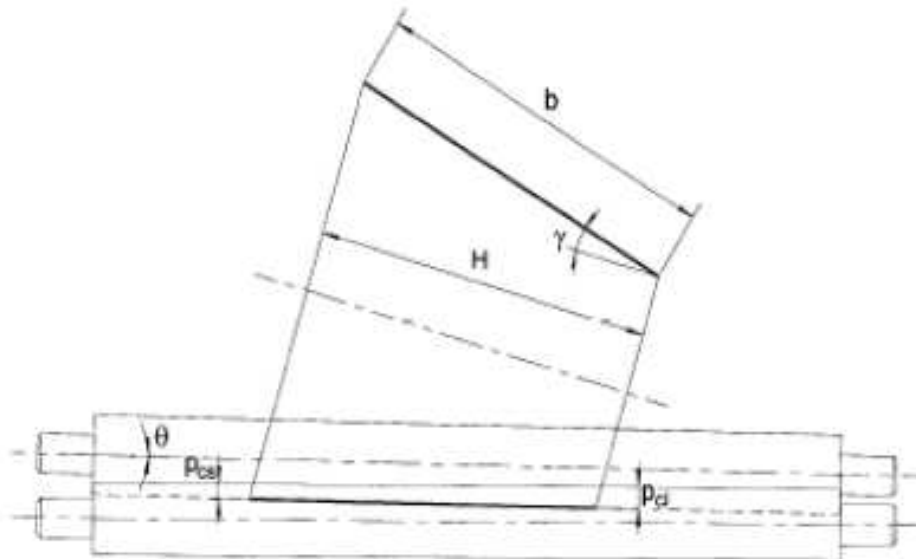


# Calandragem

Cálculo da Inclinação do Rolo para Formatação de Peça Calandrada Cônica.

Cálculo do ângulo de inclinação dos rolos

$$\text{sen } \theta = \frac{p_{cl} - p_{cs}}{b} = \frac{p_{cl} - p_{cs}}{H} \cos \gamma$$



### **3. Corte de Chapas.**

# Corte de Chapas

O corte de chapas é um processo de conformação que visa o seccionamento de materiais (chapas ou perfis), para utilização em novo processo, isto é, o processo em questão pode ser considerado um processo intermediário, que visa preparar o material seccionado para utilização em novo processo (conformado novamente). O processo de conformação de corte, pode ser utilizado ainda na preparação de juntas soldadas, assim como servir de elemento de acabamento.

O corte de chapas pode ser obtido de diversas formas, sendo mais comumente aplicado na indústria 2 (dois) tipos de processos básicos, conforme a classificação:

- **Cortes não-térmicos** – quais se utilizam recursos mecânicos ou outros recursos, para obtenção do seccionamento;
- **Cortes térmicos** – quais se utilizam da ação termoquímica para obtenção do seccionamento.



# Corte de Chapas

## Processos de Corte Não térmicos

Os processos de corte Não térmicos, podem ser divididos em 3 (três) tipos de processos:

- Corte por Jato d'água Ultra-pressurizado (Flow Cut Water);
- Corte por Cisalhamento (Guilhotina e tesouras);
- Corte Abrasivos.

# Corte de Chapas

## Corte por Jato d'água Ultra-pressurizado (Flow Cut Water).

A tecnologia de corte a jato d'água é um processo de corte que utiliza-se de um jato de água, devidamente purificado, à uma pressão elevadíssima. O corte por jato d'água, resumidamente, coleta água corrente normal, purifica-a (para isentá-la de partículas indesejáveis e compostos químicos danosos), e pressuriza-a até pressão de 60.000 psi. Após esta pressurizada, é então liberada através de um orifício de diamante e um tubo de focalização. O orifício e o tubo de focalização produzem um jato preciso de água pura, ou com a adição de um pó abrasivo, criando bordas bem acabadas prontas para aplicação em produtos finalizados. O jato d'água permite tremenda flexibilidade e versatilidade de fabricação e admite mais possibilidades de corte, podendo atuar sobre uma gama imensa de materiais.

A energia necessária ao corte de materiais é obtida através de altíssima pressurização da água, formando um jato intenso focalizado por um pequeno orifício de diamante, chamado de jóia. Há duas etapas principais envolvidas no processo de corte a jato d'água:

- 1) A bomba de altíssima pressão, ou o intensificador, pressuriza a água corrente, devidamente tratada, a níveis de pressão de até 60.000 psi (4.137 bar) para produzir a energia necessária ao corte.
- 2) A água é focalizada através de um orifício de diamante para formar um intenso jato cortante. O jato se move à velocidade Mach 3 (três vezes superior à velocidade do som), dependendo de como a pressão da água é exercida.



# Corte de Chapas

## Corte por Jato d'água Ultra-pressurizado (Flow Cut Water).

No caso de aplicações de corte de grandes espessuras, e ou para materiais muito duros, utiliza-se a adição de abrasivos. Alimenta-se a câmara de mistura abrasiva – situada no corpo da cabeça de corte – visando produzir um jato abrasivo extremamente poderoso. Vários materiais abrasivos que podem ser usados, dentre eles, a olivina, a granada e o coríndon com tamanho de partícula entre 50 e 120 mesh (0,2 a 0,5 mm).

