

Apresentação

Neste último livro de **Processos de fabricação** foram reunidos métodos e processos de natureza diversa, que não se enquadravam satisfatoriamente nos livros anteriores .

Basicamente, são apresentados alguns **processos mecânicos convencionais**, ao lado de **métodos avançados de usinagem**, que incorporam as mais recentes conquistas da tecnologia industrial.

Ao todo, o livro compreende vinte aulas, praticamente independentes entre si, que abordam diferentes maneiras de usinar, cortar, colar, dobrar e conformar os materiais.

As aulas que tratam dos métodos avançados de usinagem, também chamados de **métodos não tradicionais de usinagem**, procuram dar uma visão introdutória e panorâmica de cada método, sem a pretensão de esgotar o assunto.

As duas últimas aulas procuram mostrar que há um espaço de convivência entre os processos tradicionais e os métodos avançados, cabendo, diante de cada situação de produção, uma análise cuidadosa das opções possíveis. Finalmente, são discutidas algumas tendências observadas no mundo do trabalho, com o objetivo de esboçar um perfil genérico do profissional do século XXI.

Todas as aulas incluem baterias de exercícios, com gabarito para autocorreção, de modo a permitir que você mesmo avalie seu progresso em relação a cada assunto.

Os temas tratados neste livro são também apresentados sob a forma de teleaulas, transmitidas por emissoras de TV, ou gravadas em fitas de videocassete. Quer você estude junto com outras pessoas, numa telessala, ou sozinho, o ideal é que você assista às aulas pela TV e estude a matéria correspondente pelo livro, sem esquecer de fazer todos os exercícios propostos.

Terminando o estudo do módulo, você poderá obter o reconhecimento formal do seu aprendizado, submetendo-se a uma avaliação dos assuntos estudados nos quatro livros correspondentes.

Mas, o melhor de tudo é que você certamente terá adquirido um conjunto de conhecimentos que o tornarão mais preparado para enfrentar as mudanças radicais que estão tomando conta do mundo do trabalho nesta virada de século.

Autores

Adriano Ruiz Secco
Dario do Amaral Filho
Nelson Costa de Oliveira

Texto

Regina Maria Silva

Colaboração

Célio Renato Bueno Ruiz
Celso da Silva Morelli
Jorge Tadeu Bastin Mano
José Saturnino Peopke
Nilton dos Santos
Reinaldo Baldessin Junior
Sidnei Antonio Munhato
Valdemir Ferreira de Carvalho

No começo era a pedra...

Que tal fazer um exercício de imaginação? Pense só, você tendo mais ou menos 1,20 m de altura, vivendo em bandos lá na África uns 40 mil anos atrás. Para sobreviver, você tem de colher frutas, caçar e se defender de outros predadores. Se o tempo esfria, você tem que arranjar alguma coisa com que se cobrir, porque seus pêlos são muito ralinhos e não fornecem proteção suficiente contra baixas temperaturas e a chuva. Os bichos são maiores e muito mais fortes que você. Lutar corpo-a-corpo, nem pensar, mas você quer continuar vivo. Que fazer?

Todo o progresso tecnológico que chega a nos assustar neste fim do século XX, começou nesse “Que fazer?”. E nesta aula, para começar o estudo dos processos de fabricação mecânica, vamos contar para você como surgiram todas essas máquinas maravilhosas que hoje em dia fazem coisas que até Deus duvida.

Você vai ver que, embora os materiais sejam diferentes, o princípio de tudo está naquelas máquinas e ferramentas rudimentares que o homem começou a construir, assim que percebeu que tinha que vencer toda a hostilidade da natureza que estava à sua volta.

As primeiras ferramentas

Só desvantagens... Era isso o que a vida oferecia aos nossos antepassados. E foi a partir da própria fragilidade, que o homem passou a buscar formas de vencer os inimigos que ameaçavam sua sobrevivência. O fato de andar somente sobre duas pernas, o que liberou as mãos para outras tarefas; o cérebro, os olhos e as

mãos trabalhando em conjunto; a posição livre do polegar, tudo contribuiu para a fabricação dos instrumentos que aumentassem a força de seus braços: as armas e as ferramentas.

Sua inteligência logo o ensinou que, se ele tivesse uma pedra nas mãos, seu golpe teria mais força. Se essa pedra tivesse um cabo, seria melhor ainda. E se ela fosse afiada, poderia cortar a caça e ajudar a raspar as peles dos animais caçados.

Portanto, ele viu que simplesmente apanhar um pedaço de pedra no chão, não era suficiente. Afinal, chimpanzés fazem isso para abrir a casca de frutos mais duros...

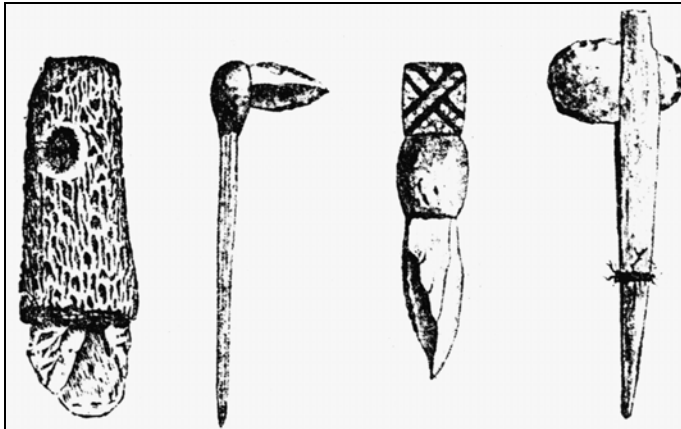
Por isso, era preciso desbastar, polir, prender para fabricar um machado. Isso trouxe o desenvolvimento das operações de **desbastar, cortar, furar**.



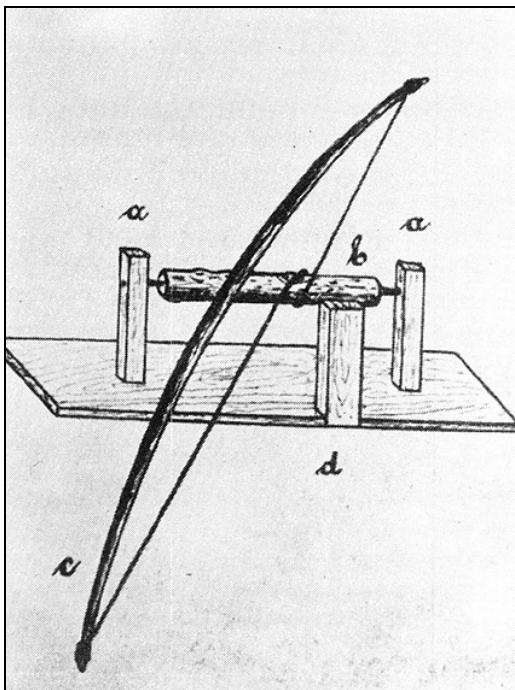
Aos poucos, o homem foi percebendo que não precisava caçar, colher e pescar a todo o momento que sentia fome. O alimento podia ser plantado, colhido e guardado e as ferramentas de trabalho e os instrumentos de defesa podiam estar ao seu lado, prontos para quando ele necessitasse.

Durante milhares de anos a ferramenta foi o prolongamento da mão do homem que, usando pedra como o principal material, de-

senvolveu e fabricou facas, serras, plainas, buris, raspadores, martelos, agulhas, lanças, arpões e outras ferramentas .



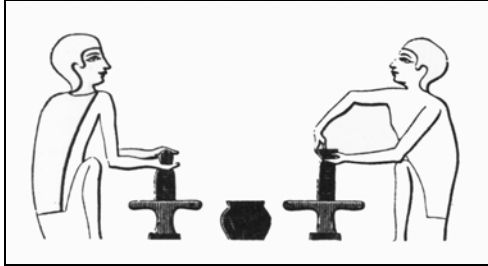
Para tornar sua produção cada vez maior, o homem começou a criar instrumentos capazes de repetir mecanicamente os movimentos que ele idealizou para obter as formas que queria. Surgiram, assim, os protótipos das máquinas-ferramenta.



A adoção da agricultura e a domesticação de animais como forma de garantir a sobrevivência, obrigou o homem a desenvolver outras ferramentas especiais, como a enxada, o arado, a foice e consolidou a posição do artesão na comunidade primitiva. Só que tudo isso ainda era feito de madeira, pedra, osso.

O metal entra em ação

Foi o desenvolvimento da cerâmica que abriu ao homem as portas para o definitivo salto tecnológico: o processamento dos metais.



A cerâmica trouxe consigo a descoberta das possibilidades de exercer controle sobre o material. Com ela, o homem podia pensar uma forma, pegar a argila e fazer aparecer um objeto onde antes existia apenas material sem forma.

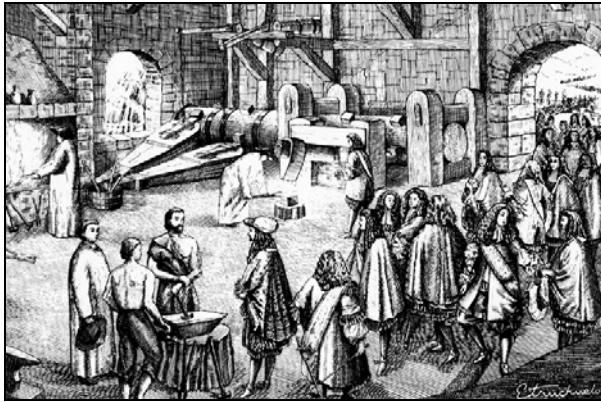
E por volta de 4000 a.C., ele percebeu que podia fazer o mesmo com os metais. Começando pelo cobre, depois o bronze e finalmente o ferro, o homem foi vagarosamente dominando a tecnologia de utilização desses materiais metálicos. Por forjamento, isto é, martelando a massa aquecida de metal, o forjador dava ao metal a forma desejada, o que antes era impossível de ser obtido na pedra. Aplicando técnicas de soldagem, inicialmente no cobre e depois nos outros metais, ele aprendeu a unir partes metálicas. Para o acabamento da ferramenta, era necessário, em seguida, **limá-la e afiá-la**.

Essas atividades especializadas fizeram surgir a classe dos profissionais que não mais se dedicavam diretamente às tarefas ligadas ao fornecimento de meios de subsistência, ou seja, a agricultura e o pastoreio. Eles tinham que ser sustentados por outros para poder ter tempo de produzir os instrumentos necessários a todas as atividades do grupo social ao qual pertenciam. A localização das matérias-primas em diferentes regiões, integrou definitivamente a roda e o comércio à vida do homem.

A técnica de produção econômica do ferro teve que superar grandes barreiras tecnológicas. Os fornos primitivos não conseguiam

alcançar temperaturas de fusão. A massa de minério era aquecida várias vezes e martelada para que o metal se separasse da escória.

Dependendo da habilidade do ferreiro, as propriedades do ferro podiam ser melhoradas em maior ou menor grau, conforme o tratamento térmico aplicado posteriormente. Uma vez dominada essa complicada técnica, arados, enxadas, facas e machados de ferro tornaram possíveis a expansão da agricultura pela Ásia e Europa.



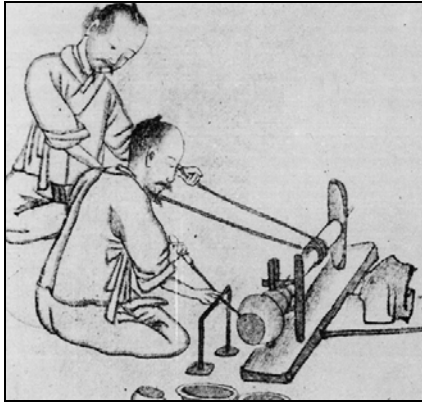
Por volta de 500 a.C. os artesãos já eram capazes de elaborar uma grande variedade de ferramentas de ferro para seu próprio uso: tenazes, punções, rodas hidráulicas, formões e foles bem aperfeiçoados, além de martelos de vários modelos, adequados a cada tipo de trabalho. Com o passar do tempo, outros métodos para dar forma aos metais foram desenvolvidos. À furadeira de arco acrescenta-se a broca de ferro e a operação de torneiar se realiza com ferramentas também de ferro.

Surgem as máquinas-ferramenta

No período pré-histórico, ou seja, antes de o homem inventar a escrita, não existiam máquinas-ferramenta propriamente ditas.

O torno foi uma das primeiras e mais importantes máquinas-ferramenta, porque dele derivaram todas as máquinas operatrizes que existem atualmente. Ele se caracteriza por dois movimentos: a rotação da peça e o avanço da ferramenta.

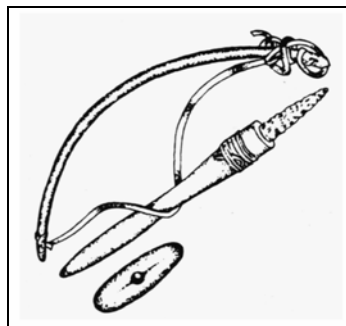
O torno primitivo era um instrumento rudimentar composto de dois suportes de madeira fincados no chão. Enquanto o torneiro apoiava a ferramenta em um outro suporte, seu ajudante fazia girar a peça puxando alternadamente as duas pontas de uma corda enrolada em um eixo. O torneamento era intermitente e o corte só acontecia quando o giro se fazia na direção do fio da ferramenta.



A fresadora também encontra suas origens nesse mesmo torno primitivo. O fresamento, como o torneamento, caracteriza-se pela remoção de material mediante uma sincronização de movimentos. A diferença está no fato de a ferramenta, em geral de dentes múltiplos, girar enquanto a peça, fixa, avança em movimento linear.

Os métodos modernos de usinagem de metais pelo uso de materiais abrasivos têm sua origem remota nos procedimentos para afiar instrumentos e ferramentas de corte e para polir metais usados desde a pré-história. Inicialmente, a afiação e o polimento eram feitos movimentando-se a peça e mantendo fixa a pedra de afiar. Por volta de 600 a.C., a usinagem passou a ser feita com uma pedra redonda e grossa montada sobre um eixo e movimentada manualmente por meio de uma manivela.

Serrar e fazer furos são também técnicas muito antigas. Os egípcios, 4000 a.C., faziam orifícios paralelos muito próximos uns dos outros usando uma furadeira de arco.



Tornear, afiar, polir, serrar, furar, soldar... Não se pode pensar nos processos de fabricação da indústria mecânica moderna sem essas operações. Mudaram os materiais, aperfeiçoaram-se os mecanismos, descobriram-se formas de fazê-los funcionar sem que se precisasse empregar força humana ou animal. Mas tudo o que o “Homo Sapiens”, nosso ilustre antepassado, pensou como princípio chegou até nossos dias intocado.

Esses princípios básicos e todas as suas conseqüências são os conhecimentos que você vai ganhar nas próximas 79 aulas do Telecurso Profissionalizante. Você vai aprender que a fabricação de conjuntos mecânicos, basicamente feitos de materiais metálicos, é realizada a partir de cinco grandes famílias de processos de fabricação: a **Fundição**, a **Conformação Mecânica**, a **Soldagem**, a **Metalurgia do Pó** e a **Usinagem**. É um pouco de todo o conhecimento sobre os processos de fabricação que foram se acumulando nesses milhares de anos. Estude muito e ponha a sua curiosidade para funcionar. Assim você estará no caminho certo para se tornar um bom profissional para a indústria mecânica.

Pare! Estude! Responda

Exercício

Responda às seguintes perguntas.

- a) O que existe no corpo do homem que o torna diferente dos outros animais e permitiu que ele fabricasse armas e ferramentas?
- b) Cite alguns instrumentos e ferramentas feitas e usadas pelo homem durante milhares de anos.
- c) Que ferramentas o homem criou por causa do aparecimento da agricultura?

Gabarito

1. a) Cérebro, olhos e mãos trabalhando em conjunto.
- b) Facas, serras, plainas, buris, raspadores e outras ferramentas.
- c) Enxada, arado, foice etc.

Fundição: um bom começo

Quando se fala em Mecânica, o que vem à sua cabeça? Certamente máquinas. Grandes, pequenas, complexas, simples, automatizadas ou não, elas estão por toda a parte. E se integraram às nossas vidas como um complemento indispensável que nos ajuda a vencer a inferioridade física diante da natureza.

Pois é, na aula anterior, vimos como o homem, ainda antes de construir abrigos e inventar a agricultura já “fabricava” instrumentos que o ajudavam em sua sobrevivência. E no momento em que ele se sentiu capaz disso, não existiram mais limites para a sua criatividade. E daí para a idéia dos mecanismos que pudessem tornar as tarefas mais rápidas, mais fáceis e cada vez mais perfeitas, foi só uma questão de tempo. Foi um progresso que levou alguns milhares de anos, é verdade, mas que, de uns duzentos anos para cá tornou-se cada vez mais rápido.

É o caso, por exemplo, do relacionamento do homem com os metais que já dura uns 6 mil anos. Você pode pensar nos conjuntos mecânicos que você conhece sem metais? Por enquanto não, certo? Todavia, o aperfeiçoamento desses conjuntos só se tornou possível com o domínio de dois conhecimentos: a tecnologia dos materiais e os processos de fabricação.

Sobre a tecnologia dos materiais, você já deve ter estudado um módulo inteiro do Telecurso Profissionalizante: o módulo chamado de **Materiais**. Quanto aos processos de fabricação, vamos começar nosso estudo agora. Que tal, então, imaginar que você tenha de fabricar alguma coisa de metal. Você tem idéia por onde co-

meçar? Não? Pois vamos dar uma dica: vamos começar pela **fundição**.

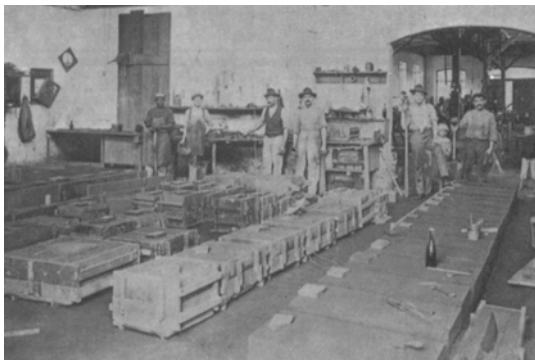
“Como?!”, você deve estar perguntando, “O que isso tem a ver com mecânica?” Mais do que você imagina. E nesta aula você vai ver por quê.

Que processo é esse?

Os processos de transformação dos metais e ligas metálicas em peças para utilização em conjuntos mecânicos são inúmeros e variados: você pode **fundir, conformar mecanicamente, soldar, utilizar a metalurgia do pó e usinar** o metal e, assim, obter a peça desejada. Evidentemente, vários fatores devem ser considerados quando se escolhe o processo de fabricação. Como exemplo, podemos lembrar: o formato da peça, as exigências de uso, o material a ser empregado, a quantidade de peças que devem ser produzidas, o tipo de acabamento desejado, e assim por diante.

