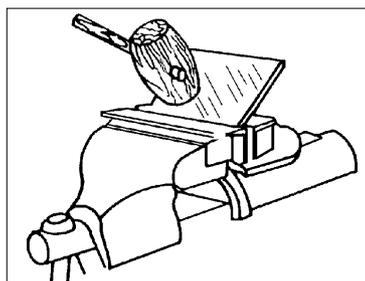


Dobramento e curvamento

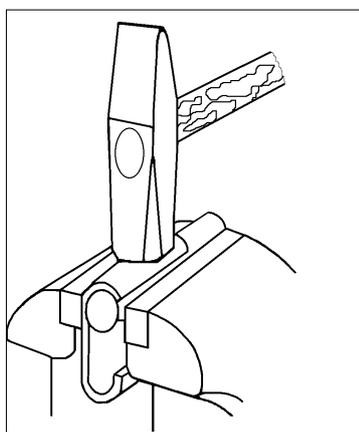
Nesta aula você vai conhecer um pouco do processo pelo qual são produzidos objetos dobrados de aspecto cilíndrico, cônico ou em forma prismática a partir de chapas de metal. Vamos estudar as máquinas de dobrar e curvar, os cuidados a serem tomados durante essas operações e como se efetuam essas operações em grande escala.

Deformação por flexão

Dobramento é a operação que é feita pela aplicação de *dobra* ao material. **Dobra** é a parte do material plano que é flexionada sobre uma base de apoio. Na ilustração ao lado vemos uma chapa presa a uma morsa de bancada sendo **dobrada** com o auxílio de um macete.



Nossa aula



Curvamento é a operação feita pela aplicação de *curva* ao material produzido. **Curva** é a parte de um material plano que apresenta uma curvatura ou arqueamento. Na figura ao lado vemos uma operação de curvamento de uma chapa com o auxílio de um dispositivo cilíndrico preso à morsa. O curvamento da chapa é obtido por meio das pancadas de martelo.

Nas operações de curvamento e dobramento, o esforço de flexão é feito com intensidade, de modo que provoca uma deformação permanente no material.

Dobramento

O dobramento pode ser feito manualmente ou à máquina. Quando a operação é feita manualmente, usam-se ferramentas e gabaritos. Na operação feita à máquina, usam-se as chamadas **prensas dobradeiras** ou **dobradeiras**. A escolha de utilização de um ou outro tipo de operação depende das necessidades de produção.

A operação de dobramento é feita, na maior parte das vezes, a frio. Pode ainda ser feita a quente, em casos especiais.

Deformação plástica e elástica

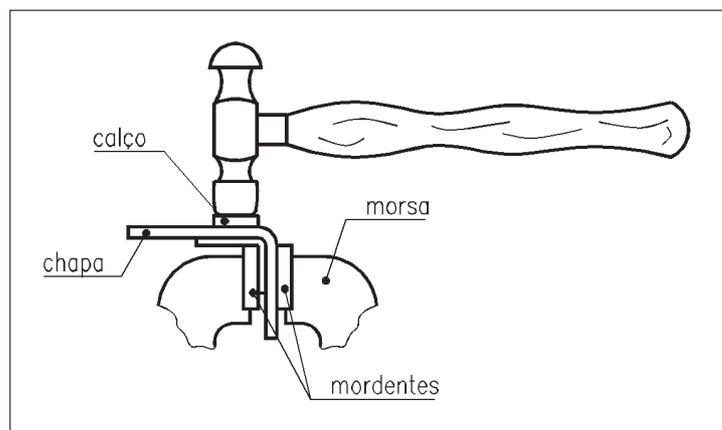
A operação de dobramento provoca uma deformação permanente no material trabalhado. A deformação que é feita numa peça por meio do dobramento chama-se deformação plástica. Antes desta deformação, porém, ocorre uma outra, chamada deformação elástica, que não é permanente.

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.

Portanto, ao se planejar uma operação de dobramento, é preciso calcular corretamente o ângulo de dobramento que se quer. O ângulo deve ser calculado com abertura menor do que a desejada, para que depois da recuperação elástica a peça fique com a dobra na dimensão prevista.

Dobramento manual

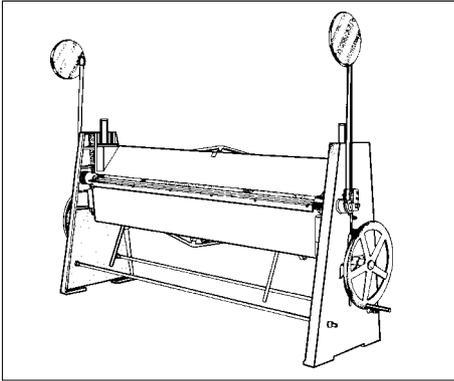
No dobramento manual, o esforço de flexão é exercido **manualmente**, com o auxílio de ferramentas e dispositivos como: martelo, morsa, cantoneira e calços protetores, como mostra a figura a seguir.