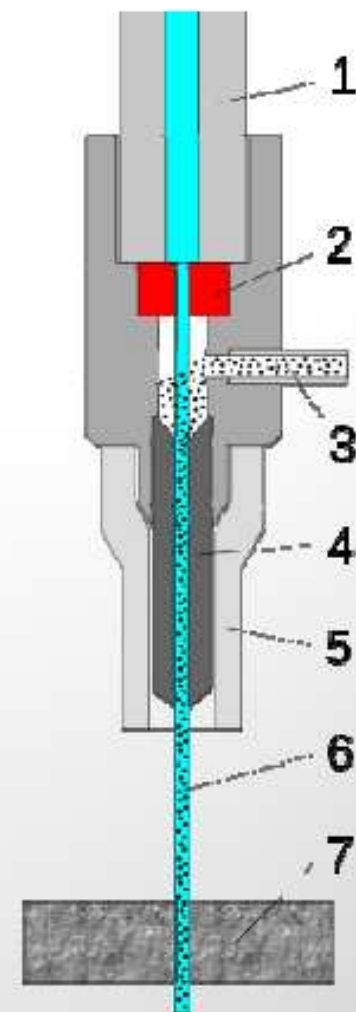
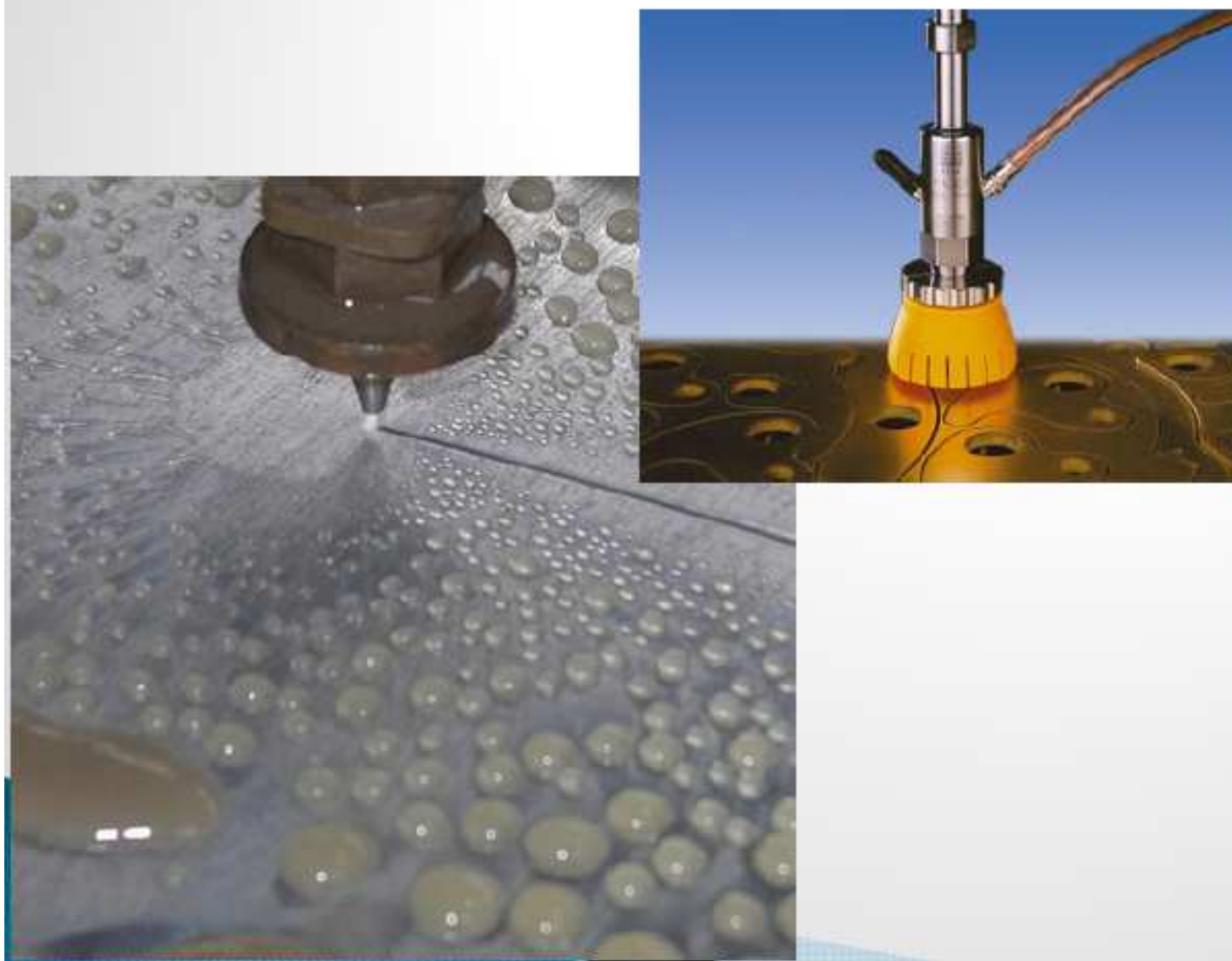
O abrasivo é primeiramente armazenado no reservatório pressurizado e transportado para um conjunto de medição que controla a quantidade de partículas alimentadas ao bico. O abrasivo é então introduzido no jato de corte em uma câmara de mistura especial situado na cabeça de corte abrasivo. O corte abrasivo permite que materiais mais duros sejam cortados mais rapidamente com a aceleração do processo de erosão. Após o corte, a energia residual do jato é dissipada em um tanque coletor que armazena o material do veio cortado e o abrasivo usado.