Dentre essas várias maneiras de trabalhar o material metálico, a fundição se destaca, não só por ser um dos processos mais antigos, mas também porque é um dos mais versáteis, principalmente quando se considera os diferentes formatos e tamanhos das peças que se pode produzir por esse processo.

Mas, afinal, o que é fundição? É o processo de fabricação de peças metálicas que consiste essencialmente em encher com metal líquido a cavidade de um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser fabricada.



A fundição é um processo de fabricação inicial, porque permite a obtenção de peças com formas praticamente definitivas, com mínimas limitações de tamanho, formato e complexidade, e também é o processo pelo qual se fabricam os **lingotes**. É a partir do lingote que se realizam os processos de conformação mecânica para a obtenção de chapas, placas, perfis etc.

Sempre que se fala em fundição, as pessoas logo pensam em ferro. Mas esse processo não se restringe só ao ferro, não. Ele pode ser empregado com os mais variados tipos de ligas metálicas, desde que elas apresentem as propriedades adequadas a esse processo, como por exemplo, **temperatura de fusão e fluidez**.

Temperatura de fusão é a temperatura em que o metal passa do estado sólido para o estado líquido.

Fluidez é a capacidade de uma substância de escoar com maior ou menor facilidade. Por exemplo, a água tem mais fluidez que o óleo porque escorre com mais facilidade.

A fundição começou a ser usada pelo homem mais ou menos uns 3000 a.C. Fundiu-se primeiro o cobre, depois o bronze, e, mais recentemente, o ferro, por causa da dificuldade em alcançar as temperaturas necessárias para a realização do processo. A arte cerâmica contribuiu bastante para isso, pois gerou as técnicas básicas para a execução dos moldes e para o uso controlado do calor já que forneceu os materiais refratários para a construção de fornos e cadinhos.

Sem dúvida, as descobertas da Revolução Industrial, como os fornos Cubilô os fornos elétricos, e a mecanização do processo, muito contribuíram para o desenvolvimento da fundição do ferro e, conseqüentemente, do aço. A maioria dos equipamentos de fundição foi concebida basicamente nesse período, quando surgiram também os vários métodos de fundição centrífuga. Ao século XX coube a tarefa de aperfeiçoar tudo isso.

Para entender melhor a importância disso, basta lembrar que a produção de máquinas em geral e de máquinas-ferramenta, máquinas operatrizes e agrícolas é impensável sem a fundição.

Pare! Estude! Responda!

Exercício 1

Responda às seguintes perguntas.

- a) O que é fundição?
- b) Comparando o óleo com a água,
 1. Qual possui maior fluidez?
 2. Qual possui menor fluidez?
- c) Por que a fluidez é uma propriedade importante para o processo de fundição?
- d) Sabendo que a temperatura de fusão do aço é de aproximadamente 1600°C e a do ferro fundido é de aproximadamente 1200°C, responda:
 1. Qual dos dois é melhor para a produção de peças fundidas?
 2. Por quê?

Levando vantagem em tudo

Estudando este módulo sobre processos de fabricação mecânica, você vai perceber que esses utilizam sempre produtos semi-acabados, ou seja, chapas, barras, perfis, tubos, fios e arames, como matéria-prima. Quer dizer, existem várias etapas de fabricação que devem ser realizadas **antes** que o material metálico se transforme em uma peça.

Por outro lado, a fundição parte diretamente do metal líquido e, no mínimo, economiza etapas dentro do processo de fabricação. Vamos, então, ver mais algumas vantagens desse processo.



- a) As peças fundidas podem apresentar formas externas e internas desde as mais simples até as bem complicadas, com formatos impossíveis de serem obtidos por outros processos.
- b) As peças fundidas podem apresentar dimensões limitadas somente pelas restrições das instalações onde são produzidas. Isso quer dizer que é possível produzir peças de poucos gramas de peso e com espessura de parede de apenas alguns milímetros ou pesando muitas toneladas.
- c) A fundição permite um alto grau de automatização e, com isso, a produção rápida e em série de grandes quantidades de peças.
- d) As peças fundidas podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamento (mais liso ou mais áspero) e **tolerância dimensional** (entre $\pm 0,2$ mm e ± 6 mm) em função do processo de fundição usado. Por causa disso, há uma grande economia em operações de usinagem.

Tolerância dimensional é a faixa dentro da qual uma medida qualquer pode variar. Por exemplo, o desenho especifica uma medida de 10 mm, com uma tolerância dimensional de ± 1 . Isso quer dizer que essa medida pode variar entre 9 e 11 mm.

- e) A peça fundida possibilita grande economia de peso, porque permite a obtenção de paredes com espessuras quase ilimitadas.

Essas vantagens demonstram a grande diversidade de peças que podem ser produzidas por esse processo e que os outros não conseguem alcançar. Para você ter uma idéia, um automóvel não poderia sair do lugar se não fosse o motor. Nele, a maioria das peças é feita por meio de processos de fundição.

Pare! Estude! Responda!

Exercício 2

Responda às seguintes perguntas.

- a) Por que o processo de fundição é mais vantajoso quando comparado com outros processos de fabricação?
- b) Escreva **V** para as sentenças corretas ou **F** para as sentenças erradas mostradas a seguir.
1. () Na fundição, a produção de peças é demorada e sempre em pequena quantidade.
 2. () As medidas das peças fundidas podem ter tolerâncias entre 0,2 e 6 mm.
 3. () As peças fundidas podem ter tamanhos pequenos ou muito grandes e formatos simples ou complicados.
 4. () A fundição só produz peças com acabamento muito áspero.

Exercício 3

Reescreva corretamente as afirmações que você considerou erradas.

Fundição passo-a-passo

A matéria-prima metálica para a produção de peças fundidas é constituída pelas ligas metálicas ferrosas (ligas de ferro e carbono) e não-ferrosas (ligas de cobre, alumínio, zinco e magnésio).

O processo de fabricação dessas peças por meio de fundição pode ser resumido nas seguintes operações:

1. **Confecção do modelo** – Essa etapa consiste em construir um modelo com o formato aproximado da peça a ser fundida. Esse modelo vai servir para a construção do molde e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar bem como um eventual sobremetal para posterior

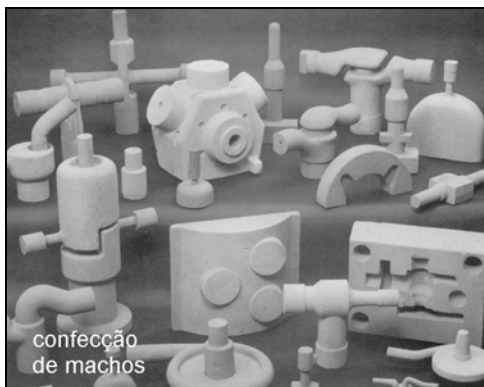
usinagem da peça. Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica e até isopor.



- 2. Confeção do molde** – O molde é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. Ele é feito de material refratário composto de areia e aglomerante. Esse material é moldado sobre o modelo que, após retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça a ser fundida.



- 3. Confeção dos machos** – Macho é um dispositivo, feito também de areia, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça. Eles são colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido.



4. **Fusão** – Etapa em que acontece a fusão do metal.
5. **Vazamento** – O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.



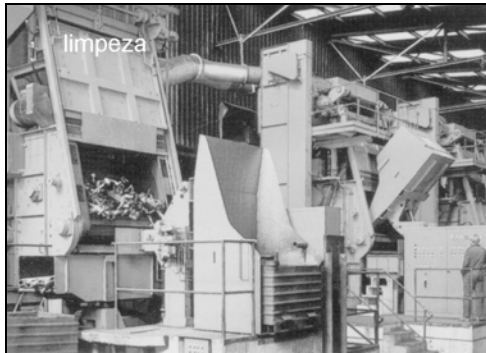
6. **Desmoldagem** - Após determinado período de tempo em que a peça se solidifica dentro do molde, e que depende do tipo de peça, do tipo de molde e do metal (ou liga metálica), ela é retirada do molde (desmoldagem) manualmente ou por processos mecânicos.
7. **Rebarbação** – A rebarbação é a retirada dos **canais de alimentação, massalotes** e rebarbas que se formam durante a fundição. Ela é realizada quando a peça atinge temperaturas próximas às do ambiente.



Canais de alimentação são as vias, ou condutos, por onde o metal líquido passe para chegar ao molde.

Massalote é uma espécie de reserva de metal que preenche os espaços que vão se formando à medida que a peça vai solidificando e se contraindo.

8. **Limpeza** - A limpeza é necessária porque a peça apresenta uma série de incrustações da areia usada na confecção do molde. Geralmente ela é feita por meio de jatos abrasivos.



Essa seqüência de etapas é a que normalmente é seguida no processo de fundição por gravidade em areia, que é o mais utilizado. Um exemplo bem comum de produto fabricado por esse processo é o bloco dos motores de automóveis e caminhões.

O processo de fundição por gravidade com moldagem em areia apresenta variações. As principais são:

- fundição com moldagem em areia aglomerada com argila;
- fundição com moldagem em areia aglomerada com resinas.

A fundição por gravidade usa também moldes cerâmicos. Esse processo recebe o nome de fundição de precisão.

Existe ainda um outro processo de fundição por gravidade que usa moldes metálicos. Quando são usados moldes metálicos, não são necessárias as etapas de confecção do modelo e dos moldes, por nós descritas. Outro processo que usa molde metálico é o processo de **fundição sob pressão**. Esses outros processos, você vai estudar com mais detalhes nas próximas aulas.

Pelas informações desta parte da lição, você já percebeu a importância da fundição para a mecânica. É uma etapa fundamental de todo o processo de produção e dele depende muito a qualidade que o produto terá ao chegar ao consumidor.

Pare! Estude! Responda!

Exercício 4

Relacione a coluna **A** com a coluna **B**.

Coluna A

- a) () Retirada de canais, massalotes e rebarbas da peça.
- b) () O metal é derretido em fornos especiais.
- c) () Retirada da peça sólida do molde.
- d) () O modelo é construído com madeira, metal ou resina.
- e) () O metal líquido é despejado no molde.
- f) () Etapa em que o molde é construído.
- g) () Etapa em que os machos são construídos.
- h) () Etapa em que a peça é jateada e limpa.

Coluna B

- 1. Confeção do molde
- 2. Confeção do macho
- 3. Confeção do modelo
- 4. Fusão
- 5. Vazamento
- 6. Desmoldagem
- 7. Rebarbação
- 8. Limpeza

Exercício 5

Responda às seguintes perguntas.

- a) Como se chamam os dutos que conduzem o metal líquido para o interior do molde?
- b) Qual é o nome do reservatório que serve para suprir a peça com metal à medida que ele se resfria e contrai?
- c) Escreva os nomes dos outros processos de fundição citados nesta parte da aula.

Características e defeitos dos produtos fundidos

Quando um novo produto é criado, ou quando se quer aperfeiçoar algo que já existe, o departamento de engenharia geralmente tem alguns critérios que ajudam a escolher o tipo de processo de fabricação para as peças projetadas.

No caso da fundição, vários fatores podem ser considerados:

- formato e complexidade da peça
- tamanho da peça
- quantidade de peças a serem produzidas
- matéria-prima metálica que será usada

Além disso, as peças fundidas apresentam características que estão estreitamente ligadas ao processo de fabricação como por exemplo:

- acréscimo de sobremetal, ou seja, a camada extra de metal que será desbastada por processo de usinagem
- furos pequenos e detalhes complexos não são feitos na peça porque dificultam o processo de fundição, embora apareçam no desenho. Esses detalhes são depois executados também por meio de usinagem.
- arredondamento de cantos e engrossamento das paredes da peça para evitar defeitos como trincas e melhorar o preenchimento com o metal líquido.

Como em todo o processo, às vezes, alguma coisa “sai errado” e aparecem os defeitos. Alguns defeitos comuns das peças fundidas são:

- inclusão da areia do molde nas paredes internas ou externas da peça. Isso causa problemas de usinagem: os grãos de areia são abrasivos e, por isso, estragam a ferramenta. Além disso, causam defeitos na superfície da peça usinada.
- defeitos de composição da liga metálica que causam o aparecimento de partículas duras indesejáveis no material. Isso também causa desgaste da ferramenta de usinagem.
- rechupe, ou seja, falta de material devido ao processo de solidificação, causado por projeto de massalote malfeito.
- porosidade, ou seja, a existência de “buraquinhos” dentro de peça. Eles se originam quando os gases que existem dentro do metal líquido não são eliminados durante o processo de vazamento e solidificação. Isso causa fragilidade e defeitos superficiais na peça usinada.

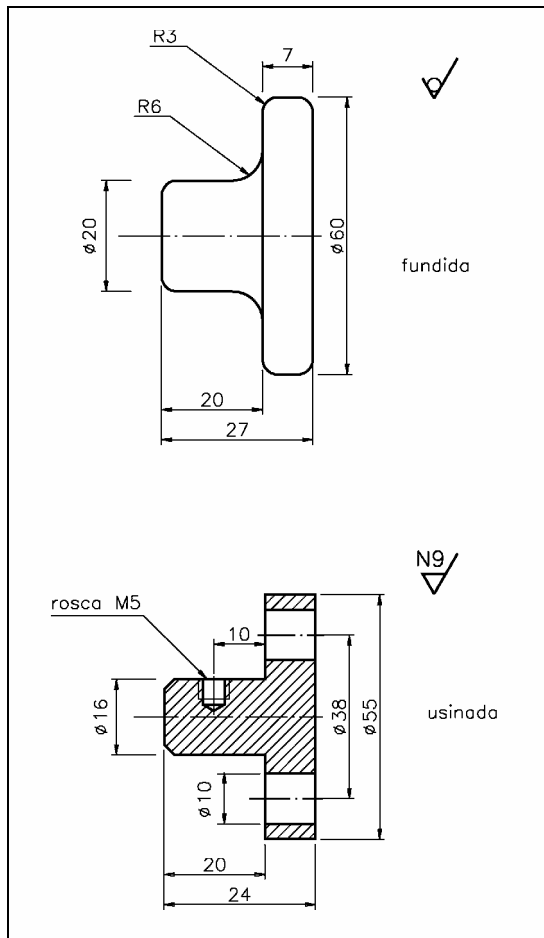
Esta aula termina aqui. Nela você teve uma noção básica e geral sobre o que é fundição e como se obtêm as peças fundidas. Essa é uma etapa importante no processo de fabricação de peças para conjuntos mecânicos e pode ser que sobre para você usinar uma peça dessas, não é mesmo? Agora dê uma repassada na aula e faça os exercícios.

Pare! Estude! Responda!

Exercício 6

Resolva às seguintes questões.

- Ao lado são apresentados dois desenhos: o primeiro de uma peça acabada, já usinada, e o segundo, da mesma peça, porém apenas fundida. Use os conhecimentos que você adquiriu nesta aula e responda por que a peça fundida teve que ser modificada e qual a finalidade de cada modificação feita.
- Se você estivesse usinando uma peça fundida e verificasse a presença de muitos buraquinhos, como você chamaria esse defeito? Qual sua causa?
- Se na usinagem você notar que a ferramenta está desgastando muito rapidamente, qual o defeito de fundição que estaria causando esse problema?



Gabarito

1. a) É o processo que permite a obtenção de peças em formas praticamente definitivas com limitação de: tamanho, formato e complexibilidade.
 - b) 1. água
2. óleo
 - c) Porque não tendo boa fluidez, o metal não conseguirá preencher totalmente as cavidades ou vazios do molde.
 - d) 1. ferro fundido.
2. fusão mais rápida (temperatura mais baixa que do aço).
2. a) As peças fundidas podem apresentar formatos impossíveis de se obter por outros processos, tornando vantajoso sua fabricação por esse processo.
 - b) 1. (F) 2. (V) 3. (V) 4. (F)
3. 1) Pelo alto grau de automatização, a fundição permite uma produção rápida e em grandes quantidades.
 - 4) Podem ser fundidos dentro de padrões variados de acabamento.
4. a) (7) b) (4) c) (6) d) (3)
e) (5) f) (1) g) (2) h) (8)
5. a) Canais de alimentação.
 - b) Massalote.
 - c) Fundição por gravidade, fundição sob pressão
6. a) Pelo acréscimo de sobremetal que foi usinado, detalhes e furos que foram executados posteriormente, cantos arredondados e paredes grossas para melhorar o processo de fundição.
 - b) Porosidade, causada pelos gases não eliminados durante o processo de vazamento e solidificação.
 - c) Inclusão de areia do molde na peça.

Entrou areia na fundição!

Na aula anterior, você aprendeu que a fundição é um dos processos de fabricação mais antigos que o homem criou. É uma maneira fácil e até barata de se obterem peças praticamente com seu formato final, vazando-se o metal em estado líquido dentro de um **molde** previamente preparado.

Estudou também que a fundição em areia é a mais usada, não só na produção de peças de aço e ferro fundido, porque os **moldes** de areia são os que suportam melhor as altas temperaturas de fusão desses dois metais, mas também para a produção de peças de ligas de alumínio, latão, bronze e magnésio.

Todavia, faltou comentarmos alguns “comos” e “porquês” da fundição. Por exemplo: “O molde é importante? Por quê?”, “Como se faz um molde?”, “Por que se usa um tipo de molde e não outro?”...

Assim, nesta aula vamos estudar um pouco mais sobre a fundição, aprendendo noções muito importantes sobre uma coisa também muito importante para esse processo: o **molde**. Entrou areia na fundição, mas você vai ver que isso, ao invés de ser problema, é solução!

O molde: uma peça fundamental

Qualidade, hoje em dia, é muito mais que uma palavra. É uma atitude indispensável em relação aos processos de produção, se

quisermos vencer a competição com os concorrentes; o que não é nada fácil.