Numa operação desse tipo, a escolha da ferramenta de impacto, como o martelo, tem que ser adequada à espessura do material a ser dobrado. Além disso, para evitar deformações, devem ser usados calços protetores para a peça a ser dobrada.

Dobradeiras manuais

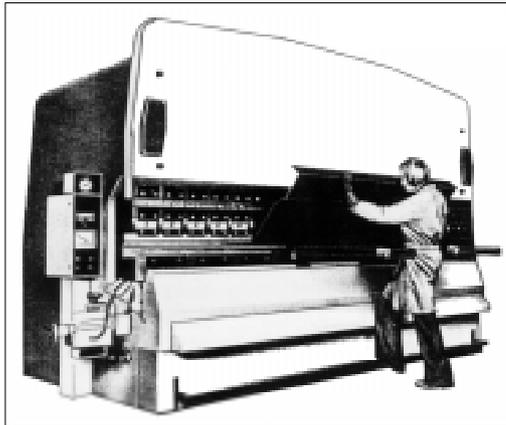
As dobradeiras manuais ou **viradeiras** são máquinas acionadas **manualmente** e de grande uso nas indústrias que produzem gabaritos, perfis, gabinetes de máquinas, armários etc. Estas máquinas se movimentam pela aplicação da força de um ou mais operadores.



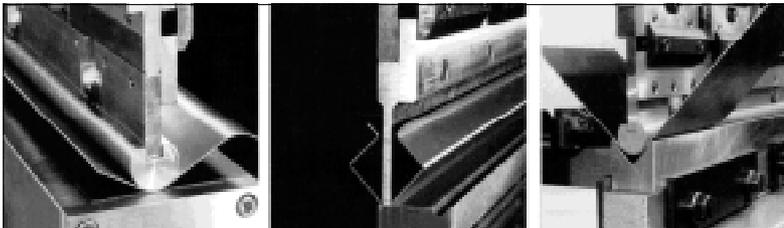
Para operar essas máquinas, o trabalhador precisa ter conhecimentos de cálculo de dobra, de preparação do material e de ajuste da dobradeira. Dependendo do trabalho a ser executado, as dobras são feitas com o auxílio de dispositivos especiais, existentes ou adaptados à viradeira. Essa operação é amplamente empregada na confecção de perfilados, abas, corpos de transformadores etc.

Dobramento à máquina

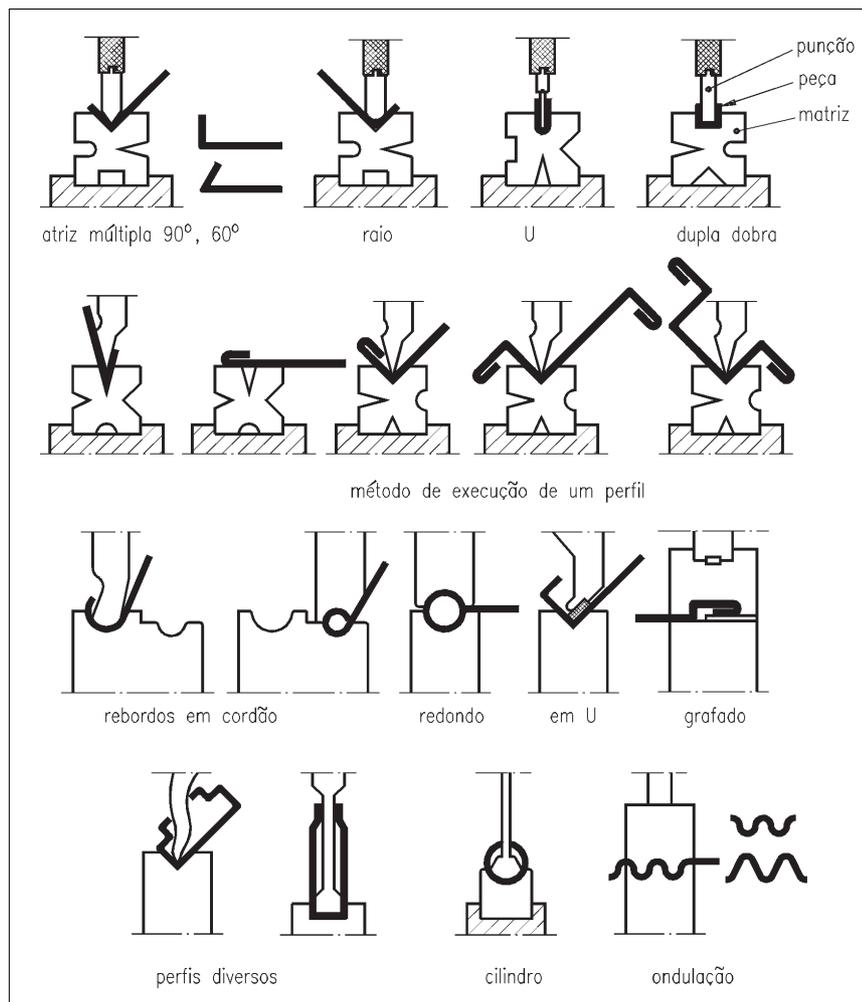
O dobramento à máquina costuma ser executado numa **prensa dobradeira**. É uma máquina que executa operações de dobramento em chapas de diversas dimensões e espessuras, com medidas predeterminadas. É, geralmente, uma máquina de grandes dimensões, formada por uma barra de pressão à qual é acoplado o estampo com movimento vertical, e uma matriz localizada na mesa inferior da máquina. Grande número de prensas dobradeiras apresenta a mesa inferior fixa e a barra de pressão móvel. Entretanto, podem-se encontrar modelos que têm a barra fixa e a mesa inferior móvel. Muitas dobradeiras chegam a atingir mais de 6 m de comprimento.