A água é então transportada para um bico de corte abrasivo ou de água pura, dependendo da aplicação. O bico de corte pode ser estacionário ou integrado ao equipamento de movimentação, o que permite o corte de formatos e padrões complexos. O equipamento de movimentação pode variar, de cortador em cruz simples a sistemas 2D e máquinas 3D, chegando a robôs de múltiplos eixos. Um software CAD/CAM combinado com controladores CNC converte desenhos ou comandos em caminhos programados digitalmente que são seguidos pela cabeça de corte.



# Corte de Chapas

Corte por Jato d'água Ultra-pressurizado (Flow Cut Water).



# Corte de Chapas

## Corte por Cisalhamento

O corte por meio de guilhotina é um processo de corte que se utiliza a ação mecânica, que provoca o rompimento de um material (ao ultrapassar as tensões de cisalhamento do mesmo), orientado pelo perfil do ferramental utilizado, que podem ser réguas ou conjunto punção-matriz.

A folga de corte entre as partes móveis do ferramental deve ser definida em função do tipo e espessura do material a ser cortado. E ela é muito importante pois é um dos fatores que influenciam na qualidade do corte. Uma folga inadequada (em excesso ou muito apertada) produzirá rebarbas no corte. A ausência de folga danifica os elementos da ferramenta envolvidos no processo.

Outros fatores importantes para um bom corte são:

- Controle do estado de afiação das facas;
- Alinhamento preciso das facas;
- Robustez estrutural da máquina adequada às solicitações de forças para o corte;
- Correta instalação da máquina no piso fabril.



# Corte de Chapas

## Corte por Cisalhamento

O corte por meio de guilhotina é um processo de corte que se utiliza a ação mecânica, que provoca o rompimento de um material (ao ultrapassar as tensões de cisalhamento do mesmo), orientado pelo perfil do ferramental utilizado, que podem ser réguas ou conjunto punção-matriz.

A folga de corte entre as partes móveis do ferramental deve ser definida em função do tipo e espessura do material a ser cortado. E ela é muito importante pois é um dos fatores que influenciam na qualidade do corte. Uma folga inadequada (em excesso ou muito apertada) produzirá rebarbas no corte. A ausência de folga danifica os elementos da ferramenta envolvidos no processo.

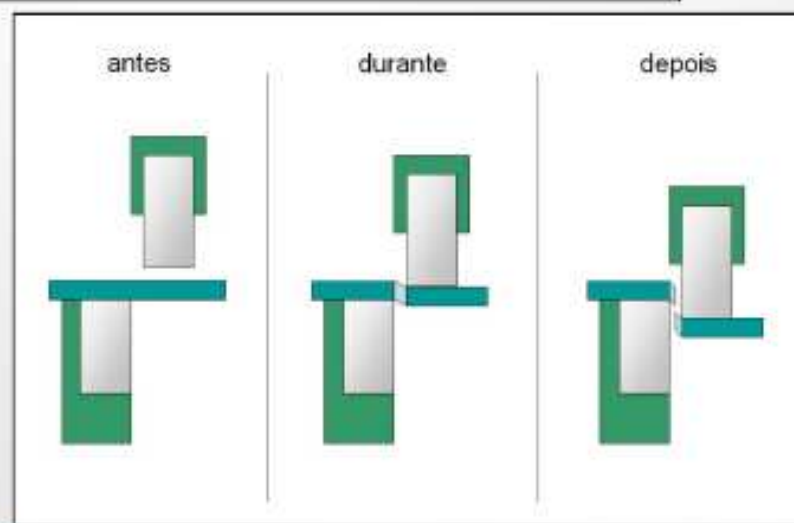
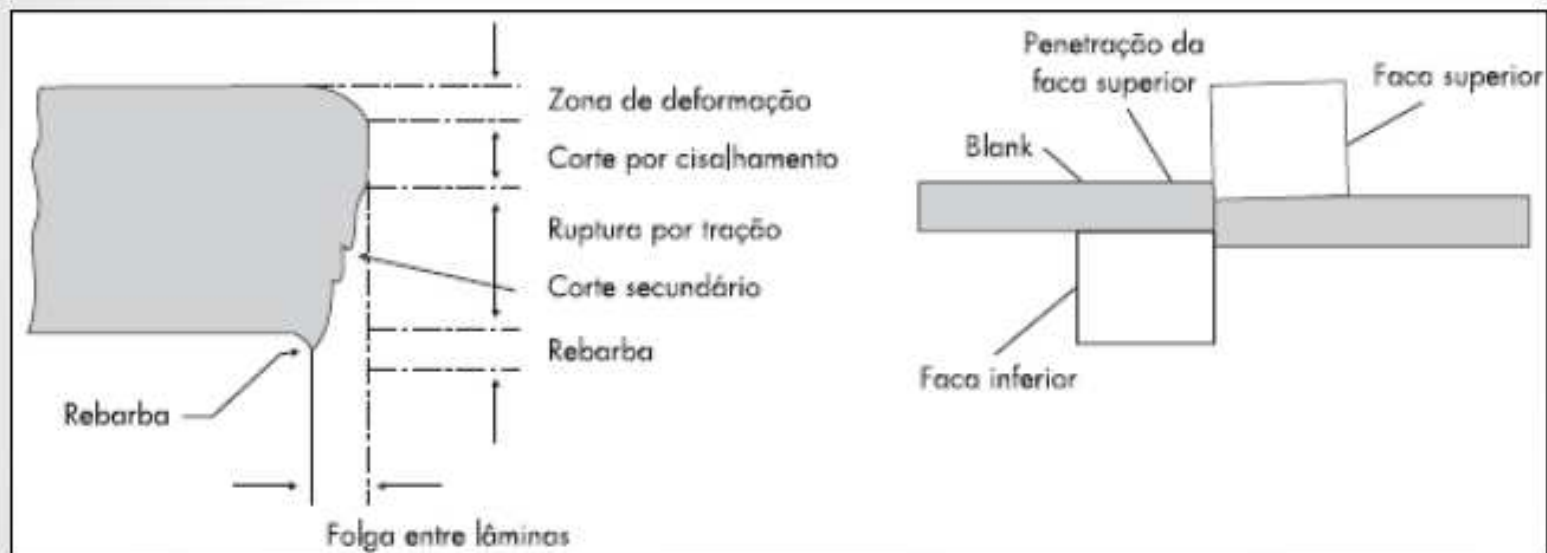
Outros fatores importantes para um bom corte são:

- Controle do estado de afiação das facas;
- Alinhamento preciso das facas;
- Robustez estrutural da máquina adequada às solicitações de forças para o corte;
- Correta instalação da máquina no piso fabril.



# Corte de Chapas

## Corte por Cisalhamento



# Corte de Chapas

## Corte por Cisalhamento

**Guilhotina (ou tesoura)** é uma máquina onde, geralmente, a faca inferior é presa na base da máquina (parte imóvel), e a faca superior, na parte móvel, que desce para fazer o corte. A guilhotina é uma máquina de corte linear e tem como característica a inclinação de sua faca. Sem essa inclinação, seria necessária uma força muito maior para realizar o corte, como ocorrem nos demais processos de corte em estamparia, que são realizados por prensas ou puncionadeiras.

Isso porque o corte com punção é efetuado em todos os pontos ao mesmo tempo, e na guilhotina durante o curso de descida da ferramenta. Quanto maior a inclinação, menor a força necessária, porém maior será o curso da faca superior. E sendo menor a inclinação, ganha-se na velocidade do processo, havendo força adequada.

Pode-se buscar melhorias de produtividade alterando essas variáveis, como as capacidades disponíveis em um parque de máquinas, possíveis inclinações do ferramental, a velocidade do corte e as espessuras de chapas necessárias para se processar.

Estas podem ser do tipo manual, chamadas popularmente de tesouras, ou mecânicas.

# Corte de Chapas

Corte por Meio de Guilhotina





# Corte de Chapas

## Corte por Meio de Guilhotina

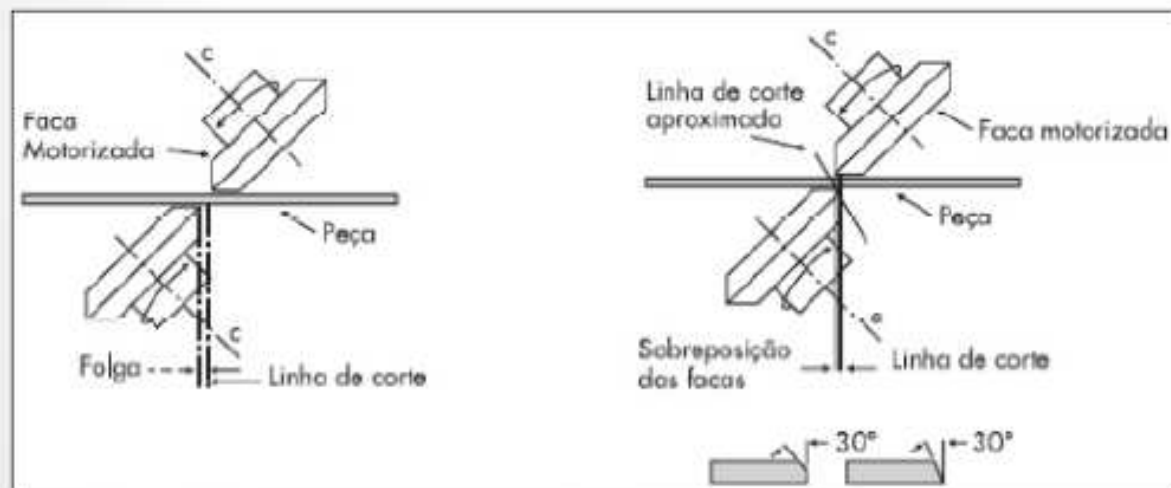
**Guilhotinas Rotativas** faz o corte de bobinas de chapas em tiras, de forma contínua. Esse processo de corte, conhecido por Slitter, é amplamente utilizado nas indústrias de alto-volume de operações de estampagens, e que, naturalmente, precisam reduzir a largura do material fornecido pela siderúrgica. Geralmente, a bobina fornecida tem cerca de 10T, e, por isso, é necessária uma logística interna especial para o recebimento e processamento.