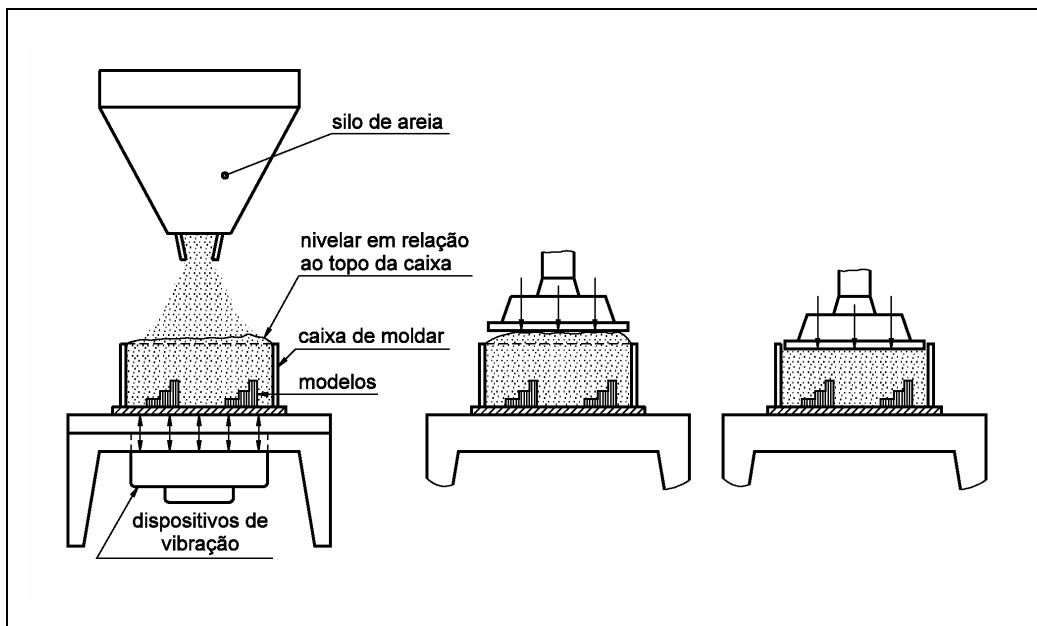
A qualidade da peça fundida está diretamente ligada à qualidade do molde. Peças fundidas de qualidade não podem ser produzidas sem moldes. Por isso, os autores usam tanto o material quanto o método pelo qual o molde é fabricado como critério para classificar os processos de fundição. Portanto, é possível classificar os processos de fundição em dois grupos:

1. Fundição em moldes de areia
2. Fundição em moldes metálicos

Nesta aula, não nos preocuparemos com a fundição em moldes metálicos. Vamos estudar apenas a moldagem em areia.

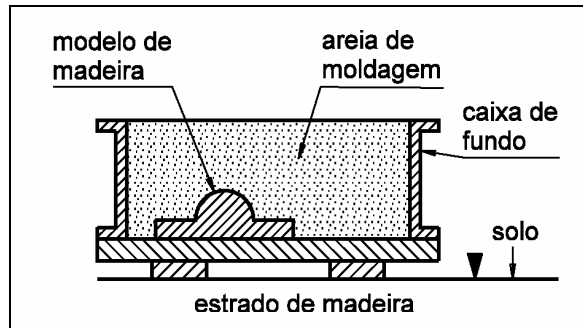
Como já dissemos, esse processo de fundição, particularmente a **moldagem em areia verde** é o mais simples e mais usado nas empresas do ramo.

A preparação do molde, neste caso, consiste em compactar mecânica ou manualmente uma mistura refratária plástica chamada **areia de fundição**, sobre um modelo montado em uma caixa de moldar.

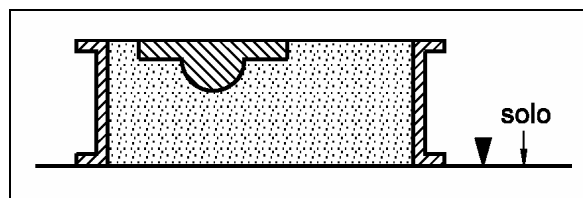


Esse processo segue as seguintes etapas:

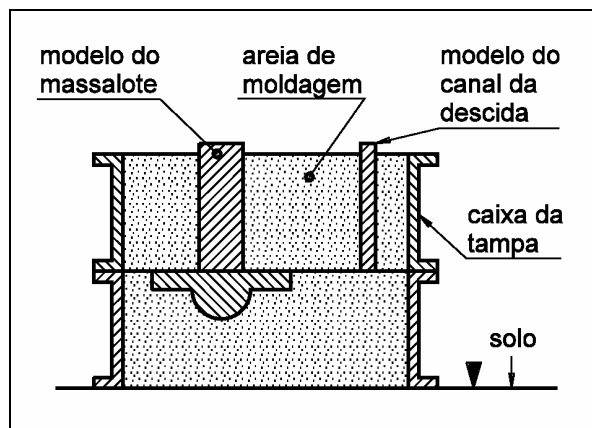
1. A caixa de moldar é colocada sobre uma placa de madeira ou no chão. O modelo, coberto com talco ou grafite para evitar aderência da areia, é então colocado no fundo da caixa. A areia é compactada sobre o modelo manualmente ou com o auxílio de martelotes pneumáticos.



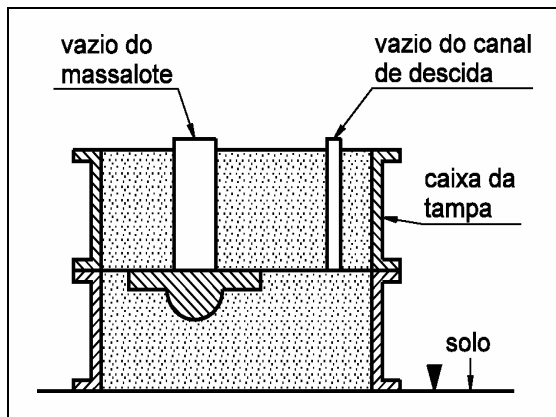
2. Essa caixa, chamada de caixa-fundo, é virada de modo que o modelo fique para cima.



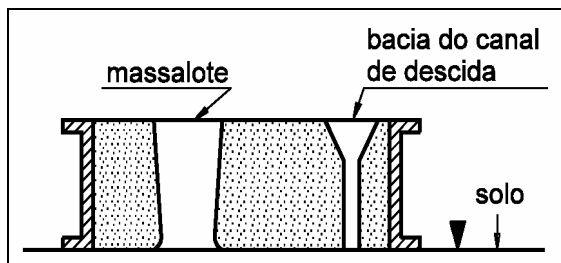
3. Outra caixa de moldar, chamada de caixa-tampa, é então posta sobre a primeira caixa. Em seu interior são colocados o massalote e o canal da descida. Enche-se a caixa com areia que é socada até que a caixa fique completamente cheia.



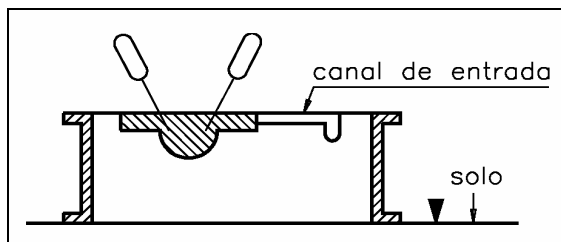
4. O canal de descida e o massalote são retirados e as caixas são separadas.



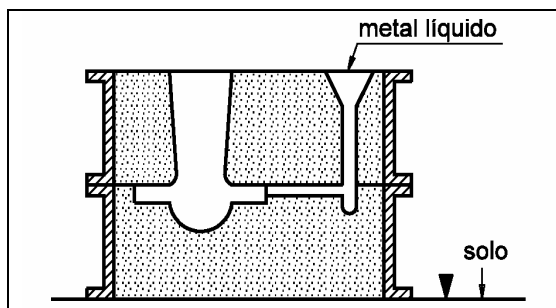
5. Abre-se o copo de vazamento na caixa-tampa.



6. Abre-se o canal de distribuição e anal de entrada na caixa-fundo e retira-se o modelo.



7. Coloca-se a caixa de cima sobre a caixa de baixo. Para prender uma na outra, usam-se presilhas ou grampos.



Depois disso, o metal é vazado e após a solidificação e o resfriamento, a peça é desmoldada, com o canal e o massalote retirados. Obtém-se, assim, a peça fundida, que depois é limpa e rebarbada.

A seqüência da preparação do molde que descrevemos é manual. Nos casos de produção de grandes quantidades, usa-se o processo mecanizado com a ajuda de máquinas de moldar conhecidas como automáticas ou semi-automáticas que permitem a produção maciça de moldes em reduzido intervalo de tempo.

Para que um produto fundido tenha a qualidade que se espera dele, os moldes devem apresentar as seguintes características essenciais:

- a) resistência suficiente para suportar a **pressão** do metal líquido.
- b) resistência à ação erosiva do metal que escoar rapidamente durante o vazamento.
- c) mínima geração de gás durante o processo de vazamento e solidificação, a fim de impedir a contaminação do metal e o rompimento do molde.
- d) permeabilidade suficiente para que os gases gerados possam sair **durante o vazamento** do metal.
- e) refratariedade que permita suportar as altas temperaturas de fusão dos metais e que facilite a desmoldagem da peça.
- f) possibilidade de contração da peça, que acontece durante a solidificação.

Até aqui, vimos as etapas para a construção do molde e as características que ele deve ter. Mas não falamos muita coisa sobre as matérias-primas para a sua construção. Por exemplo: areia verde, o que será isso? Será que alguém pinta os grãos de areia com tinta verde? Bem, isso você só vai saber quando estudar o próximo assunto de nossa aula. Por enquanto, volte ao início da aula, releia toda esta primeira parte e faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda:

- a) Quais são os dois grandes grupos a partir dos quais se podem dividir os processos de fundição?
- b) Qual desses processos está sendo estudado nesta aula?
- c) O processo que estamos estudando é subdividido em vários outros. Qual deles é o mais usado?

2. Coloque as operações a seguir na seqüência correta. Para isso numere os parênteses de 1 a 8.

- a) () Juntar a caixa-tampa e a caixa-fundo e prendê-las com grampo.
- b) () Desmoldar.
- c) () Moldar caixa-tampa com canal de descida e massalote.
- d) () Abrir canal de distribuição na caixa-fundo.
- e) () Vazar o metal líquido.
- f) () Moldar a caixa-fundo com o modelo.
- g) () Abrir o copo de vazamento na caixa-tampa.
- h) () Retirar canais e massalotes.

3. Escreva **V** para as afirmações corretas e **F** para as erradas.

- a) () A moldagem mecanizada é feita por máquinas de moldar automática ou semi-automática.
- b) () A areia de fundição é uma mistura refratária plástica.
- c) () A contração da peça acontece durante a fusão.
- d) () Para eliminar os gases, o molde deve ter boa permeabilidade.
- e) () Um molde não necessita resistir à pressão do metal líquido.

4. Reescreva corretamente as sentenças que você considerou erradas.

Areia de fundição é sempre verde?!

Bem, para início de conversa, a fundição em moldes de areia verde não tem nada a ver com a cor verde. O processo tem esse nome somente porque a mistura com a qual o molde é feito mantém sua umidade original, quer dizer, não passa por um processo de secagem.

A matéria-prima para esse tipo de moldagem é composta basicamente por um agregado granular refratário chamado de areia-base que pode ser sílica, cromita ou zirconita, mais argila (como aglomerante) e água.

Tanto metais ferrosos quanto não-ferrosos podem ser fundidos nesse tipo de molde. Os moldes são preparados, o metal é vazado por gravidade, e as peças são desmoldadas durante rápidos ciclos de produção. Após a utilização, praticamente toda a areia (98%) pode ser reutilizada. Esse processo de moldagem é facilmente mecanizável, sendo realizado por meio de máquinas automáticas.

Como qualquer outro processo, apresenta vantagens e desvantagens que estão listadas a seguir:

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none">1. A moldagem por areia verde é o mais barato dentre todos os métodos de produção de moldes.2. Há menos distorção de formato do que nos métodos que usam areia seca, porque não há necessidade de aquecimento.3. As caixas de moldagem estão prontas para a reutilização em um mínimo espaço de tempo.4. Boa estabilidade dimensional.5. Menor possibilidade de surgimento de trincas.	<ol style="list-style-type: none">1. O controle da areia é mais crítico do que nos outros processos que também usam areia.2. Maior erosão quando as peças fundidas são de maior tamanho.3. O acabamento da superfície piora nas peças de maior peso.4. A estabilidade dimensional é menor nas peças de maior tamanho.

(fonte: ASM Committee on Sand Molding)

Foram as desvantagens que obrigaram os fundidores a procurar outros tipos de materiais aglomerantes que pudessem ser misturados com a areia. Isso levou à utilização das resinas sintéticas

que permitiram o aparecimento de processos de modelagem como “shell molding”, caixa quente e por cura a frio. Este será o assunto da próxima parte desta aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

5. Responda:

- a) Cite os componentes básicos de uma mistura de moldagem a verde.
- b) Cite duas vantagens e duas desvantagens da moldagem a verde.

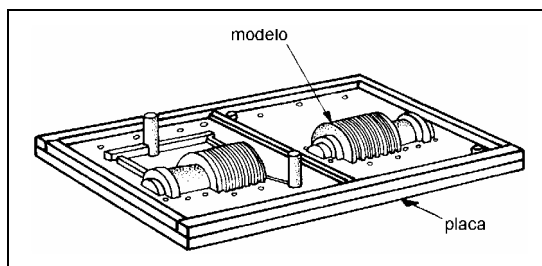
O molde fica mais resistente

O uso das resinas foi um grande aperfeiçoamento na utilização de areia para a produção de moldes de fundição. A areia não precisa mais ser compactada porque o aglomerante, que é como uma espécie de cola, tem a função de manter juntos os grãos de areia. E isso é feito de dois modos: a quente ou a frio.

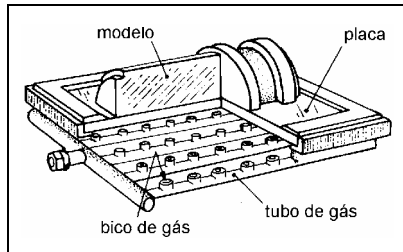
Um dos processos, que usa calor para provocar a reação química entre o aglomerante e os grãos da areia, é aquele chamado de “shell molding”, que em português quer dizer moldagem de casca.

Ele é realizado da seguinte maneira:

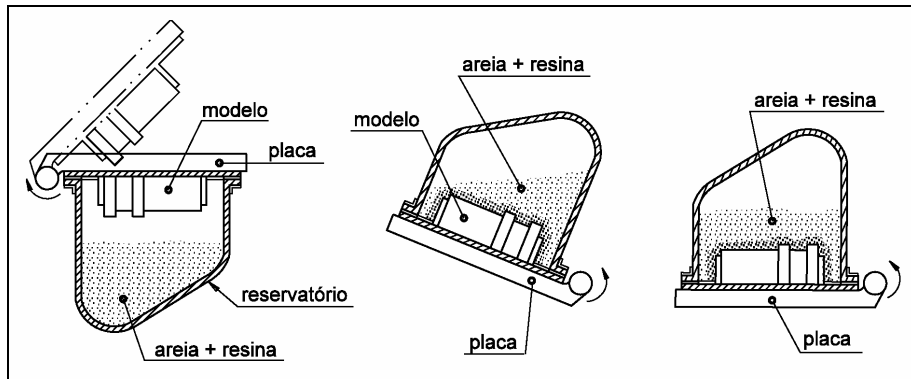
1. Os modelos, feitos de metal para resistir ao calor e ao desgaste, são fixados em placas, juntamente com os sistemas de canais e os alimentadores.



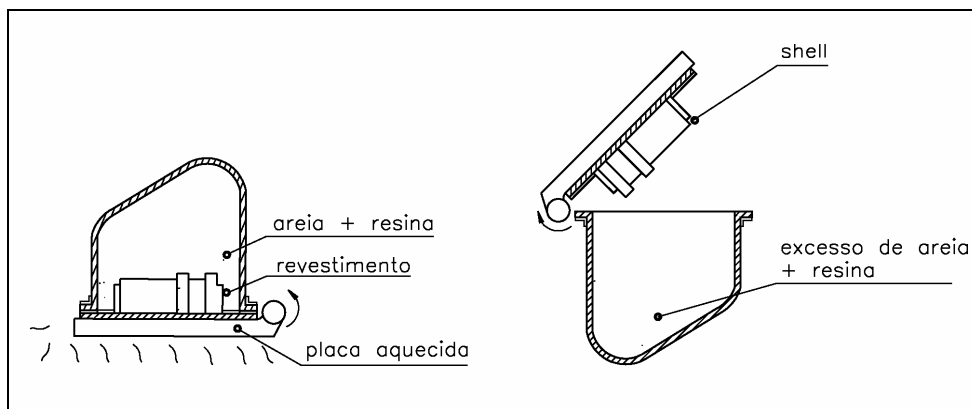
2. A placa é presa na máquina e aquecida por meio de bicos de gás até atingir a temperatura de trabalho (entre 200 e 250°C).



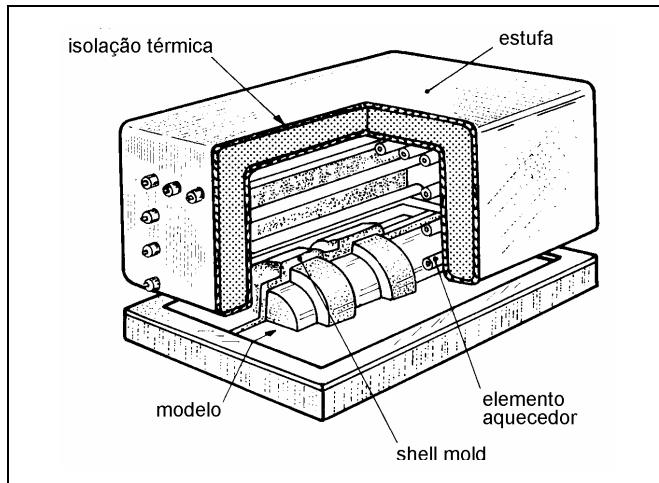
3. A placa é então girada contra um reservatório contendo uma mistura de areia/resina de modo que o modelo fique envolto por essa mistura.



4. O calor funde a resina que envolve os grãos de areia e essa mistura, após algum tempo (± 15 segundos), forma uma casca ("shell") com a espessura necessária (entre 10 e 15 mm) sobre o modelo.



5. A “cura” da casca, ou seja, o endurecimento da resina se completa quando a placa é colocada em uma estufa em temperaturas entre 350 e 450°C.



6. Após 2 ou 3 minutos, a casca é extraída do modelo por meio de pinos extratores.

Por causa da característica do processo, a casca corresponde a uma **metade** do molde. Para obter o molde inteiro, é necessário colar duas metades.

Esse processo de moldagem permite que os moldes e machos sejam estocados para uso posterior. Além disso, ele fornece um bom acabamento para a superfície da peça, alta estabilidade dimensional para o molde, possibilidade de trabalhar com tolerâncias mais estreitas, facilidade de liberação de gases durante a solidificação. É totalmente mecanizado e automatizado e é adequado para peças pequenas e de formatos complexos. A fundição das peças é feita por gravidade.

A maior desvantagem desse processo é o custo mais elevado em relação à moldagem em areia verde.

Mas existe outra maneira de se obter o endurecimento, ou cura, da resina sem a utilização de calor. É o processo de cura a frio no qual a resina empregada se encontra em estado líquido. Para que a reação química seja desencadeada, adiciona-se um catalisador à mistura de resina com areia limpa e seca.