O trabalho é feito por meio da seleção de punções e matrizes, de acordo com as medidas e o formato que se deseja dar à chapa. A dobradeira é empregada na produção de perfilados, abas, corpos de transformadores etc.



A prensa dobradeira pode se movimentar por energia mecânica ou hidráulica. Alguns modelos mais recentes têm comandos orientados por computador, que permitem fazer uma série de dobras diferentes na mesma peça, reduzindo o manuseio e o tempo de fabricação. A figura a seguir mostra diferentes tipos de dobra, feitos a partir da seleção de punções e matrizes correspondentes.



Dobramento a quente

O dobramento a quente é sempre feito manualmente, quando a espessura do material a ser dobrado é grande, acima de 5 mm. Quando se dobra à máquina, o processo é *sempre* a frio, independentemente da espessura do material.

Quando se dobra o material com aplicação do calor, acontece o mesmo fenômeno que ocorre quando se dobra a frio. As estruturas das fibras do lado externo da dobra são esticadas e as fibras do lado interno da dobra, comprimidas. As fontes de calor usadas para o aquecimento da peça são: a forja, o forno elétrico a gás ou a óleo e o maçarico.

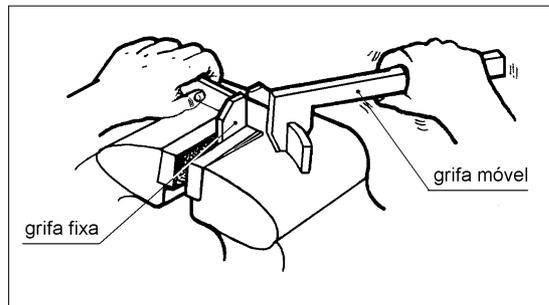
A temperatura de aquecimento varia, dependendo do material com que se vai trabalhar. No caso de aço, cobre e latão, existe uma tabela de cores para comparação com o material a ser trabalhado. Cada cor corresponde a uma temperatura. Conforme a temperatura, a cor do metal muda, e assim é possível saber quando a chapa está pronta para a operação. Desse modo pode-se ter mais controle sobre o trabalho que se faz.

Para um bom resultado, é preciso observar tudo aquilo que o trabalho envolve, como: o metal de que a chapa é feita, a espessura da chapa, a quantidade de calor necessária, a pressão que vai ser dada na dobra, os dispositivos adequados etc.

A operação de curvamento é feita **manualmente**, por meio de dispositivos e ferramentas, ou **à máquina**, com auxílio da **calandra**, que é uma máquina de curvar chapas, perfis e tubos.

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 seguinte vemos o curvamento de uma barra com auxílio da **grifa fixa**, presa à morsa, onde são aplicados esforços gradativos para se conseguir a curvatura planejada, com ajuda da grifa móvel.