Portanto, o processo de Slitter envolve diversas etapas. Resumidamente, o descarregamento para estoque no recebimento, o processo contínuo de corte (desbobinar – cortar – rebobinar), e o transporte para estoque da estamparia das bobinas “slitadas”.

Para cortes por cisalhamento com facas circulares (slitting) devem ser ajustadas folgas horizontais e verticais. As folgas horizontais variam de uma montagem para outra. Uma boa prática é adotar-se, inicialmente, uma folga igual a 8% da espessura da chapa a ser cortada. As folgas verticais dependem da dureza do material. Materiais duros exigem folgas menores que os materiais mais macios. A folga vertical é positiva para cortes em materiais de até 1,15 mm de espessura, devendo ser mínima para manter as bordas livres de rebarbas. Para espessuras maiores, as facas são separadas por folga vertical negativas.

# Corte de Chapas

## Corte por Meio de Guilhotina





# Corte de Chapas

## Corte por Meio de Guilhotina

| Tipo       | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Capacidades                                                              |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Mecânica   | Executa corte em chapas de aço sobre um traçado ou com uso de limitador mecânico (stop) chamado de encosto, incorporado à máquina. O conjunto de potência de uma guilhotina mecânica é constituído por motor, volante, coroa sem fim acionada pelo volante e uma embreagem que liga a coroa sem fim ao eixo e além de um mecanismo acionado pelo pedal.                                              | para chapas com espessuras inferiores a 13 mm e comprimentos até 3000 mm |
| Hidráulica | Apresentam cursos mais longos que as guilhotinas mecânicas. São acionadas por um conjunto moto-bomba que força o óleo para dentro do cilindro empurrando o pistão. O movimento do pistão aciona o mecanismo que sustenta a faca superior. As guilhotinas hidráulicas são projetadas com capacidade de carga fixa. Não devem ser cortados materiais que superem a capacidade de corte do equipamento. | Para chapas com espessuras até 25 mm e comprimentos até 4000 mm          |
| Pneumática | Usadas exclusivamente para chapas finas 1,2mm de espessura x 1500 mm de comprimento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                          |



# Corte de Chapas

## Corte por Abrasão

O corte por abrasão é executado pela fricção de uma ferramenta de corte no material a ser cortado. Neste tipo de corte, são arrancadas partículas do material a ser cortado (“cavacos”) com consequente aumento de temperatura da zona cortada.

Quando a espessura da peça a ser cortada é muito grande, existe a necessidade de serem utilizados fluidos de refrigeração. Este tipo de corte pode ser executado por dois tipos de equipamentos: Serras circulares (comumente chamadas de policortes) e discos abrasivos (instalados em esmerilhadeiras manuais).

Para a selecção do disco de corte mais adequado, deve-se considerar o tipo de material a ser cortado, a secção do corte, o acabamento desejado e os equipamentos de corte disponíveis (corte refrigerado ou a seco).

# Corte de Chapas

## Corte por Abrasão

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material do disco<br>vs<br>Material a ser cortado | Como regra geral, especifica-se para o corte de materiais macios, discos duros ou de grãos grossos e, para materiais duros, discos moles ou de grãos mais finos. Discos fabricados com carbetto de silício (Sic) apresentam maior rendimento em materiais de baixa resistência à tração (ferro fundido cinzento, materiais não ferrosos ou não metálicos). Para os aços, especificam-se discos fabricados em óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) reforçados por duas telas laterais. |
| Arco de contato<br>disco/peça                     | O arco de contato entre peça e disco de corte determina o comprimento do cavaco produzido. Cavacos grandes obstruem o caminho dos grãos abrasivos na periferia do disco e reduzem a ação de corte.                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Pressão de corte                                  | Em peças de paredes finas a pressão unitária de corte aumenta, acarretando o desprendimento prematuro dos grãos abrasivos e acelerando o desgaste das faces do disco. Por este motivo, recomenda-se usar discos de durezas elevadas.<br>Inversamente, em peças de paredes mais grossas, onde o arco de contato aumenta, a pressão unitária resultante será mais baixa, recomendando-se discos de durezas mais baixas.                                                            |
| Acabamento                                        | As características de corte livre dependem do tamanho do grão abrasivo e do grau de dureza do disco, determinando a geração de calor e a rebarba produzida. Quanto mais elevado o calor gerado, mais rebarba é produzida pelo corte. Quanto mais fino é o disco, menor índice de rebarba ele produz, pela menor quantidade de material removido pelo corte e, conseqüentemente, menor geração de calor.                                                                          |
| Potência da máquina<br>de corte                   | Quanto maior a potência disponível, maior poderá ser a pressão exercida, podendo-se empregar com êxito, discos de dureza mais altas com maior economia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



# Corte de Chapas

## Corte por Abrasão

O corte por abrasão é executado pela fricção de uma ferramenta de corte no material a ser cortado. Neste tipo de corte, são arrancadas partículas do material a ser cortado (“cavacos”) com consequente aumento de temperatura da zona cortada.