Essa mistura é feita, por meio de equipamentos, na hora da moldagem e deve ser empregada imediatamente porque a reação química de cura começa a se desenvolver assim que a mistura está pronta. O processo é o seguinte:

1. Os modelos, que podem ser feitos de madeira, são fixados em caixas.
2. A mistura areia/resina/catalisador é feita e continuamente despejada e socada dentro da caixa, de modo a garantir sua compactação.
3. A reação de cura inicia-se imediatamente após a moldagem e se completa algumas horas depois.
4. O modelo é retirado girando-se a caixa 180°.
5. O molde é então pintado com tintas especiais para fundição. Estas têm duas funções: aumentar a resistência do molde às tensões geradas pela ação do metal líquido, e dar um melhor acabamento para a superfície da peça fundida.
6. O molde é aquecido com maçarico ou é levado para uma estufa para a secagem da tinta.

Com esse processo, os fundidores obtêm moldes mais rígidos para serem usados para a produção de peças grandes e de formatos complicados com bom acabamento de superfície. O vazamento do metal é feito por gravidade.

A cura a frio é um processo de moldagem mais caro quando comparado aos outros processos que usam areia. Além disso, os catalisadores são compostos de substâncias ácidas e corrosivas, que exigem muito cuidado na manipulação porque são muito tóxicas.

Esta aula procurou resumir as informações mais relevantes sobre a fundição que usa moldes feitos com misturas que têm a areia como material predominante. Sempre que você pegar um pedaço de metal que deve ser trabalhado para se transformar em uma peça, tente imaginar o caminho que ele percorreu antes de chegar a você. Será que ele foi fundido em moldes de areia?

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

6. O quadro a seguir está incompleto. Estude bem a aula e tente completar as informações que faltam.

Processo de moldagem	Material do molde	Método de vazamento	Características	Emprego	Vantagens	Desvantagens
Areia verde		Por gravidade	Molde é destruído. A areia é reaproveitada.	O mais usado para aço e ferro fundido.		Maior erosão quando as peças fundidas são maiores.
	Areia + resina sintética termo-fixa.	Por gravidade.		Produção de peças pequenas em grandes quantidades.	Bom acabamento para a superfície das peças.	
Cura a frio.		Por gravidade.	Moldes mais rígidos			

7. Responda:

- a) Qual é a diferença básica entre o processo de moldagem a verde e o processo shell?
- b) A seqüência de produção de moldes em “shell”, apresentada a seguir, está correta?
- O modelo aquecido é inserido na mistura de areia/resina.
 - Após certo tempo de cura na estufa, a resina endurece completamente.
 - Formação da casca com a espessura necessária.
 - Extração da casca.
- () Sim
() Não
- c) Se a seqüência não estiver certa, reescreva as frases na ordem correta.
- d) Qual a diferença entre o processo “shell” e cura a frio quanto:
- ⇒ ao endurecimento da resina;
 - ⇒ ao modelo;
 - ⇒ à extração do modelo.

Gabarito

1. a) Moldes de areia, moldes metálicos.
b) Moldagem em areia.
c) Moldagem em areia verde.
2. a) 5; b) 7; c) 2; d) 4; e) 6; f) 1; g) 3; h) 8.
3. a) (V) b) (V) c) (F) d) (V) e) (F)
4. c) A contração da peça ocorre durante a solidificação.
e) O molde precisa ter resistência suficiente para suportar a pressão do metal líquido.
5. a) Areia-base (sílica, zirconita ou cromita), aglomerante (argila) e água.

b)

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - menor distorção de formato que nos métodos com areia seca. - boa estabilidade dimensional. 	<ul style="list-style-type: none"> - controle de areia mais crítico que nos outros processo. - estabilidade dimensional menor nas peças de maior tamanho.

6.	Processo de moldagem	Material do molde	Características	Emprego	Vantagens	Desvantagens
		areia de fundição			é mais barato	
	shell molding		moldes mais rígidos para serem usados na produção de peças grandes e formatos complicados.			custo mais elevado em relação a moldagem em área verde
		resina em estado líquido catalisador, areia limpa		para obtenção de moldes mais rígidos para serem usados a produção de peças grandes e de formatos complicados	endurecimento da resina sem utilização de calor	processos mais caros e os catalisadores são compostos de substâncias ácidas, corrosivas e tóxicas processos mais caros e os catalisadores são compostos de substâncias ácidas, corrosivas e tóxicas

7. a) O custo do processo shell é mais elevado.
 b) Não
 c) O modelo aquecido é inserido na mistura, areia/resina; –
 forma-se a casca com a espessura desejada; – após certo
 tempo de areia, a resina endurece; – a casca é extraída.

d)

Processo	Endurecimento	Modelo	Extração do modelo
Shell	por calor	de metal	por pino extrator
cura a frio	por catalisador	de madeira	manual

Fundir é preciso

Até agora estudamos processos de fundição que, de maneira geral, se caracterizam pela produção de peças brutas com alguma variação dimensional e cuja superfície demanda processos posteriores de acabamento.

Moldagem a verde, “shell molding”, cura a frio, que usam areia para formar o molde, são os processos mais utilizados dos quais resultam esse tipo de produto. Cada um deles tem suas limitações e seu emprego é determinado por fatores como: capacidade instalada da empresa, equipamentos disponíveis, material a ser fundido, tipo de peça, formato, tamanho, acabamento da superfície...

Mas, e se a gente quiser produzir peças fundidas com qualidade e precisão dimensional? Será que é possível? Não vamos responder ainda. Estude esta aula e encontre você mesmo as respostas.

Fundição de precisão

Como você já sabe, produzir peças por fundição é basicamente fazer um **modelo**, fazer um **molde** a partir desse modelo, e **vazar** (despejar) metal líquido dentro do molde.

O que diferencia um processo do outro é tanto o modo como o metal líquido é vazado (pode ser por **gravidade** ou **pressão**) quanto o **tipo de moldagem** utilizado (em moldes de **areia** ou em moldes **metálicos**).

Por outro lado, a escolha do processo é determinada principalmente pelo tipo de produto final que você quer obter. Assim, se você quiser produzir um produto fundido com determinado peso máximo de 5 kg, formato complexo, melhor acabamento de superfície e tolerâncias mais estreitas em suas medidas, ou seja, um produto com características aliadas à qualidade do produto usinado, será necessário usar o processo de **fundição de precisão**.

Por esse processo, pode-se fundir ligas de alumínio, de níquel, de magnésio, de cobre, de cobre-berílio, de bronze-silício, latão ao silício, ligas resistentes ao calor, além do aço e do aço inoxidável para a produção de peças estruturais para a indústria aeronáutica, para motores de avião, equipamentos aeroespaciais, de processamento de dados, turbinas a gás, máquinas operatrizes, equipamentos médicos, odontológicos, ópticos etc.

Em qual aspecto a fundição de precisão se diferencia dos outros processos de fundição? Exatamente na confecção dos modelos e dos moldes. Enquanto nos processos por **fundição em areia** que estudamos na aula anterior, o modelo é **reaproveitado** e o molde é **destruído** após a produção da peça, na **fundição de precisão** tanto o modelo quanto o molde são **destruídos** após a produção da peça.

“Espere um pouco! Tanto os **modelos** quanto os **moldes** são destruídos?! Como é isso?!” Se essa pergunta veio à sua cabeça, é sinal que você está ligado. Vamos explicar.

Em primeiro lugar, devemos saber que os modelos para a confecção dos moldes são produzidos em cera a partir de uma matriz metálica formada por uma cavidade com o formato e dimensões da peça desejada.

A cera, que não se assemelha àquela que usamos no assoalho da nossa casa, é um material que derrete com o calor. E é no estado líquido que ela é injetada dentro da matriz para formar os modelos.

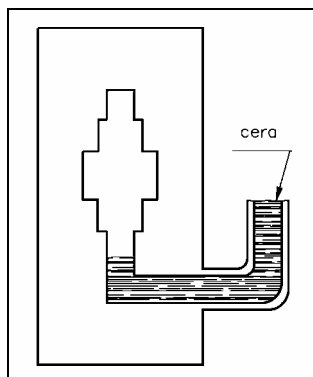
O molde é produzido a partir de uma pasta ou lama refratária feita com sílica ou zirconita, na forma de areia muito fina, misturada

com um aglomerante feito com água, silicato de sódio e/ou silicato de etila. Essa lama endurece em contato com o ar e é nela que o modelo de cera ou plástico é mergulhado. Quando a lama endurece em volta do modelo, forma-se um molde rígido. Após o endurecimento da pasta refratária, o molde é aquecido, o modelo derretido, e destruído.

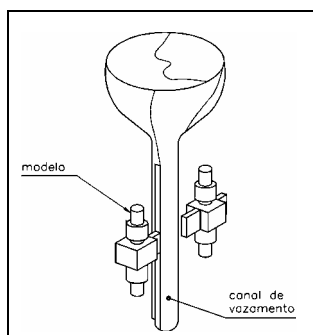
Essa casca endurecida é o molde propriamente dito e é nele que o metal líquido é vazado. Assim que a peça se solidifica, o molde é inutilizado. Por causa das características desse processo, ele também pode ser chamado de **fundição por moldagem em cera perdida**.

Resumindo, a fundição por moldagem em cera perdida apresenta as seguintes etapas:

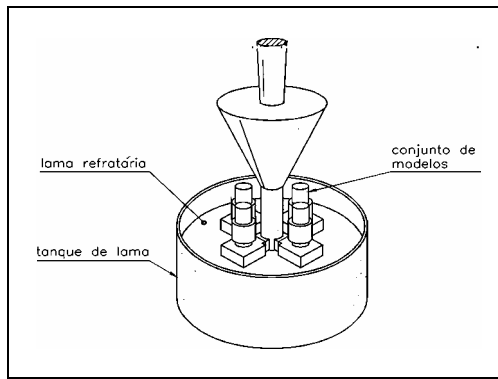
1. A cera fundida é injetada na matriz para a produção do modelo e dos canais de vazamento.



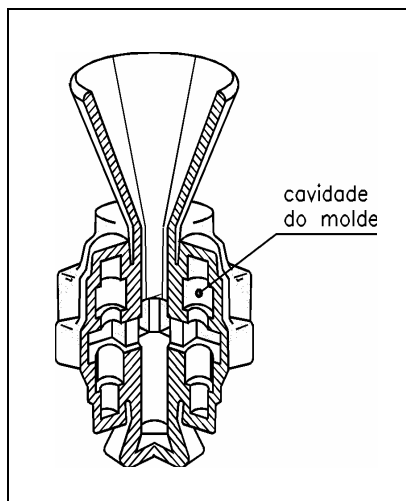
2. Os modelos de cera endurecida são montados no canal de alimentação ou vazamento.



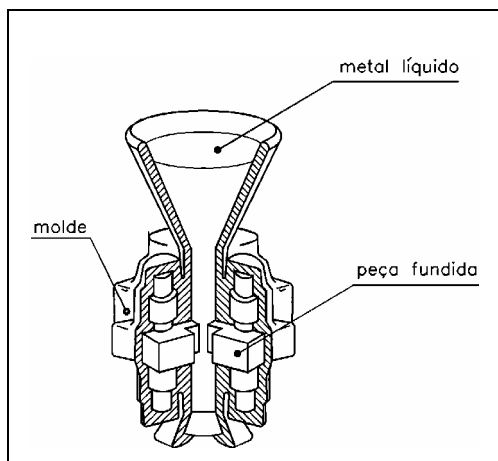
3. O conjunto é mergulhado na lama refratária.



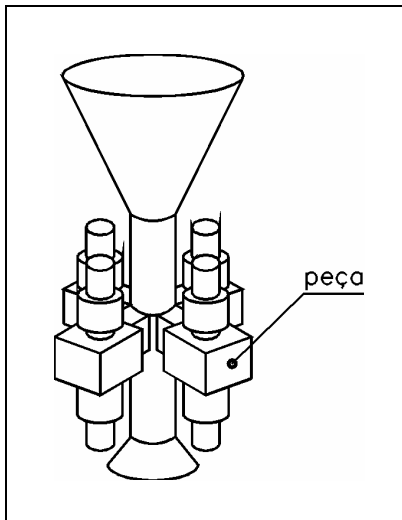
4. O material do molde endurece e os modelos são derretidos e escoam.



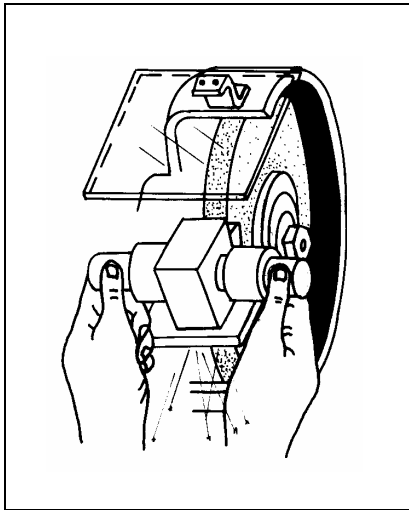
5. O molde aquecido é preenchido com metal líquido por gravidade, centrifugação ou a vácuo.



6. Depois que a peça se solidifica, o material do molde é quebrado para que as peças sejam retiradas.



7. As peças são rebarbadas e limpas.



Em muitos casos, as peças obtidas por esse processo chegam a dispensar a usinagem devido à qualidade do acabamento de superfície obtido. Mesmo quando a usinagem faz-se necessária, demanda acabamento mínimo e isso reduz os custos de produção.

Pare! Estude! Responda

Exercícios

1. Responda:

- a) Por que tanto o molde quanto o modelo são destruídos no processo de fundição de precisão?
- b) De que material são feitos os modelos e os canais?
- c) Como os modelos e moldes são produzidos?
- d) Qual é o outro nome dado ao processo de fundição de precisão?

2. Escreva **Sim** para as afirmações corretas e **Não** para as erradas.

- a) O processo de fundição de precisão pode dispensar usinagens posteriores nas peças.
- b) A qualidade da superfície das peças é muito ruim.
- c) As peças obtidas com a fundição de precisão são pequenas (até 5 kg) e apresentam formatos complexos.....
- d) Apenas alguns tipos de ligas podem ser fundidas pelo processo de fundição de precisão.
- e) Na fundição de precisão tanto o modelo quanto o molde são destruídos após a produção da peça.
- f) Para que se formem os modelos, o plástico e a cera, em estado líquido, são injetados na matriz.....

Vantagens e desvantagens

Como qualquer processo de fabricação, a fundição de precisão tem suas vantagens e desvantagens. Suas principais vantagens são:

- Possibilidade de produção em massa de peças de formatos complicados, difíceis ou impossíveis de se produzir por processos convencionais de fundição ou mesmo por usinagem.
- Possibilidade de reprodução de detalhes precisos de construção, cantos vivos, paredes finas etc.
- Possibilidade de obtenção de maior precisão dimensional e superfícies com melhor acabamento.

- Devido ao bom acabamento e precisão dimensional das peças produzidas por esse processo, não há necessidade da preocupação com a utilização de ligas de fácil usinagem.
- Possibilidade de utilização de praticamente qualquer metal ou liga.
- Possibilidade de controle rigoroso da estrutura do material fundido de modo a garantir o controle preciso das propriedades mecânicas da peça produzida.

Por outro lado, as desvantagens são:

- As dimensões e o peso das peças são limitados (cerca de 5kg), devido ao custo elevado e à capacidade dos equipamentos disponíveis
- O custo se eleva à medida que o tamanho da peça aumenta.
- Para peças maiores (entre 5 e 25 kg), o investimento inicial é muito elevado.

Não se esqueça de que, apesar das desvantagens, o que comanda a escolha é, em última análise, o produto que se quer produzir. E, no caso da fundição de precisão, seu emprego é indicado para aplicações bem específicas que compensam os altos custos da produção.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Assinale com um **X** as afirmações que se referem à fundição de precisão.
- a) () Possibilidade de produção de peças com detalhes precisos de construção, cantos vivos e paredes finas.
 - b) () Produção de peças usando molde feito com areia e resina.
 - c) () Utilização de modelos de madeira ou metal.
 - d) () As peças são produzidas com pouco ou nenhum sobremetal para usinagem.

Gabarito

1. a) O modelo feito de cera é derretido para formar a cavidade do molde. O molde é destruído para a retirada das peças solidificadas.
b) de cera.
c) Os moldes em cera - que é injetada em estado líquido dentro da matriz - e os moldes são produzidos a partir de uma pasta ou lama refratária que endurece em contato com o ar.
d) Fundição por moldagem em cera perdida.

2. a) sim b) não c) sim d) sim e) sim f) sim

3. a) d)

Esse molde é (quase) para sempre

Manuais ou mecanizados, de precisão, não importa qual o processo de fundição que tenhamos estudado até agora, todos tinham em comum duas coisas: o fato de que o material básico para a confecção dos moldes era, na maioria dos casos, areia e que após a produção da peça o molde era destruído.

Acontece que, ao lado de todas as vantagens que a areia apresenta na confecção de moldes, existem sempre os problemas comuns à sua utilização para a fundição: quebras ou deformações dos moldes, inclusões de grãos de areia na peça fundida, problemas com os materiais aglomerantes e com as misturas de areia, e assim por diante.

Dependendo do trabalho que se quer realizar, da quantidade de peças a serem fundidas e, principalmente, do tipo de liga metálica que será fundida, o fabricante tem que fundir suas peças em outro tipo de molde: os moldes permanentes, que dispensam o uso da areia e das misturas para sua confecção. Veja, nesta aula, como isso é feito.

O que é um molde permanente

Os processos de fundição por molde permanente usam moldes metálicos para a produção das peças fundidas. Por esses processos realiza-se a fundição por gravidade ou por pressão.

Usar um molde permanente significa que não é necessário produzir um novo molde a cada peça que se vai fundir. A vida útil

de um molde metálico permite a fundição de até 100 mil peças. Um número tão impressionante deveria possibilitar a extensão de seu uso a todos os processos de fundição. Só que não é bem assim.

A utilização dos moldes metálicos está restrita aos metais com temperatura de fusão mais baixas do que o ferro e o aço. Esses metais são representados pelas ligas com chumbo, zinco, alumínio, magnésio, certos bronzes e, excepcionalmente, o ferro fundido. O motivo dessa restrição é que as altas temperaturas necessárias à fusão do aço, por exemplo, danificariam os moldes de metal.

Os moldes permanentes são feitos de aço ou ferro fundido ligado, resistente ao calor e às repetidas mudanças de temperatura. Moldes feitos de bronze podem ser usados para fundir estanho, chumbo e zinco.