Curvamento a quente

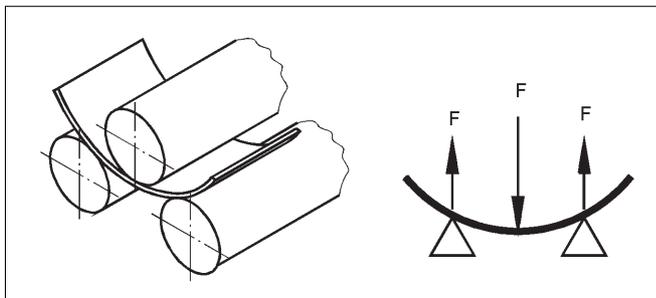
O trabalho de curvar barras torna-se mais fácil quando o material recebe aquecimento. Peças como anéis, flanges, elos etc. são executados com êxito **a quente** quando observados cuidadosamente os componentes do processo como: calor aplicado no local correto por meio de **maçarico** ou **forja** adequados à espessura da peça, pressão exercida durante o curvamento e dispositivos adequados a cada tipo de trabalho.

Curvamento à máquina

A máquina usada para curvar chapas chama-se **calandra**. Na **calandra** são curvados chapas, perfis e tubos. As peças podem ser curvadas de acordo com o raio desejado. Nesse tipo de máquina é que se fabricam corpos ou costados de tanques, caldeiras, trocadores de calor, colunas de destilação etc.

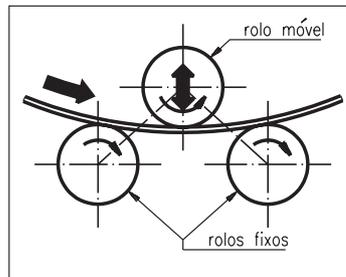
Elementos da calandra

A calandra é constituída por um conjunto de **rolos** ou **cilindros**, com movimento giratório e pressão regulável. O material a ser curvado é colocado entre **rolos** que giram e pressionam até que o curvamento esteja de acordo com as dimensões desejadas.

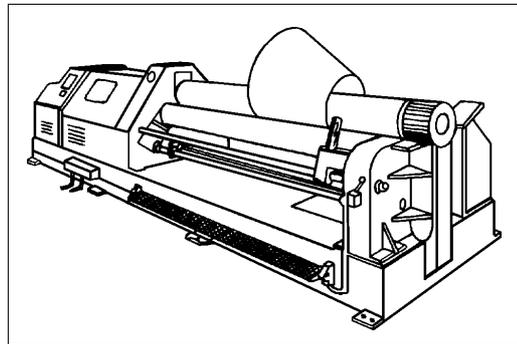


Rolos fixos e móveis

A calandra permite curvar peças de acordo com o raio desejado. O curvamento é feito por meio dos rolos, que podem ser **fixos** ou **móveis**. **Rolo fixo** é aquele que tem apenas o movimento giratório. **Rolo móvel** é aquele que, além de girar, também pode ser movimentado para cima e para baixo. Desse modo, o raio de curvatura varia de acordo com a distância entre os rolos.



Nas calandras podem ser curvadas chapas de acordo com o raio desejado. Quando se quer produzir um cone, cujos raios de curvatura são diferentes, recorre-se a um tipo especial de calandra. Ela possui rolos inferiores que se deslocam inclinados entre si, no sentido vertical.

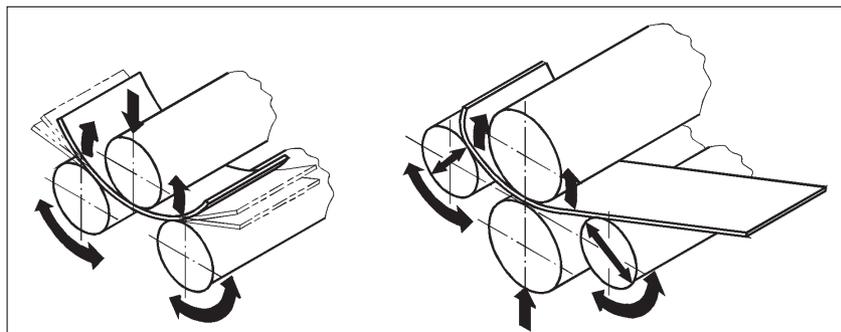


Tipos de calandra

Existem **calandras para chapas** e **calandras para tubos e perfis**.

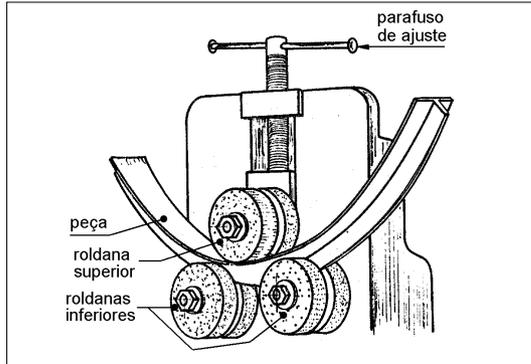
Calandras para chapas

Têm geralmente 3 ou 4 rolos. As de **3 rolos** são as mais usadas na indústria e nelas os rolos estão dispostos em formação de pirâmide, como mostra a ilustração seguinte. As calandras para chapas com **4 rolos** apresentam a vantagem de facilitar o trabalho de pré-curvamento. Nas calandras de 3 rolos, o pré-curvamento é feito manualmente.