Quando a espessura da peça a ser cortada é muito grande, existe a necessidade de serem utilizados fluidos de refrigeração. Este tipo de corte pode ser executado por dois tipos de equipamentos: Serras circulares (comumente chamadas de policortes) e discos abrasivos (instalados em esmerilhadeiras manuais).

Para a selecção do disco de corte mais adequado, deve-se considerar o tipo de material a ser cortado, a secção do corte, o acabamento desejado e os equipamentos de corte disponíveis (corte refrigerado ou a seco).



# Corte de Chapas

## Processos de Corte Térmicos

Os processos de corte Térmicos, podem ser divididos em 4 (quatro) tipos de processos:

- Corte Oxi-combustível;
- Corte por Arco-plasma;
- Corte por LASER.

# Corte de Chapas

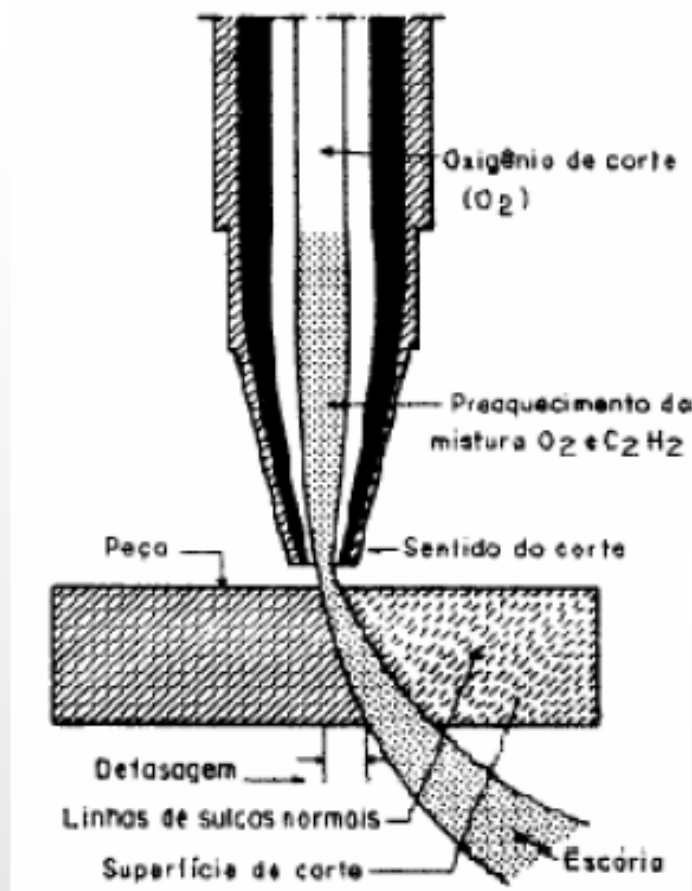
## Corte por Oxicombustível (Oxicorte).

O corte por oxicombustível a oxigênio (**Oxyfuel Gas Cutting - OFC**) é um processo de corte térmico que utiliza um jato de oxigênio puro para oxidar o metal de base e remover a mistura, no estado líquido, de óxidos e do material de base da região de corte. O processo é usado basicamente para ligas de ferro, principalmente aços carbono e aços de baixa liga, podendo ser usado, também, para ligas de titânio.

O processo é usado, para aços de baixo carbono, para cortar chapas de até 300 mm de espessura. Técnicas especiais permitem o corte de espessuras acima de 1 m. Elementos de liga tendem, de uma forma geral, a dificultar o corte por promover a formação de um óxido refratário (por exemplo, cromo, alumínio e silício) ou por reduzir a temperatura de fusão do metal de base (carbono, por exemplo) tornando o corte mais grosseiro.

# Corte de Chapas

Corte por Oxicombustível (Oxicorte).





# Corte de Chapas

## Corte por Oxicombustível (Oxicorte).

Variações do processo, que lançam, juntamente com o jato de oxigênio, pó de ferro ou misturas de outros materiais, permitem estender a utilização deste processo para outras ligas e materiais.

A reação de oxidação produz, em geral, calor suficiente para a manutenção do processo de corte, contudo, para o início da reação e para o desenvolvimento do corte de uma forma mais suave, utiliza-se, em geral, um conjunto de chamas de oxigênio e um gás combustível (acetileno, GLP, etc) concêntricas ao jato de oxigênio.

O processo é iniciado apenas com as chamas que aquecem a região de início do corte até a sua temperatura de ignição (em torno de 870°C), quando, então, o jato de oxigênio é ligado tendo início a ação de corte. O maçarico é, então, deslocado pela trajetória de corte com uma velocidade adequada. O deslocamento pode ser feito manualmente ou de forma mecanizada. Instalações de grande porte podem deslocar diversos maçaricos ao mesmo tempo, com sistemas de CAD/CAM e controle numérico para determinar e controlar as trajetórias de corte.

# Corte de Chapas

Corte por Oxicombustível (Oxicorte).





# Corte de Chapas

Corte por Oxicombustível (Oxicorte).