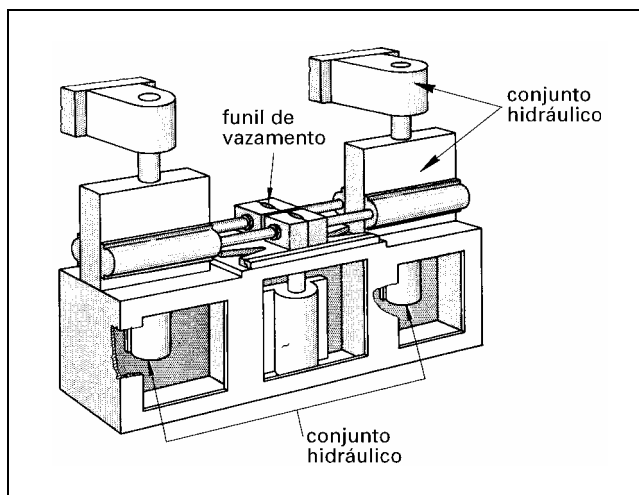
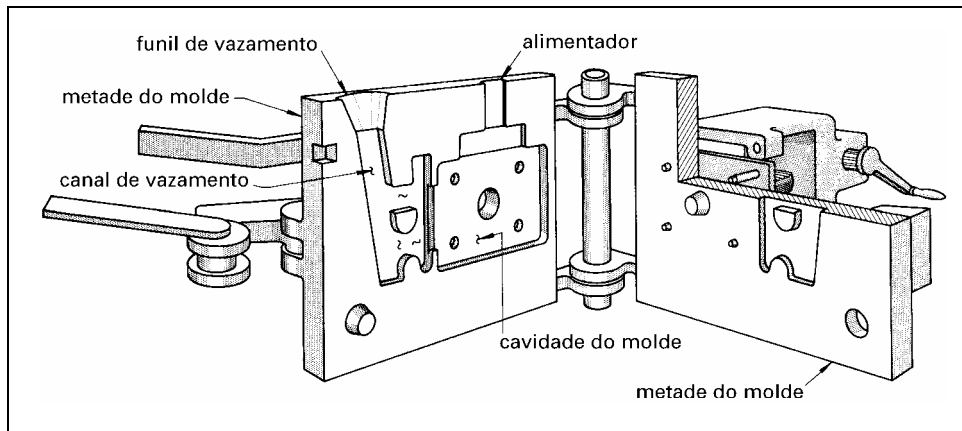
Os produtos típicos da fundição em moldes permanentes são: bases de máquinas, blocos de cilindros de compressores, cabeçotes, bielas, pistões e cabeçotes de cilindros de motores de automóveis, coletores de admissão.

Esses produtos, se comparados com peças fundidas em moldes de areia, apresentam maior uniformidade, melhor acabamento de superfície, tolerâncias dimensionais mais estreitas e melhores propriedades mecânicas.

Por outro lado, além de seu emprego estar limitado a peças de tamanho pequeno e produção em grandes quantidades, os moldes permanentes nem sempre se adaptam a todas as ligas metálicas e são mais usados para a fabricação de peças de formatos mais simples, porque uma peça de formas complicadas dificulta não só o projeto do molde, mas também a extração da peça após o processo de fundição.

Para fundir peças em moldes metálicos permanentes, pode-se vaziar o metal por gravidade. Nesse caso, o molde consiste em

duas ou mais partes unidas por meio de grampos para receber o metal líquido. Isso pode ser feito manualmente.



A montagem dos moldes também pode ser feita por meio de dispositivos mecânicos movidos por conjuntos hidráulicos, que comandam o ciclo de abertura e fechamento dos moldes.

Tanto os moldes quanto os machos são cobertos com uma pasta adesiva rala feita de material refratário cuja função, além de proteger os moldes, é impedir que as peças grudem neles, facilitando a desmoldagem.

A fundição com moldes metálicos também é feita sob pressão. Nesse caso, o molde chama-se matriz. Esse é o assunto da próxima parte desta aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda com **Sim** ou **Não**.
 - a) A fundição em moldes permanentes usa areia?
 - b) Uma das características desse processo é a longa vida útil do molde?
 - c) O vazamento em moldes permanentes pode ser feito por gravidade ou sob pressão?
 - d) Nesse processo, o molde é sempre de aço?
 - e) Esse processo se aplica a metais com altas temperaturas de fusão como o aço?
 - g) O processo é mais empregado para a fundição de peças de formatos mais simples?

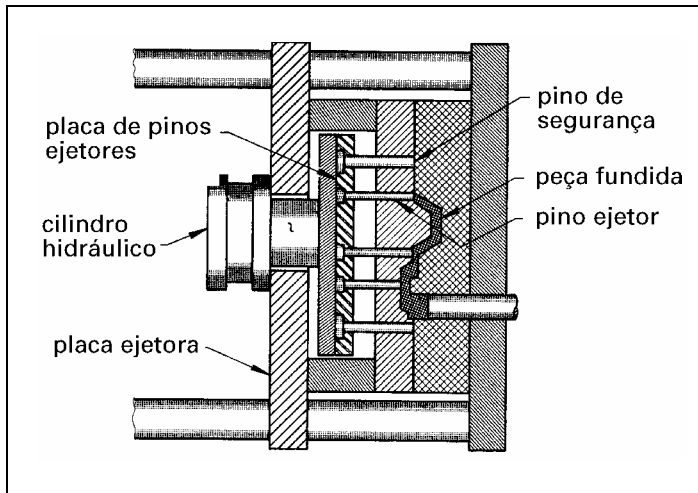
2. Complete as frases usando as seguintes palavras: os dispositivos, a matriz, uma pasta, a produção, manualmente, o formato, a gravidade, a peça.
 - a) Na fundição em moldes permanentes, é de pequeno tamanho, é feita em grandes quantidades e das peças é simples.
 - b) O metal é vazado por e o fechamento do molde pode ser feito ou por meio de mecânicos.
 - c) Na fundição sob pressão o molde chama-se
 - d) Tanto quanto o macho são cobertos por adesiva rala.

Fundição sob pressão

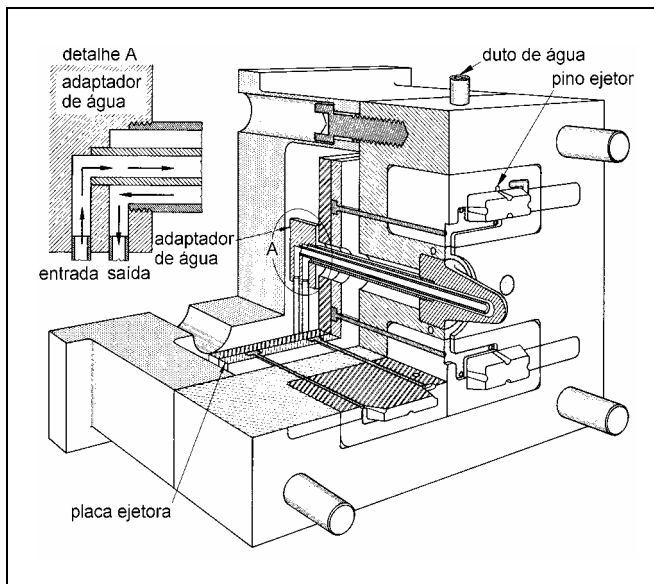
Os moldes metálicos também são usados no processo de fundição sob pressão. Este consiste em forçar o metal líquido a penetrar na cavidade do molde, chamado de matriz.

A matriz, de aço-ferramenta tratado termicamente, é geralmente construída em duas partes hermeticamente fechadas no momento do vazamento do metal líquido. O metal é bombeado na cavidade da matriz sob pressão suficiente para o preenchimento total

de todos os seus espaços e cavidades. A pressão é mantida até que o metal se solidifique. Então, a matriz é aberta e a peça ejetada por meio de pinos acionados hidráulicamente.



Muitas matrizes são refrigeradas a água. Isso é importante para evitar superaquecimento da matriz, a fim de aumentar sua vida útil e evitar defeitos nas peças.



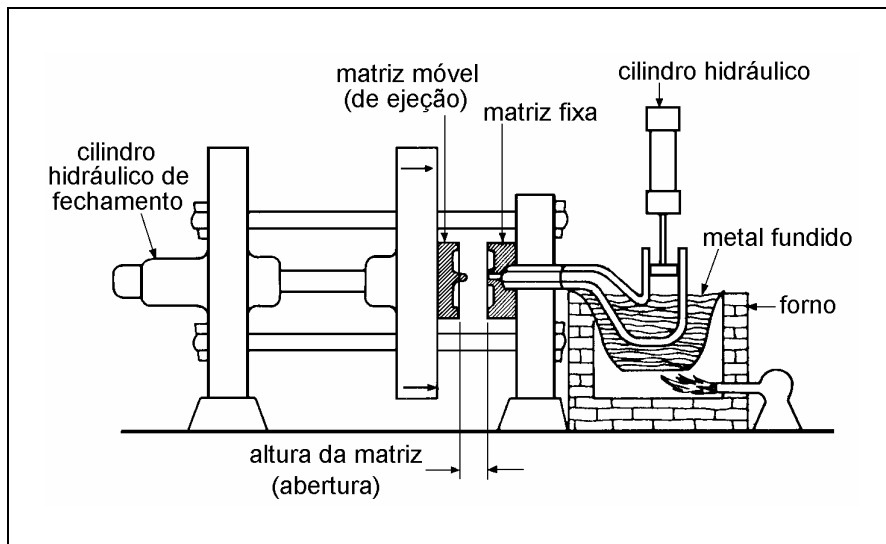
Para realizar sua função, as matrizes têm que ter resistência suficiente para agüentar o desgaste imposto pela fundição sob pressão, e são capazes de suportar entre 50 mil e 1 milhão de injeções.

Máquinas de fundição sob pressão

A fundição sob pressão é automatizada e realizada em dois tipos de máquina:

- máquina de câmara quente;
- máquina de câmara fria.

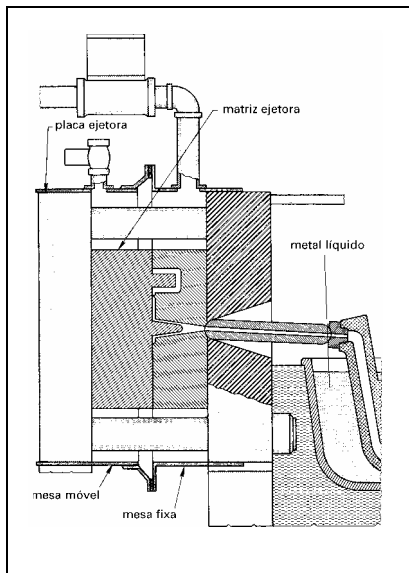
Em princípio, o processo de fundição sob pressão realizado na máquina de câmara quente utiliza um equipamento no qual existe um recipiente aquecido onde o metal líquido está depositado. No seu interior está um pistão hidráulico que, ao descer, força o metal líquido a entrar em um canal que leva diretamente à matriz. A pressão exercida pelo pistão faz com que todas as cavidades da matriz sejam preenchidas, formando-se assim a peça. Após a solidificação do metal, o pistão retorna à sua posição inicial, mais metal líquido entra na câmara, por meio de um orifício, e o processo se reinicia. Uma representação esquemática desse equipamento é mostrada ao lado.



Essa máquina é dotada de duas mesas: uma fixa e outra móvel. Na mesa fixa ficam uma das metades da matriz e o sistema de injeção do metal. Na mesa móvel localizam-se a outra metade da matriz, o sistema de extração da peça e o sistema de abertura, fechamento e travamento da máquina.

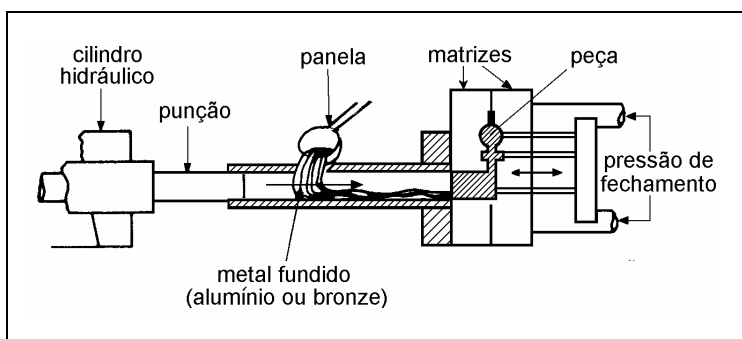
Ela é usada quando o metal líquido se funde a uma temperatura que não corrói o material do cilindro e do pistão de injeção, de

modo que ambos possam ficar em contato direto com o banho de metal.



Se a liga se funde a uma temperatura mais alta, o que prejudicaria o sistema de bombeamento (cilindro e pistão), usa-se a máquina de fundição sob pressão de câmara fria, empregada principalmente para fundir ligas de alumínio, magnésio e cobre.

O princípio de funcionamento desse equipamento é o mesmo. A diferença é que o forno que contém o metal líquido é uma unidade independente, de modo que o sistema de injeção não fica dentro do banho de metal. Veja representação esquemática ao lado.



A máquina de fundição sob pressão em câmara fria pode ser:

- horizontal, na qual o pistão funciona no sentido horizontal;
- vertical, na qual o sistema de injeção funciona no sentido vertical.

Vantagens e desvantagens

Como todo o processo de fabricação, a fundição sob pressão tem uma série de vantagens e desvantagens. As vantagens são:

- peças de ligas como a de alumínio, fundidas sob pressão, apresentam maiores resistências do que as fundidas em areia;
- peças fundidas sob pressão podem receber tratamento de superfície com um mínimo de preparo prévio da superfície;
- possibilidade de produção de peças com formas mais complexas;
- possibilidade de produção de peças com paredes mais finas e tolerâncias dimensionais mais estreitas;
- alta capacidade de produção;
- alta durabilidade das matrizes.

As desvantagens são:

- limitações no emprego do processo: ele é usado para ligas não-ferrosas, com poucas exceções;
- limitação no peso das peças (raramente superiores a 5 kg.);
- retenção de ar no interior das matrizes, originando peças incompletas e porosidade na peça fundida;
- alto custo do equipamento e dos acessórios, o que limita seu emprego a grandes volumes de produção.

A indústria automobilística utiliza uma grande quantidade de peças fundidas sob pressão: tampas de válvulas, fechaduras, carcaças de motor de arranque, maçanetas, caixas de câmbio de máquinas agrícolas. O mesmo acontece com a indústria aeronáutica, que usa peças fundidas principalmente de ligas de alumínio e magnésio. Essa variedade de produtos indica a importância desse processo de fabricação dentro do setor de indústria metal-mecânica. Por isso, estude tudo com atenção e faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Responda:
- Qual é o princípio da fundição sob pressão?
 - Quais tipos de máquinas são usados na fundição de pressão?
4. Sublinhe as palavras entre parênteses que melhor completam as frases a seguir:
- Na máquina de câmara (a quente/a frio), o sistema de injeção fica imerso no metal líquido.
 - Quando o sistema de injeção fica (fora/dentro) do recipiente contendo o metal líquido, a máquina é chamada de câmara (a quente/a frio).
 - A matriz (raramente/geralmente) é construída em duas partes que (devem/não devem) ser fechadas hermeticamente no momento do vazamento do metal líquido.
 - Muitas matrizes são refrigeradas (a ar/a água) para evitar o superaquecimento e, assim, (aumentar/diminuir) sua vida útil.
5. Cite duas vantagens e duas desvantagens do processo de fundição sob pressão.

Gabarito

1. a) não b) sim c) sim d) não e) não g) sim
2. a) A peça, a produção, o formato.
b) gravidade, manualmente, dispositivos.
c) Matriz.
d) Os moldes, uma pasta.
3. a) O metal líquido é injetado sob pressão para dentro do molde metálico ou matriz. A injeção do metal é feita por meio de pistões hidráulicos.
b) Câmara quente e câmara fria.

4.
 - a) A quente
 - b) fora/a frio
 - c) geralmente, devem
 - d) a água, aumentar

5. - Vantagens: Peças de ligas como a de alumínio apresentam maiores resistências do que fundidas em areia.
 - Possibilidade de produção de peças com formas mais complexas.
 - Desvantagens: Limitação no peso das peças (raramente superior a 5 kg).
 - Retenção de ar no interior das matrizes

Imagine que após tantas informações sobre o processo de fundição e confiante nos conhecimentos adquiridos, você tenha decidido abrir seu próprio negócio: uma empresa destinada a fundir peças pequenas de alumínio.

Placa na porta, telefone na lista, forno para a fusão do metal, cadinhos, enfim, os apetrechos básicos que toda empresa de fundição que se preze deve ter. Até um assistente, aquele seu cunhado que estava desempregado, você já arrumou.

No entanto, falta o mais importante: o cliente. Uma semana, duas semanas, nada. De visita mesmo só um fiscal que até elogiou suas instalações, mas infelizmente não precisava de nenhuma peça fundida. Após um mês, quando você já pensava em desistir, chega, enfim o tão esperado provável cliente. É um comprador de uma empresa de eletrodomésticos. Bate-papo, cafezinho, estudo do desenho da peça. Você já está quase se sentindo um grande empresário, quando o comprador proclama em tom de desafio: “Mas eu preciso de seiscentas peças...E prá daqui a trinta dias”.

Seu sorriso desaparece. O do seu cunhado também. Afinal tantas peças para entregar em tão pouco tempo é uma tarefa que parece impossível. Você queria serviço, mas assim já é demais. Você, no entanto, não quer rejeitar sua primeira oportunidade de trabalho. Ajeita-se na cadeira, cruza as mãos no peito, mira o teto, faz uma cara de desprezo e dispara: “Fácil!”. E seu cunhado quase morre engasgado num gole de café.

Seu problema agora é o de como produzir mais peças em menos tempo e, é claro, sem sacrificar a segurança na operação dos equipamentos e a qualidade do produto. Afinal, você não quer que este seja seu primeiro e último cliente.

Mas, não se desespere. Muitas e muitas empresas já tiveram ou vão ter que resolver este mesmo tipo de problema. Você não está sozinho. Este problema aparece quando se tem que passar de uma fase quase artesanal de produção, caracterizada por uma pequena quantidade de produtos feitos sob encomenda, para uma produção em escala industrial composta por grandes lotes. A solução chama-se automatização ou automação.

A máquina e o homem

A automação não é uma coisa nova. Máquinas e processos de fabricação automáticos existem há muito tempo. A própria linha de montagem, criada pela indústria automobilística para produzir uma grande quantidade de carros a baixo preço, é do começo deste século. Embora não contasse necessariamente com máquinas automáticas, a linha de montagem consistia na automação do processo de fabricação em si. Cada operário tinha uma função típica bem definida, capaz de ser executada de forma repetitiva durante toda a jornada de trabalho.

A partir da década de 50, a automação ganhou um importante aliado: o computador. As máquinas automáticas que passaram a utilizar o computador ganharam uma característica importante chamada flexibilidade, ou seja, a capacidade do processo de fabricação de se adaptar facilmente às mudanças do mercado consumidor.

Imagine, no seu caso que, alguns dias após ter aceito aquele pedido, o comprador da mesma empresa volte e lhe diga que os planos mudaram. A empresa fez uma pesquisa de mercado e decidiu lançar três modelos de produtos diferentes. Assim, em vez daquela única peça fundida agora serão três. E, em vez de seiscentas peças iguais, serão duzentas peças de cada tipo.