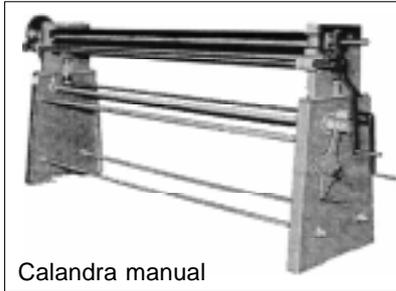


Calandras para tubos e perfis

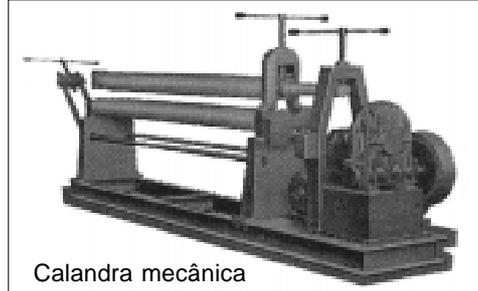
Apresentam conjuntos de rolos ou cilindros sobrepostos, feitos de aço temperado, com aproximadamente 200 mm de diâmetro. Podem curvar qualquer tipo de perfil: barras, quadrados, cantoneiras, em T etc.



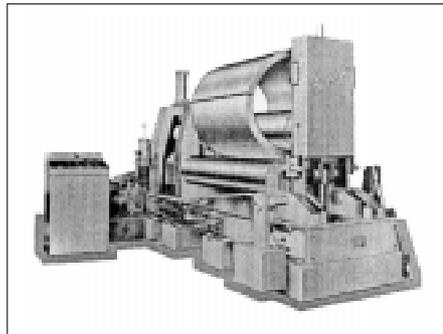
Quanto ao acionamento, as calandras podem ser: **manuais**, com um volante ou manivela para fazer girar os rolos, ou **mecânicas**, com motor elétrico e redutor para movimentar os rolos. As calandras mecânicas podem apresentar, além do motor elétrico, um sistema hidráulico que imprime maior ou menor pressão aos rolos. Este último tipo é usado para trabalhos de grande porte.



Calandra manual

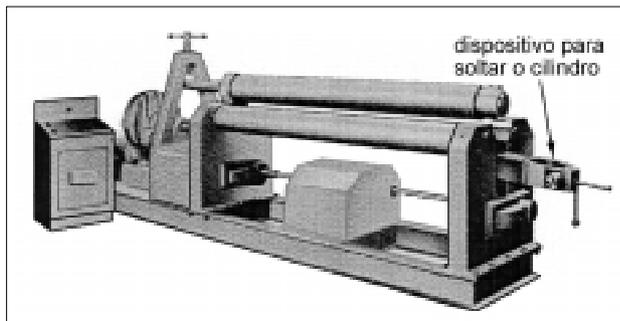


Calandra mecânica



Calandra mecânica com sistema hidráulico

Todos os tipos apresentam, em uma das extremidades, um dispositivo que permite soltar o cilindro superior para retirar a peça calandrada.



dispositivo para soltar o cilindro

Vamos ver agora se você aprendeu. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 1

Nas operações de curvamento e dobramento ocorrem:

- a) () deformação elástica e deformação plástica;
- b) () deformação elástica e deformação por ruptura;
- c) () deformação plástica e deformação permanente;
- d) () deformação elástica e recuperação plástica.

Exercício 2

As máquinas acionadas manualmente para dobrar são:

- a) () prensas dobradeiras;
- b) () morsas viradeiras;
- c) () viradeiras;
- d) () dobradeiras.

Exercício 3

As máquinas para curvar chamam-se:

- a) () curvadeiras;
- b) () morsas;
- c) () calandras;
- d) () tornos.

Exercício 4

A calandra é formada por:

- a) () conjunto de rolos ou cilindros;
- b) () partes móveis dispostas em formação de pirâmide;
- c) () carcaça e grifa;
- d) () rolos cônicos e rolos paralelos.

Exercício 5

Existem tipos especiais de calandra para:

- a) () aço temperado e cobre;
- b) () chapas e tubos;
- c) () materiais com recuperação elástica;
- d) () deformações a quente e a frio.