# Corte de Chapas

## Corte por Arco-plasma.

### O Plasma.

“Uma coleção de partículas carregadas contendo quase a mesma quantidade de elétrons e íons positivos, e, embora apresente quase todas as características dos seus gases formadores, se difere deles por ser um bom condutor de eletricidade”. A ionização do gás causa a criação de elétrons livres e íons positivos entre os átomos de gás. Quando isso ocorre, o gás em questão torna-se eletricamente condutivo com excelente capacidade para transmissão de corrente elétrica. O melhor exemplo de plasma na natureza é a tempestade de raios. Exatamente como na tocha plasma, os raios movem à eletricidade de um ponto a outro. Para o raio, os gases do ar são os gases ionizados.

# Corte de Chapas

## Corte por Arco-plasma.

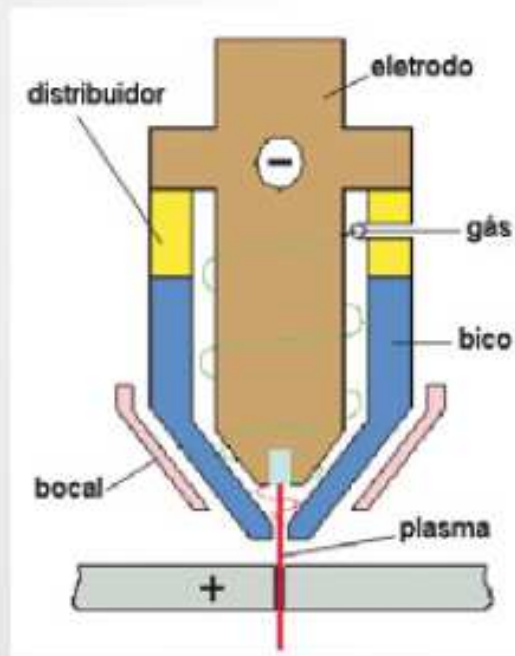
**Corte a plasma (Plasma Arc Cutting, PAC)** é realizado com um jato de plasma quente de alta velocidade obtido de forma similar ao processo de soldagem a plasma. Um fluxo suplementar de gás ( $\text{CO}_2$ , ar, nitrogênio, oxigênio) ou, mesmo, de água pode ser usado para resfriar e aumentar a constrição do arco. Em sistemas de grande porte, o corte pode ser realizado sob uma pequena camada de água para reduzir os seus efeitos ambientais (elevada geração de fumaça, radiação e de ruídos). O processo pode cortar praticamente todos os metais e peças de pequena espessura de aço de baixo carbono podem ser cortadas mais rapidamente do que OFC.

Adicionalmente, o processo pode iniciar o corte imediatamente, não necessitando do pré-aquecimento inicial até a temperatura de ignição como no processo de corte a oxigênio. Equipamentos de baixo custo e pequenas dimensões têm sido desenvolvidos para o corte PAC manual e têm tornado este processo relativamente popular. Contudo, este processo é ainda mais comum em instalações de grande porte para corte mecanizado ou automático. O elevado custo do equipamento e alto nível de ruído, de fumaça e de radiação gerados são limitações deste processo.