Perceba que, agora, seu problema mudou. Embora a quantidade total de peças a serem fabricadas não tenha mudado, sua diversidade aumentou.

As máquinas automáticas que utilizam computador destinam-se à solução deste tipo de problema. Nas máquinas simplesmente automáticas, a mudança de um produto para outro tem que ser feita trocando-se peças e efetuando regulagens demoradas. Nas máquinas computadorizadas, por outro lado, quando se deseja fabricar outro produto, basta definir uma nova seqüência de operações. E essa nova seqüência de operações, que pode ser comparada a uma receita de bolo, é chamada de programa.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Qual a melhor solução para uma empresa que deseja mudar sua linha de produção de quase artesanal para a produção de grandes lotes em escala industrial?
 - b) O que a linha de montagem de automóveis do começo do século tem em comum com a automação?
 - c) Qual foi o principal aliado que as máquinas automáticas ganharam a partir da década de 50?
 - d) Qual a característica fundamental adquirida pela máquina automática a partir da utilização do computador?
 - e) Em uma linha de produção, qual é a diferença entre as máquinas automáticas e máquinas computadorizadas?

Nosso amigo, o computador

Atualmente é quase impossível pensar em automação industrial sem se lembrar do nosso amigo computador. Ele está presente em praticamente todos os processos de fabricação. Na fundição não podia ser diferente. Sua utilização aqui começa já bem antes do vazamento do metal no molde.

No projeto de uma peça a ser fundida já se utiliza o computador para analisar a capacidade dessa peça de suportar esforços sem se deformar ou romper, de suportar as variações de temperatura, de permitir o fluxo adequado de líquidos e gases, enfim, de cumprir sua futura função com eficiência. E, veja bem, toda essa análise é feita sem ter que se construir uma peça real. A fabricação só será aprovada quando estas análises concluírem que a peça funcionará adequadamente.

Ainda na fase de projeto, outros aspectos, como por exemplo, a geometria da peça, são consideradas a fim de facilitar sua extração do molde. Outro ponto a ser analisado é a localização adequada dos canais de vazamento e distribuição do metal de modo que se propicie um enchimento correto do molde. As sobremedidas também são consideradas na fabricação do modelo, para que a peça, ao contrair durante o resfriamento, chegue ao seu tamanho correto. Todas essas tarefas são agilizadas com o auxílio do computador. Uma vez obtidos os desenhos finais da peça e do seu modelo de fundição, a fase seguinte é a de construção deste modelo.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

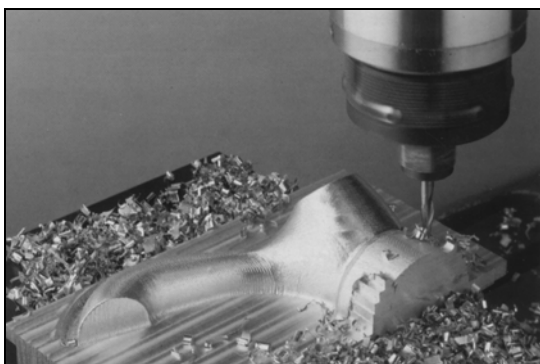
2. Escreva F para as afirmações erradas e V para as afirmações certas apresentadas a seguir. Depois, reescreva corretamente as afirmações que você considerou erradas.
- a) () A automação industrial está intimamente ligada à utilização do computador.
 - b) () No processo de fundição, a utilização do computador começa bem depois do vazamento do metal no molde.
 - c) () O computador ajuda a analisar, no projeto, a capacidade da peça de suportar esforços sem se deformar ou romper.

- d) () Toda a análise feita pelo computador no projeto de uma peça a ser fundida, é realizada construindo-se uma peça real.
- e) () O computador analisa também a geometria da peça, a localização dos canais de vazamento e as sobre-medidas.

Construindo o modelo

No processo convencional de construção do modelo, sua precisão dimensional e acabamento da superfície dependem quase que exclusivamente da habilidade de um profissional chamado modelador de fundição. Eles são verdadeiros artistas que esculpem, normalmente em madeira, as formas por vezes complexas da futura peça fundida. Muitas vezes, devido à sua geometria complicada, tais modelos precisam ser confeccionados por meio da montagem ou colagem de várias peças. É um trabalho delicado e demorado.

Novamente a automação se faz presente para facilitar o trabalho. A partir do desenho do modelo realizado com o auxílio do computador, produz-se um programa, ou seja, uma seqüência de operações na forma de códigos. Este programa controla os movimentos da ferramenta de uma máquina operatriz computadorizada. A ferramenta, por sua vez, “esculpe” a geometria do modelo na madeira, metal, plástico, isopor ou outro material.



O ser humano só aparece novamente para dar o acabamento final da superfície do modelo, eliminando as marcas deixadas pela ferramenta. A habilidade, visão e tato humanos necessários

à realização desta tarefa ainda não conseguiram ser incorporados com sucesso em máquinas automáticas. Pronto e acabado o modelo, passa-se à construção do molde.

Pare! Estude! Responda!

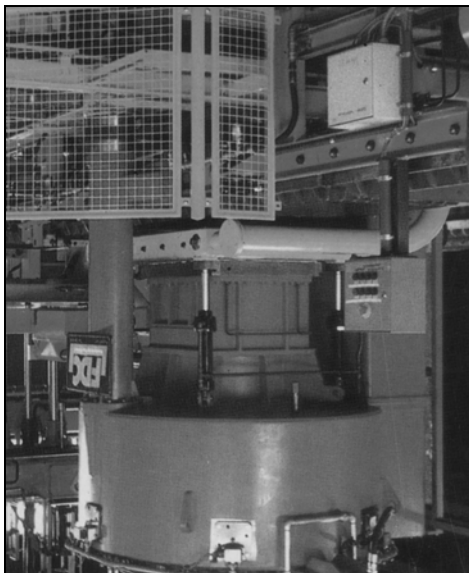
Exercício

3. Complete as frases a seguir.

- a) No processo convencional de construção do modelo, a e a dependem quase que exclusivamente da habilidade do modelador de fundição.
- b) O programa para a construção do modelo é feito a partir do feito com auxílio do computador.
- c) Quando se usa o computador para construir um modelo, o modelador só está presente para dar o da superfície do modelo, eliminando as deixadas pela

A hora e a vez do molde

A fabricação automatizada de moldes utiliza-se de máquinas de moldagem.



Este tipo de máquina tem por objetivo aumentar a produção e a qualidade dos moldes e já existe há bastante tempo. No entanto, a operação das máquinas foi-se automatizando com o tempo, primeiramente com o auxílio de mecanismos, depois com o uso de componentes elétricos, principalmente os relês, e finalmente, utilizando-se de computadores. Ao homem restaram apenas as tarefas de supervisão e manutenção do equipamento, além da realização de uma ou outra tarefa operacional, como a colocação de grampos e parafusos para fechar o molde, cuja automação é inviável do ponto de vista técnico ou econômico.

Essas máquinas apresentam as seguintes funções:

- Receber as caixas dos moldes;
- Preencher caixas com areia de moldagem;
- Compactar a areia contra as paredes das caixas e contra o modelo;
- Posicionar os machos;
- Confeccionar os canais de vazamento;
- Fechar a caixa.

As mesmas técnicas utilizadas pelo homem na moldagem manual foram transferidas para essas máquinas. Assim, se o ser humano utiliza-se de vibradores manuais para facilitar a acomodação da areia na caixa do molde, a máquina também se utiliza da vibração com o mesmo propósito. Se o homem soca a areia utilizando ferramentas manuais, a máquina também o faz, porém agora com o uso de prensas pneumáticas ou hidráulicas.

Dessa forma, para cada etapa de seu trabalho manual, o homem encontrou um mecanismo, de complexidade maior ou menor, destinado a substituí-lo.

Em seguida, controlou esses vários mecanismos por meio de um computador que envia ordens para motores elétricos e pistões pneumáticos e fica sabendo o que se passa na máquina pelos componentes elétricos e eletrônicos: os sensores.

Assim, podemos pensar no computador como o cérebro da máquina, os motores e pistões como seus braços, os sensores como

seus olhos e ouvidos. E finalmente o programa, aquela seqüência de instruções semelhante a uma receita de bolo, lembra-se? Pois bem, o programa pode ser comparado, grosso modo, à inteligência da máquina.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

4. Assinale a alternativa correta:

- a) A máquina de moldagem tem por objetivo
 1. () aumentar a produção e a qualidade dos moldes.
 2. () melhorar a qualidade dos moldes.
 3. () restringir a produção e limitar a manutenção.
 4. () controlar a qualidade e limitar a produção dos moldes.

- b) Com a implantação da máquina de moldagem controlada por computador, a intervenção do homem no processo restringe-se a:
 1. () montar e desmontar os moldes.
 2. () desenhar o modelo.
 3. () controlar os movimentos das ferramentas.
 4. () uma ou outra tarefa operacional como a colocação de grampos e parafusos.

5. Organize seqüencialmente as funções da máquina de moldagem, numerando de 1 a 6 as frases abaixo.

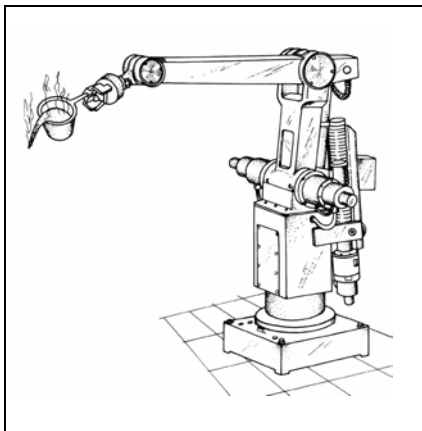
- a) () posicionar os machos
- b) () preencher caixas com areia de moldagem
- c) () fechar a caixa
- d) () confeccionar os canais de vazamento
- e) () receber as caixas dos moldes
- f) () compactar a areia contra as paredes das caixas e contra o modelo

O vazamento

Preparado o molde, este é levado por uma esteira transportadora à estação de vazamento. Esta estação é composta por cadinhos que são alimentados por metal líquido a partir de um forno de fusão.

Esta etapa do processo de fundição traz, em relação à automação, uma justificativa adicional àquelas já vistas: a segurança industrial. O calor existente neste setor faz com que o trabalho dos operadores seja bastante fatigante. Além disso, a repetição monótona da mesma operação e a presença de metais fundidos em elevadas temperaturas são convites aos acidentes de trabalho. Assim, as máquinas automáticas encontram aqui um campo de aplicação bastante promissor, tanto do ponto de vista econômico como de proteção à saúde do trabalhador.

Dentre essas máquinas automáticas merecem destaque os robôs industriais, máquinas computadorizadas que, em alguns modelos, assemelham-se à anatomia de um braço humano. Os robôs podem realizar uma grande diversidade de tarefas, dentre elas o vazamento de metal líquido nos moldes.



Finalmente, após o tempo de resfriamento, os moldes são abertos e as peças retiradas. Nesta etapa, a automação completa é difícil, principalmente se as peças são muito grandes ou se o número de tipos diferentes de peças é elevado. O objetivo básico desta etapa é separar as caixas, as peças fundidas e as areias do molde e dos machos.

As caixas dos moldes retornarão à primeira fase do processo. Os canais de vazamento e distribuição deverão ser retirados das peças fundidas. Se as peças forem pequenas, esta etapa pode contar com a utilização de operações de tamboreamento. O processo que normalmente não é automático, consiste na colocação das peças a serem rebarbadas dentro de um recipiente rotativo: o tambor. Quando este tambor gira, as peças em seu interior chocam-se contra suas paredes e umas contra as outras. As rebarbas então, são retiradas pelo impacto e pelo atrito resultantes.



Sem os canais, a peça ainda pode apresentar rebarbas que prejudicam seu funcionamento e causam má impressão visual. Nesta fase, a utilização de robôs industriais tem-se mostrado bastante adequada. Com a utilização de ferramentas abrasivas rotativas, estas máquinas, obedecendo à seqüência de instruções – os programas – podem se adaptar à uma grande variedade de geometrias de peças e rebarbar seus contornos com precisão e rapidez.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

6. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Cite algumas vantagens da automação da etapa de vazamento.
 - b) Qual a operação na etapa de vazamento em que a automação completa é difícil?

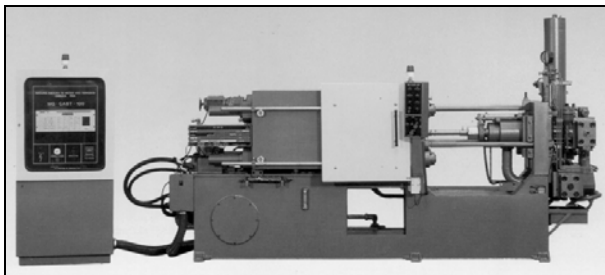
Automação da fundição sob pressão

O processo de fundição sob pressão apresenta, como você já viu em aulas anteriores, uma característica importante: utiliza uma máquina específica – a injetora – capaz de transformar diretamente a matéria-prima (metal líquido) em produto acabado.

A automatização dessas injetoras pode ser feita sem o auxílio do computador, utilizando-se apenas componentes elétricos ou eletrônicos para controlar seus movimentos. Mas, as injetoras modernas não dispensam o computador. Esse computador recebe um nome diferente: CLP, abreviação de Controlador Lógico Programável. Nome bonito, hein?! Mas não se assuste. Ele não passa de um computador com uma tarefa bem definida: controlar máquinas.

A partir de um programa, ou seja, aquela seqüência de ações que é colocada em sua memória, o CLP deve mandar “ordens” (sinais elétricos) para os motores elétricos e válvulas hidráulicas e pneumáticas da máquina. Estas válvulas acionam os pistões que posicionam o bico do injetor no ponto desejado, fecham e abrem o molde e realizam, juntamente com os motores, os demais movimentos da máquina.

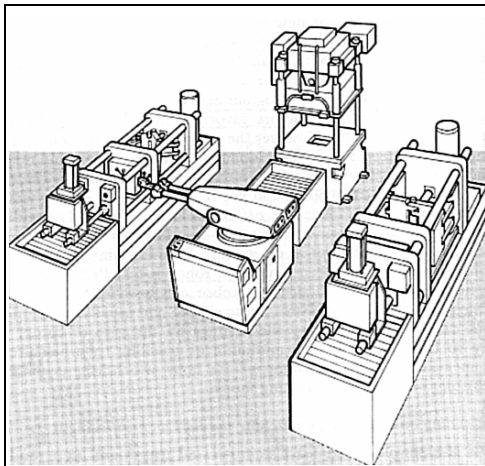
Para completar a brincadeira, existem os sensores. Os sensores são dispositivos elétricos ou eletrônicos que informam ao CLP se a ordem enviada por ele foi cumprida adequadamente ou não. Caso seja necessário, o CLP toma providências para corrigir o desvio entre o que foi programado e o que realmente ocorreu. Além dos movimentos, o CLP também controla a pressão de injeção do metal, a força de fechamento do molde, a pressão e a vazão do óleo lubrificante, garantindo, assim, uma grande independência da operação da máquina em relação ao homem.



Nas injetoras de câmara quente automáticas, o operador deve, periodicamente, abastecer o cadinho da máquina com lingotes de metal. Em muitos casos, mesmo esta tarefa é realizada automaticamente por meio de sistemas de alimentação que detectam o nível de metal no cadinho e o abastecem, caso seja necessário, com lingotes transportados a partir de um local de armazenamento.

Nas injetoras de câmara fria, o metal líquido é abastecido em quantidade suficiente para produzir as peças de um único ciclo de injeção, ou seja, entre um fechamento e outro do molde. Esta tarefa pode ser realizada pelo próprio operador ou ser deixada a cargo de um robô.

O robô enche, com metal líquido, um pequeno cadinho preso em sua garra e o derrama dentro do injetor da máquina. Em seguida, os passos da seqüência de injeção serão executados por meio do CLP.



Após o término do ciclo de injeção, o mesmo robô, utilizando-se de outro tipo de ferramenta, pode retirar a peça injetada e depositá-la numa esteira, por exemplo. O descarregamento de peças fundidas sob pressão foi, inclusive, uma das primeiras tarefas dos robôs quando começaram a ser utilizados na indústria no início da década de 60.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

7. Responda às seguintes perguntas.

- a) Cite 3 funções das injetoras que podem ser automatizadas.
- b) Quando trabalha com injetoras, que atividades um robô industrial pode realizar?

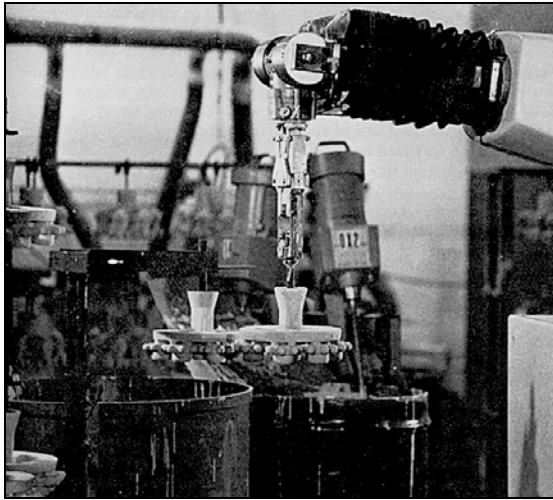
Mais robôs

O processo de fundição denominado “Shell Molding”, ou moldagem em casca, adapta-se muito bem à automação. Isto porque, partindo de um único modelo metálico, devemos fabricar tantos moldes (cascas) quantas forem as peças a serem produzidas. E quando se fala em trabalho repetitivo, é impossível deixar de pensar em automação. Dessa maneira, foram desenvolvidas máquinas que podem realizar automaticamente parte das operações necessárias à fabricação dos moldes. Dependendo da complexidade da máquina, pode-se ter desde um simples controle automático da temperatura do modelo metálico, até a sua cobertura com areia e a posterior desmoldagem da casca feitas sem o auxílio do homem.

O processo de fundição de precisão, também chamado de fundição por moldagem em cera perdida, beneficia-se, em parte, da mesma forma de automação utilizada no processo de fundição sob pressão. É que, como você já viu em aulas anteriores, na fundição de precisão é necessário produzir um modelo para cada peça. Como o modelo é feito de plástico ou cera, e em grande quantidade, nada melhor do que utilizar uma injetora de plásticos.

De posse dos modelos, a fabricação dos moldes, no processo de fundição sob pressão, também pode contar com o auxílio

dos robôs, para auxiliar na cobertura dos modelos de cera ou plástico com a mistura de areia utilizada no processo.



Bem, voltando ao início da aula onde começamos todo esse papo sobre automação, vejamos como você poderia resolver o seu problema.

Felizmente, nesse caso, você não terá que se preocupar com todas as fases que descrevemos aqui. Seu cliente já havia projetado a peça fundida e, mais que isso, trouxe até o modelo pronto. Além disso, ele também disse que cuidaria das fases de tamboreamento e rebarbação.