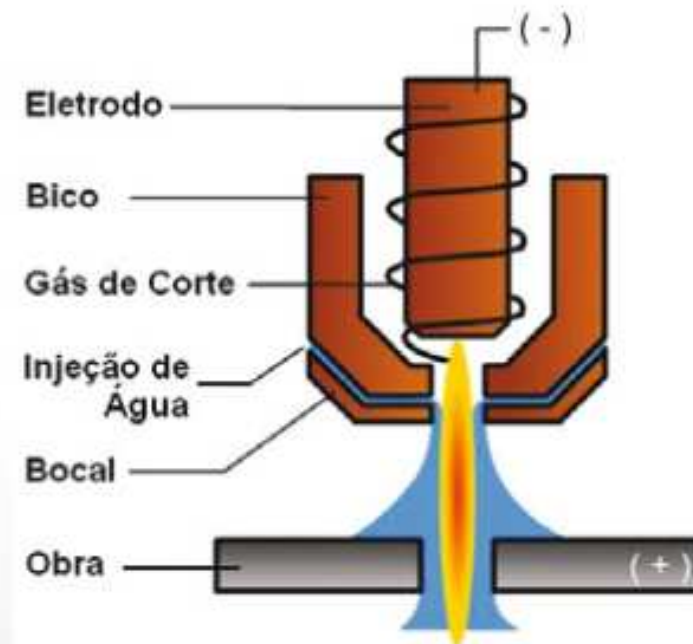


# Corte de Chapas

## Corte por Arco-plasma.



Processo Plasma Comum



Processo Plasma Com Injeção D'água

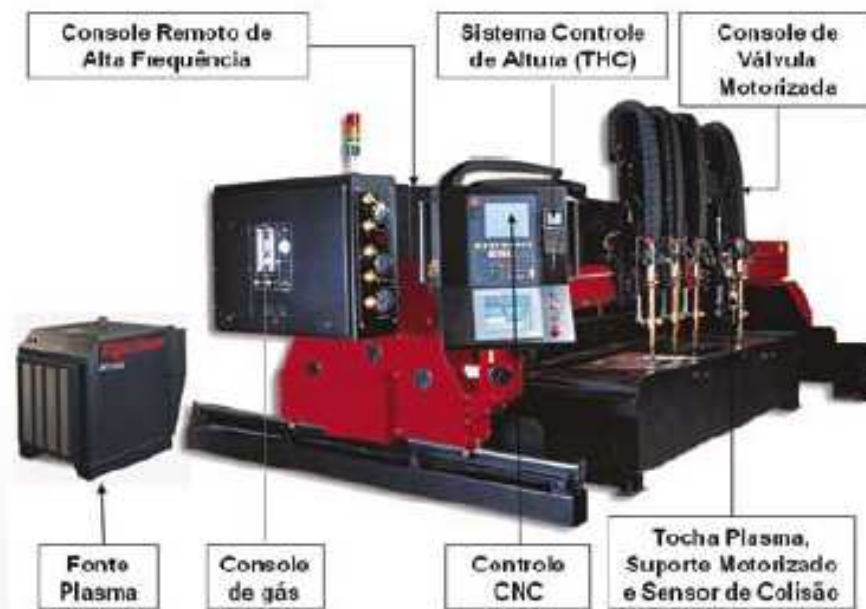


# Corte de Chapas

Corte por Arco-plasma.



Processo Manual



Processo Automatizado

# Corte de Chapas

## Corte por Arco-plasma.

| SELEÇÃO DO GÁS DE PROTEÇÃO |                                                                                                              |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gás                        | Usado com:                                                                                                   | Vantagens                                                                                                                                                                      | Desvantagens                                                                                                                                                                                             |
| AR                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• AR</li><li>• Nitrogênio</li><li>• Oxigênio</li></ul>                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Conveniente</li><li>• Baixo custo</li></ul>                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitretação na superfície de corte</li></ul>                                                                                                                      |
| Dióxido de Carbono         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitrogênio</li></ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Boa proteção para vários tipos de metais</li><li>• Boa vida útil dos consumíveis</li><li>• Maior flexibilidade de parâmetros</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Inconveniente (Pode requerer console de gás específico)</li><li>• Superfície de corte rugosa</li></ul>                                                           |
| Nitrogênio                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitrogênio</li><li>• Argônio/Hidrogênio</li></ul>                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Excelente qualidade de corte em Inox e Alumínio</li><li>• Boa vida útil dos consumíveis</li></ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitretação da superfície de corte</li><li>• Menor flexibilidade de parâmetros</li><li>• Menor vida útil dos consumíveis (comparado ao C O<sub>2</sub>)</li></ul> |
| Água                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitrogênio</li><li>• Argônio/Hidrogênio</li><li>• Oxigênio</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Excelente qualidade de corte em Inox e Alumínio</li><li>• Menos fumos</li></ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Sujeira</li><li>• Requer água de alta qualidade</li></ul>                                                                                                        |

# Corte de Chapas

## Corte por LASER.

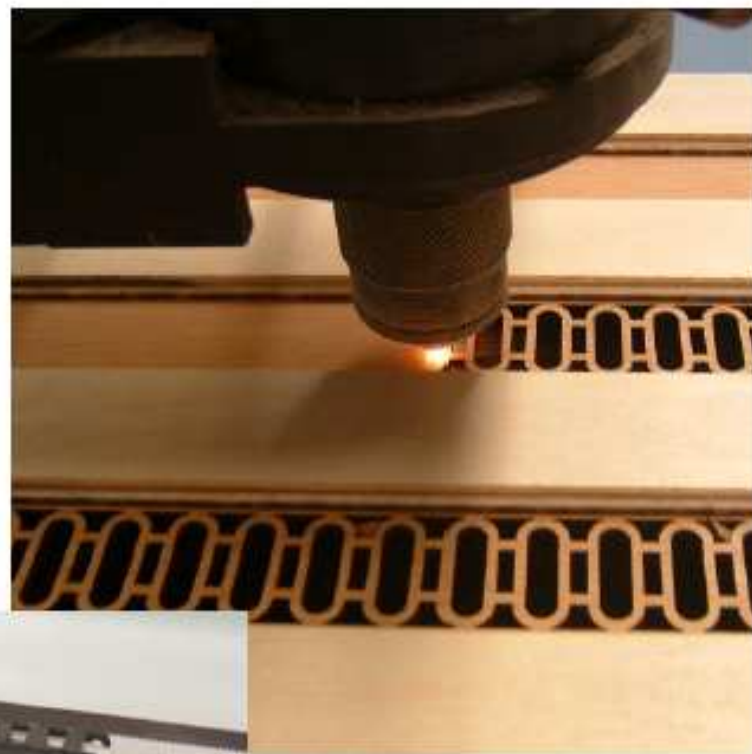
O corte a laser (**Laser Beam Cutting, LBC**) é baseado na ação de um feixe de luz coerente concentrado sobre a peça. A elevada densidade de energia utilizada possibilita a fusão e vaporização do material na região sendo atingida pelo laser o que leva à remoção de material e à ação de corte. Muitos sistemas trabalham com um jato de gás auxiliar para facilitar a expulsão de material da região de corte.

O gás pode ser inerte, para gerar uma superfície da corte limpa e suave, ou pode ser reativo (em geral, oxigênio), para aumentar a velocidade de corte. O processo pode ser utilizado para cortar todos os metais além de certos materiais não metálicos como cerâmicas.



# Corte de Chapas

Corte por LASER.



**Fim!!!**