Mas também não fique tão aliviado assim. Você tem ainda muito trabalho pela frente. Como não há tempo para comprar novas máquinas, você terá que adaptar as que já tem. Peça a ajuda daqueles seus antigos colegas, mecânicos e eletricitas, do tempo de fábrica. Aquela sua velha máquina de moldar pode ser parcialmente automatizada com a ajuda de componentes hidráulicos, pneumáticos e elétricos.

Na falta de um robô e com um pouco de imaginação, você pode construir um dispositivo pneumático para auxiliar no vazamento de metal no molde. Você ainda não terá um processo tão flexível como gostaria. Será uma automação conhecida como automação rígida, adequada a uma pequena diversidade de produtos. No

entanto, poderá ajudá-lo a atender seu cliente de forma satisfatória.

Para os próximos pedidos, no entanto, seria bom você já ir pensando na utilização de máquinas computadorizadas. Elas trarão mais flexibilidade ao seu processo de fabricação, permitindo que você se adapte mais rapidamente às mudanças nas necessidades do mercado consumidor. E aí, então, quem terá que se modernizar será seu concorrente.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

8. Responda às seguintes perguntas.

- a) Por que se diz que o processo de “Shell Molding” adapta-se bem à automação?
- b) Qual a importância das injetoras de plástico no processo de fundição de precisão?

9. Escreva **V** ou **F** conforme sejam verdadeiras ou falsas as alternativas que completam a seguinte afirmação: “A utilização do computador permitiu que as máquinas automáticas...”

- a) () Ganhassem flexibilidade.
- b) () Fossem capazes de produzir uma grande quantidade de um mesmo produto.
- c) () Fossem capazes de alterar rapidamente o tipo de produto fabricado.
- d) () Gastassem menos energia elétrica.

10. Faça corresponder as tarefas da coluna A com o tipo de recurso utilizado em sua realização e indicado na coluna B.

Coluna A

- a) Retirada de canais
- b) Fabricação do modelo
- c) Projeto da peça fundida
- d) Vazamento do metal
- e) Fabricação do molde

Coluna B

- 1. () Computador para analisar esforço
- 2. () Robô industrial
- 3. () Máquina de moldagem automática
- 4. () Máquina operatriz computadorizada
- 5. () Tamboreamento

Gabarito

1. a) Automatização ou automação.
b) Função executada sob forma repetitiva.
c) Computador.
d) Flexibilidade.
e) Programa.

2. a) (V) b) (F) c) (V) d) (F) e) (V)

3. a) Precisão dimensional, acabamento da superfície.
b) Desenho.
c) Acabamento, marcas, ferramenta.

4. a) 1 b) 4

5. a) (4) b) (2) c) (6) d) (5) e) (1) f) (3)

6. a) Segurança industrial, fator econômico.
b) Abertura dos moldes e retirada das peças.

7. a) Controla: pressão de injeção do metal, força do fechamento do molde, pressão e a vazão do óleo.
b) Abastecer o metal líquido; retirar a peça injetada.

8. a) Por ser um processo repetitivo e, por isso, se adapta muito bem à automação.
b) Permite produzir um modelo de plástico ou cera em grande quantidade.

9. a) (V) b) (F) c) (V) d) (V)

10. a) (5) b) (4) c) (1) d) (2) e) (3)

E depois da fundição?

Panelas, fogões, geladeiras, fornos de microondas, microcomputadores, automóveis, máquinas agrícolas, trens, navios, aviões, naves espaciais, satélites... Desde o produto mais simples até o mais sofisticado, todos dependem de processos de fabricação mecânica para existir. E eles são muitos. E se encadeiam para que o produto seja fabricado.

Por mais simples que a peça seja, é sempre necessário usar máquinas e realizar mais de uma operação para produzi-la. Começando pela fundição, seguindo pelos processos de conformação mecânica como a laminação e a trefilação, passando pelo torneamento, pela usinagem, as peças vão sendo fabricadas e reunidas para formar os conjuntos mecânicos sem os quais a vida moderna seria impensável.

E pensando na fundição como início dessa cadeia, a etapa seguinte é, na maioria dos casos, a laminação, um processo de conformação mecânica, que é o assunto desta nossa aula.

Uma grande ajuda: as propriedades dos materiais

Embora sem saber, você já deve ter conformado um metal em algum momento da sua vida. Aí vem a pergunta: “Mas, como?!”

É simples. Ao dobrar um pedaço de arame, um fio de cobre, ou um pedaço de metal qualquer, ao martelar um prego, você aplicou esforços sobre o material e, desse esforço, resultou uma mudança de forma.

Em um ambiente industrial, a conformação mecânica é qualquer operação durante a qual se aplicam esforços mecânicos em metais, que resultam em uma mudança permanente em suas dimensões.

Para a produção de peças de metal, a conformação mecânica inclui um grande número de processos: laminação, forjamento, trefilação, extrusão, estampagem...Esses processos têm em comum o fato de que, para a produção da peça, algum esforço do tipo compressão, tração, dobramento, tem que ser aplicado sobre o material.

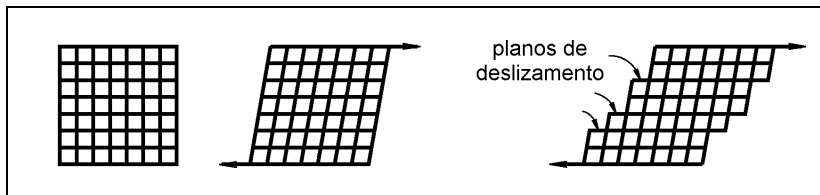
A segunda pergunta que você certamente fará é: “Mas, como é possível que materiais tão rígidos como o aço, ou o ferro, possam ser comprimidos, puxados e dobrados para adquirirem os formatos que o produto necessita?”

Bem, você deve se lembrar de que, quando estudamos as propriedades dos materiais, citamos suas propriedades mecânicas e dentre elas, falamos da elasticidade e da plasticidade. Dissemos que a elasticidade é a capacidade que o material tem de se deformar, se um esforço é aplicado sobre ele, e de voltar à forma anterior quando o esforço pára de existir. A plasticidade, por sua vez, permite que o material se deforme e mantenha essa deformação, se for submetido a um esforço de intensidade maior e mais prolongada. Essas duas propriedades são as que permitem a existência dos processos de conformação mecânica.

Eles também são ajudados pelo reticulado cristalino dos metais, que está associado ao modo como os átomos dos metais estão agrupados.

Como você já estudou, materiais que têm estrutura CFC, ou seja, cúbica de face centrada, têm uma forma de agrupamento atômico que permite o deslocamento de camadas de átomos sobre outras camadas. Por isso, eles se deformam mais facilmente do que os que apresentam os outros tipos de arranjos. Isso acontece porque, nessa estrutura, os planos de escorregamento permitem que

camadas de átomos “escorreguem” umas sobre as outras com mais facilidade.



Como exemplo de metais que apresentam esse tipo de estrutura após a solidificação, temos o cobre e o alumínio. Por isso, esses metais são mais fáceis de serem trabalhados por conformação mecânica. A prova disso é que o alumínio pode ser laminado até a espessura de uma folha de papel. Esse é o caso daqueles rolos de folhas de papel-alumínio que você compra no supermercado.

Pare! Estude! Responda!

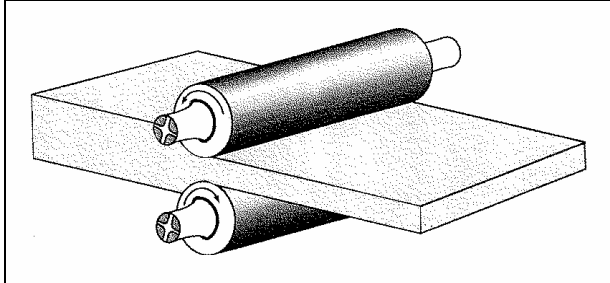
Exercício

1. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Quais são as propriedades que permitem que os metais sejam conformados mecanicamente?
 - b) De que forma o reticulado cristalino contribui para a deformação dos metais?
 - c) Dê um exemplo de material metálico com estrutura CFC e que não esteja citado no texto.
 - d) Você acha que o material metálico que você citou pode ser conformado mecanicamente? Por quê?

Conformação por laminação

A laminação é um processo de conformação mecânica pelo qual um lingote de metal é forçado a passar por entre dois cilindros que giram em sentidos opostos, com a mesma velocidade. Assim consegue-se a redução da espessura do metal a cada passe de laminação, que é como se chama cada passagem do metal pelos cilindros de laminação.

Ao passar entre os cilindros, o material sofre deformação plástica. Por causa disso, ele tem uma redução da espessura e um aumento na largura e no comprimento. Como a largura é limitada pelo tamanho dos cilindros, o aumento do comprimento é sempre maior do que o da largura.



Se você quer saber como isso funciona, pare numa pastelaria e veja como o pasteleiro estica a massa. Observe como, a cada passada, ele reajusta a distância entre os cilindros. Veja que a massa fica cada vez mais comprida e mais fina. Aproveite e coma um pastel e tome um caldo de cana geladinho. Não existe nada mais gostoso...

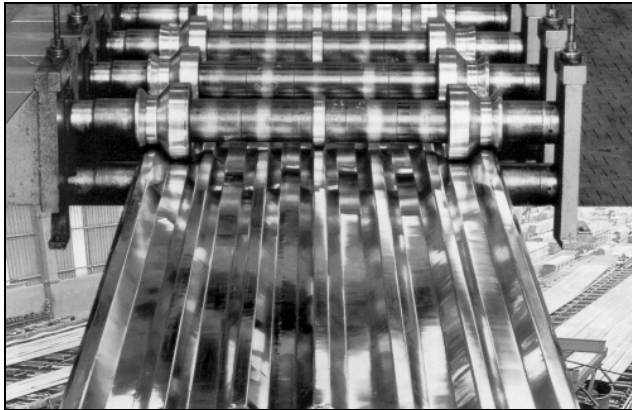
A laminação pode ser feita a quente ou a frio. Ela é feita a quente quando o material a ser conformado é difícil de laminar a frio ou quando necessita de grandes reduções de espessura. Assim, o aço, quando necessita de grandes reduções, é sempre laminado a quente porque, quando aquecido, sua estrutura cristalina apresenta a configuração CFC que, como já vimos, se presta melhor à laminação. Além disso, nesse tipo de estrutura, as forças de coesão são menores, o que também facilita a deformação.

Encruamento é o resultado de uma mudança na estrutura do metal, associada a uma deformação permanente dos grãos do material, quando este é submetido à deformação a frio. O encruamento aumenta a dureza e a resistência mecânica.

A laminação a frio se aplica a metais de fácil conformação em temperatura ambiente, o que é mais econômico. É o caso do cobre, do alumínio e de algumas de suas ligas.

A laminação a frio também pode ser feita mesmo em metais cuja resistência à deformação é maior. São passes rápidos e brandos cuja finalidade é obter maior precisão nas dimensões das chapas. Em alguns casos, a dureza e a resistência do material melhoram já que, nesse caso, ele fica “encruado”. Quando se necessita de precisão dimensional e ductilidade, a chapa laminada a frio passa por um tratamento térmico chamado recozimento.

Seja a quente ou a frio, a laminação parte dos lingotes que, passando pelos laminadores, pode se transformar em produtos de uso imediato como trilhos, vigas e perfis. Pode se transformar também em produtos intermediários que serão usados em outros processos de conformação mecânica.



É o caso de tarugos que passarão por forjamento, extrusão e tre-filação e das chapas que serão estampadas para a fabricação de automóveis, ônibus, fogões, geladeiras...

Pare! Estude! Responda!

Exercício

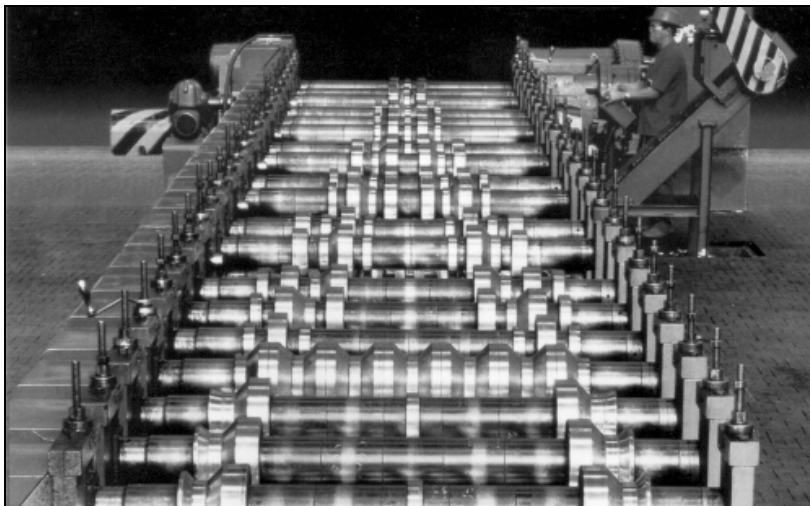
2. Responda às seguintes questões.
 - a) O que é laminação?
 - b) Qual a diferença entre um produto final e um produto intermediário? Dê exemplos.
 - c) Por que o aço é sempre aquecido para ser laminado?

A máquina de laminar chama-se...

Isso mesmo, caro aluno, **laminador**. O laminador é o equipamento que realiza a laminação.

Mas, não é só de laminadores que a laminação é composta. Um setor de laminação é organizado de tal modo que a produção é seriada e os equipamentos são dispostos de acordo com a sequência de operações de produção, na qual os lingotes entram e, ao saírem, já estão com o formato final desejado seja como produto final, seja como produto intermediário.

As instalações de uma laminação são compostas por fornos de aquecimento e reaquecimento de lingotes, placas e tarugos, sistemas de roletes para deslocar os produtos, mesas de elevação e basculamento, tesouras de corte e, principalmente, o laminador.



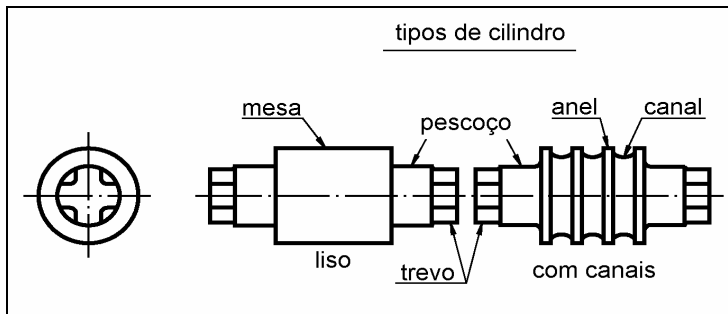
Ele é um conjunto mecânico bem parecido com a máquina do pasteleiro.

É composto de:

- cadeira - é o laminador propriamente dito e que contém a gaiola, os cilindros e os acessórios.
- gaiola - estrutura que sustenta os cilindros.

Os cilindros são as peças-chave dos laminadores, porque são eles que aplicam os esforços para deformar o metal. Eles podem

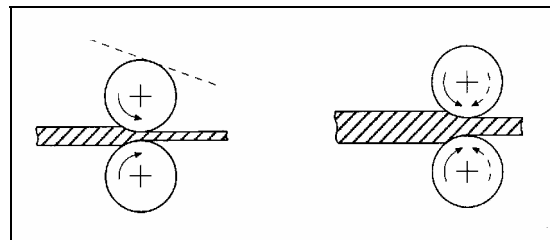
ser fundidos ou forjados; são fabricados em ferro fundido ou aço especial, dependendo das condições de trabalho a que eles são submetidos. Podem ser lisos, para a produção de placas e chapas, ou com canais, para a produção de perfis.



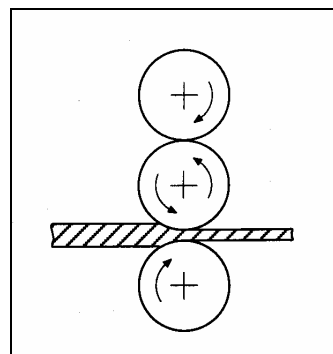
Os laminadores podem ser montados isoladamente ou em grupos, formando uma seqüência de vários laminadores em série. Esse conjunto recebe o nome de **trem de laminação**. Junto a esse conjunto, trabalham os equipamentos auxiliares, ou seja, os empurradores, as mesas transportadoras, as tesouras, as mesas de elevação...

Os laminadores podem ser classificados quanto ao número de cilindros que eles apresentam. Assim temos:

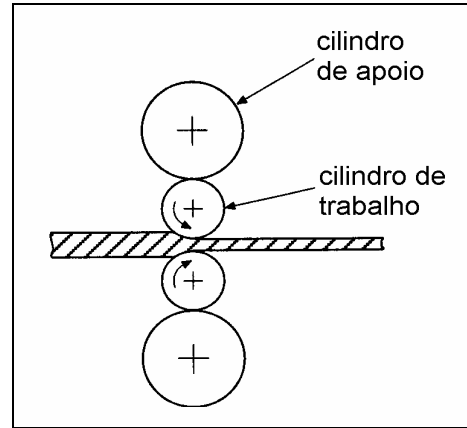
Duo - composto de dois cilindros de mesmo diâmetro, que giram em sentidos opostos, na mesma velocidade.



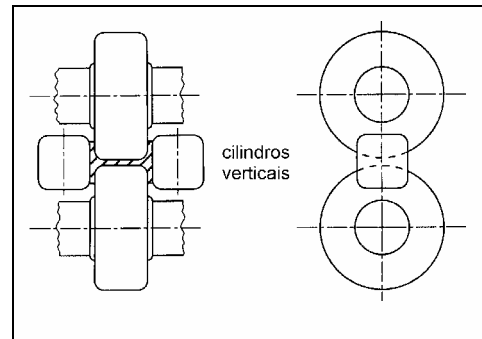
Trio - três cilindros dispostos uns sobre os outros. Quando o material passa pela primeira vez, ele passa entre o cilindro inferior e médio. Quando ele retorna, passa pelo cilindro médio e superior.



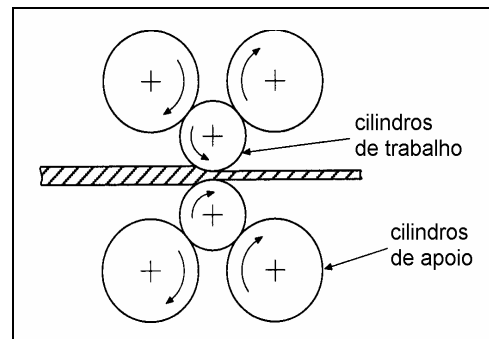
Quádruo - apresenta quatro cilindros: dois internos (de trabalho) e dois externos (de apoio).



Universal - apresenta quatro cilindros combinados: dois horizontais e dois verticais. Ele é utilizado para a laminação de trilhos.



Sendzimir - apresenta seis cilindros dos quais dois são de trabalho e quatro são de apoio.



A laminação nunca é feita de uma só vez. Assim como o pasteleiro passa a massa pela máquina várias vezes até que ela tenha a espessura desejada, o metal também é passado diversas vezes pelo laminador a fim de que o perfil ou a chapa adquiram ou o formato, ou a espessura adequada para o próximo uso.

Nessas passagens, você obtém inicialmente a laminação de desbaste, cuja função é transformar os lingotes de metal em produtos intermediários ou semi-acabados como blocos, placas e tarugos. Esses produtos passam depois pelos laminadores acabadores onde são transformados em produtos acabados como perfilados, trilhos, chapas, tiras.

Pare! Olhe! Responda!

Exercício

3. Responda às seguintes questões.

- a) Qual é a função do laminador?
- b) Cite as partes de um laminador.
- c) Preencha os espaços em branco com o nome dos laminadores a seguir:

Apresenta quatro cilindros: dois horizontais e dois verticais:

Apresenta dois cilindros de mesmo diâmetro:

Apresenta seis cilindros: dois de trabalho e quatro de apoio:

Nesse laminador, o material passa pelos cilindros inferior e médio e retorna pelo médio e superior:

Tem quatro cilindros: dois internos (de trabalho) e dois externos (de apoio):

Laminando um produto plano

Como já dissemos, para obter um produto laminado, ele tem que passar diversas vezes pelos laminadores. Na verdade, esse processo tem várias etapas, porque além da passagem pelos cilindros, algumas coisas vão acontecendo à medida que o produto vai sendo laminado. Essas etapas são, em geral, as seguintes:

1. O lingote, pré-aquecido em fornos especiais, passa pelo laminador de desbaste e se transforma em placas.
2. A placa é reaquelada e passa então por um laminador que quebra a camada de óxido que se formou no aquecimento. Nessa operação usa-se também jato de água de alta pressão.
3. Por meio de transportadores de roletes, a placa é levada a um outro laminador que diminui a espessura e também aumenta a largura da placa original. Na saída dessa etapa, a chapa também passa por um dispositivo que achata suas bordas e por uma tesoura de corte a quente.

4. Finalmente, a placa é encaminhada para o conjunto de laminadores acabadores, que pode ser formado de seis laminadores quádrupos. Nessa etapa ela sofre reduções sucessivas, até atingir a espessura desejada e se transformar finalmente em uma chapa.
5. Quando sai da última cadeira acabadora, a chapa é enrolada em bobina por meio de bobinadeiras.

Para a obtenção de espessuras ainda menores, a laminação prossegue, porém a frio. Para isso, as bobinas passam por um processo de limpeza da superfície chamado de decapagem.

Após a laminação a frio, que dá à superfície da chapa um acabamento melhor, ela é rebobinada. A bobina resultante passa por um processo de tratamento térmico que produz a recristalização do material e anula o encruamento ocorrido durante a deformação a frio.

Além da grande variedade de produtos de aço que se pode fabricar por laminação, esse processo de conformação mecânica também é aplicável ao cobre e suas ligas, ao alumínio e sua ligas, à borracha e ao papel.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

4. Coloque na ordem correta de execução as etapas de laminação descritas a seguir.
 - a) () A chapa sai da cadeira acabadora e é enrolada na bobinadeira.
 - b) () A placa é reaquecida e acontece a quebra da carepa no laminador duo.
 - c) () As extremidades da placa são cortadas em uma tesoura rotativa.
 - d) () O lingote pré-aquecido passa pelo laminador de destaste e se transforma em uma placa.
 - e) () A placa passa por um laminador duo universal e, em seguida por duas cadeiras do laminador quádruplo.

- f) () A placa é levada a um laminador quádruo onde sua espessura é diminuída e a largura, aumentada.
- g) () A placa é encaminhada para os laminadores acabadores.

Características e defeitos dos produtos laminados

Cada produto industrial tem características que o diferenciam dos outros. Não é diferente com relação aos produtos laminados.

Por exemplo, as formas desses produtos são muito simples: barras, perfis, chapas. Seu comprimento é sempre muito maior que sua largura e, na maioria dos casos, as espessuras também são reduzidas.

Os produtos laminados são empregados tanto na construção civil (casas, apartamentos, prédios industriais, pontes, viadutos), quanto na indústria mecânica, na usinagem para a produção em série de grandes quantidades de peças como parafusos, brocas, pinos, eixos, barras de seções diversas e chapas trabalhadas (furadas, cortadas, fresadas, retificadas). Em geral, o formato adequado do produto laminado, próximo do produto final usinado, aumenta muito a produtividade dos setores de usinagem.

Além das características, os produtos laminados apresentam defeitos que, geralmente, originam-se dos defeitos de fabricação do próprio lingote. Assim, os defeitos mais comuns dos produtos laminados são:

- **Vazios** - podem ter origem nos rechupes ou nos gases retidos durante a solidificação do lingote. Eles causam tanto defeitos de superfície quanto enfraquecimento da resistência mecânica do produto.
- **Gotas frias** - são respingos de metal que se solidificam nas paredes da lingoteira durante o vazamento. Posteriormente, eles se agregam ao lingote e permanecem no material até o produto acabado na forma de defeitos na superfície.
- **Trincas** - aparecem no próprio lingote ou durante as operações de redução que acontecem em temperaturas inadequadas.

- **Dobras** - são provenientes de reduções excessivas em que um excesso de massa metálica ultrapassa os limites do canal e sofre recalque no passe seguinte.
- **Inclusões** - são partículas resultantes da combinação de elementos presentes na composição química do lingote, ou do desgaste de refratários e cuja presença pode tanto fragilizar o material durante a laminação, quanto causar defeitos na superfície.
- **Segregações** - acontecem pela concentração de alguns elementos nas partes mais quentes do lingote, as últimas a se solidificarem. Elas podem acarretar heterogeneidades nas propriedades como também fragilização e enfraquecimento de seções dos produtos laminados.

Além disso, o produto pode ficar empenado, retorcido, ou fora de seção, em consequência de deficiências no equipamento, e nas condições de temperatura sem uniformidade ao longo do processo.

A aula sobre laminação termina aqui. Se você quiser saber mais, consulte a bibliografia no final deste livro. Você vai descobrir que há ainda muito o que estudar e aprender!

Pare! Estude! Responda!

Exercício

5. Relacione a coluna A (defeito) com a coluna B (característica do defeito).

Coluna A

- a) () vazio
- b) () gota fria
- c) () trinca
- d) () dobra
- e) () inclusão
- f) () segregação

Coluna B

- 1. partículas resultantes da combinação de elementos presentes na composição química.
- 2. origina-se nos rechupes.
- 3. alguns elementos concentrados nas partes mais quentes do lingote.
- 4. aparecem no lingote ou durante as operações de redução.
- 5. respingo de metal que se solidifica na parede da lingoteira.
- 6. excesso de massa metálica que é recalçada na operação seguinte.

Gabarito

1. **a)** Elasticidade, plasticidade.
b) Isso acontece porque o agrupamento atômico da estrutura do material permite o deslocamento de camadas de átomos sobre outras camadas.
c) Cobre, alumínio, níquel etc.
d) Sim, porque eles tem plasticidade podendo ser estirado e laminado.

2. **a)** É um processo de conformação mecânica, pelo qual um lingote é forçado a passar por entre dois cilindros que giram em sentidos opostos, com a mesma velocidade.
b) Intermediário quando serão usados em outros processos de conformação mecânica - produto final - pode ser utilizado como tubos longarinas de perfis variados etc.
c) Porque sua configuração CFC se presta melhor à laminação.

3. **a)** Realizar a laminação.
b) Cadeira, gaiola.
c) Universal, Duo, Sendzimir, Trio, Quádruo.

4. **a)** (7) **b)** (2) **c)** (5) **d)** (1) **e)** (4) **f)** (3) **g)** (6)

5. **1)** (e) **2)** (c) **3)** (d) **4)** (b) **5)** (f) **6)** (a)

Tubos de metal, portas e janelas para residências e edifícios, arames, cabos de aço e fios elétricos são produtos tão comuns no nosso dia-a-dia que a gente nem se dá ao trabalho de prestar atenção neles.

Mas nem por isso eles deixam de ser importantes. Muito pelo contrário! Quanto mais usados mais necessários eles se tornam. Você já imaginou a vida em uma cidade, grande ou pequena, sem cabos elétricos ou telefônicos? E sem outra coisa bem simples e muito barata que todo mundo precisa usar, principalmente em um país tropical como o nosso. Que coisa é essa? É o guarda-chuva! Impossível fabricá-lo sem tubos e varetas de metal, produzidos pelos processos de conformação mecânica que estudaremos nesta aula: a extrusão e a trefilação.

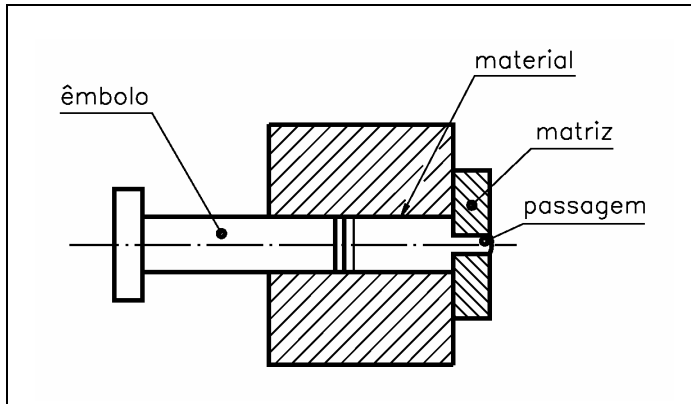
Aqui você vai aprender que se a necessidade é de perfis de formatos complicados ou, então, de tubos, o processo de fabricação será a extrusão. Por outro lado, se o que se quer fabricar, são rolos de arame, cabos ou fios elétricos, o processo indicado é a trefilação. Fique ligado.

Extrusão: o maior empurra-empurra

Assim como a laminação, a extrusão é um processo de fabricação de produtos semi-acabados, ou seja, produtos que ainda sofrerão outras operações, tais como corte, estampagem, usinagem ou forjamento, antes de seu uso final. Como resultado disso, ob-

tém-se uma das importantes características do produto extrudado: seção transversal reduzida e grande comprimento.

O processo de extrusão consiste basicamente em forçar a passagem de um bloco de metal através do orifício de uma matriz. Isso é conseguido aplicando-se altas pressões ao material com o auxílio de um êmbolo.



Trata-se de um processo de fabricação relativamente novo, se comparado com a maioria dos outros processos de conformação mecânica. As primeiras experiências com extrusão foram feitas com chumbo no final do século passado. O maior avanço aconteceu durante a Segunda Guerra Mundial, com a produção de grandes quantidades de perfis de alumínio para serem usados na indústria aeronáutica.

Atualmente, não só metais mais dúcteis, como o alumínio e suas ligas e o cobre e suas ligas, podem passar pelo processo de extrusão. Também é possível fabricar produtos de aço ao carbono e aço inoxidável por meio de extrusão. Produtos de plástico, principalmente embalagens, também são fabricados por extrusão.

No que se refere ao uso do alumínio, as variedades de perfis que se pode fabricar é quase ilimitada. As seções obtidas são mais resistentes porque não apresentam juntas frágeis e há melhor distribuição do metal. O processo fornece, também, uma boa aparência para as superfícies.

Etapas do processo

De acordo com o tipo de metal, que deve suportar rigorosas condições de atrito e temperatura, e com a seção a ser obtida, a extrusão pode ser realizada **a quente** ou **a frio**.

Os metais mais duros, como o aço, passam normalmente pelo processo de extrusão a quente. Esse processo envolve as seguintes etapas:

1. Fabricação de lingote ou tarugo de seção circular.
2. Aquecimento uniforme do lingote ou tarugo.
3. Transporte do lingote ou tarugo aquecido para a câmara de extrusão. Essa etapa deve ser executada o mais rapidamente possível para diminuir a oxidação na superfície do metal aquecido.
4. Execução da extrusão: com o tarugo aquecido apoiado diante da câmara de extrusão, o pistão é acionado e o material é empurrado para o interior da câmara.
5. Fim da extrusão: o pistão recua e a câmara se afasta para a retirada do disco e da parte restante do tarugo.
6. Remoção dos resíduos de óxido com o auxílio de disco raspador acionado pelo pistão.

Lingote é o bloco de metal produzido por fundição.

Tarugo é o bloco de metal obtido pela laminação de um lingote.

Considerando-se que o trabalho a quente traz problemas de oxidação do bloco de metal e das ferramentas de extrusão, a temperatura de trabalho deve ser a mínima necessária para fornecer ao metal o grau de plasticidade adequado.

Devido à intensa deformação produzida durante a extrusão, pode ocorrer um sensível aquecimento do metal. Portanto, a temperatura máxima do processo deve ser seguramente inferior à temperatura de “liquação”, ou seja, aquela em que acontece a fusão do contorno dos grãos.

Se a temperatura de extrusão ficar muito próxima à de liquação, o aquecimento produzido pelo atrito e pela compressão da matriz, poderá atingir a temperatura de fusão e impedir a fabricação do produto por extrusão.

Deve-se lembrar, também, de que a temperatura do material na zona de deformação depende da velocidade de deformação e do grau de compressão. Isso significa que a temperatura aumenta quando aumentam a velocidade e a deformação, por causa do aumento do atrito devido ao aumento da velocidade de deformação e do grau de compressão.

Na extrusão a quente, as reduções de área conseguidas são da ordem de 1:20 (um para vinte). Isso significa que, se você tiver uma barra de 100 mm² de área, ela pode ter sua área reduzida para 5 mm².

Os materiais mais dúcteis, como o alumínio, podem passar por extrusão tanto a frio quanto a quente e obtêm reduções de área da ordem de 1:100 (um para cem).

Na extrusão a frio, o material endurece por encruamento durante a deformação porque os grãos do metal se quebram e assim permanecem, aumentando as tensões na estrutura e, conseqüentemente, sua dureza. Na extrusão a quente, os grãos se reconstituem após a extrusão por causa da alta temperatura.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

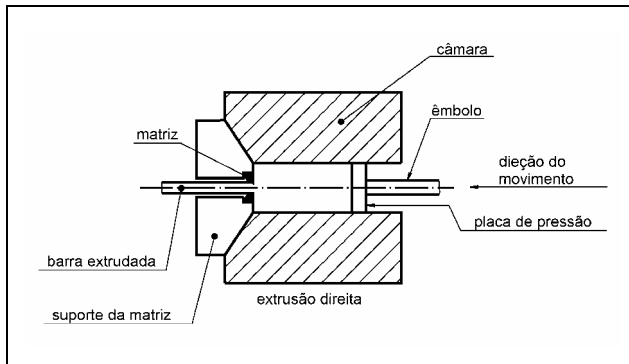
1. Responda às seguintes questões.
 - a) O que é extrusão?
 - b) Que tipos de produtos são fabricados pelo processo de extrusão? Dê exemplos diferentes do texto.

2. Escreva **C** para as afirmações corretas e corrija as erradas.
- a) () Rolos de arame, cabos e fios elétricos são produtos fabricados por extrusão.
 - b) () O alumínio pode ser extrudado em uma grande quantidade de perfis.
 - c) () A temperatura de aquecimento do bloco de metal a ser extrudado deve ser a mais alta possível.

Tipos de processos de extrusão

A extrusão pode ser realizada de duas maneiras básicas: **direta** ou **indiretamente**.

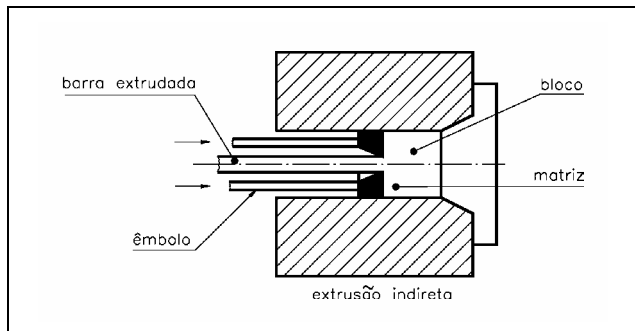
Na extrusão direta o bloco metálico a ser processado é colocado em uma câmara ou cilindro, e empurrado contra uma matriz através de um pistão, acionado por meios mecânicos ou hidráulicos.



Para proteger o pistão da alta temperatura e da abrasão resultantes do processo de extrusão direta, emprega-se um bloco de aço, chamado de falso pistão entre o material metálico e o êmbolo. Usa-se também um pedaço de grafite entre o metal e o pistão a fim de assegurar que todo o material metálico passe pela matriz.

Nesse processo, a deformação ocorre na matriz, enquanto que o resto do material é contido pelas paredes do cilindro. Desse modo, não se produz nenhuma instabilidade no material. Isso torna possível alcançar elevadas reduções (até 99%) no material processado.

Na **extrusão indireta**, o êmbolo é oco e está ligado à matriz. A extremidade oposta da câmara é fechada com uma placa. O êmbolo oco empurra a matriz de encontro ao metal e este sai da matriz em **sentido contrário** ao movimento da haste.



Como não há movimento relativo entre o bloco de metal e as paredes da câmara, as forças de atrito são muito menores e as pressões necessárias são também menores do que na extrusão direta. Por outro lado, como o êmbolo é furado, as cargas a serem utilizadas são limitadas e não é possível obter perfis com formatos complexos. Por isso, o processo de extrusão **direta** é o mais empregado.

Os equipamentos usados na extrusão consistem em prensas horizontais, mecânicas ou hidráulicas, com capacidades normais entre 1 500 e 5 mil toneladas. Prensas hidráulicas conseguem cargas de até 30 mil toneladas!

Além dessas prensas, são necessários equipamentos auxiliares para a realização do processo. Eles incluem fornos para aquecimento dos tarugos, fornos de tratamento térmico, além de equipamentos para transporte e corte dos perfis.

Defeitos da extrusão

Existem vários defeitos típicos dos processos de extrusão. Por exemplo: no processo de extrusão, a deformação não é uniforme. Por isso, o centro do tarugo move-se mais rapidamente que a periferia, e forma-se uma “zona morta” ao longo da superfície externa do tarugo. Quando a maior parte do bloco de metal já pas-

sou pela matriz, a superfície externa move-se para o centro e começa a fluir pela matriz. Como essa superfície externa contém uma película de óxido, aparecem **linhas internas** de óxido no interior do produto.

Se esse produto for cortado transversalmente, esse óxido aparecerá na forma de um anel que não permite a colagem das partes a ele adjacentes.

Outro defeito que pode aparecer por causa da diferença de velocidade entre o núcleo do tarugo e a periferia, é a **formação de uma cavidade** no centro da superfície do material em contato com o pistão, quando o processo de extrusão atinge a etapa final.

Essa cavidade cresce gradualmente em diâmetro e profundidade, transformando a barra em um tubo. Por isso, essa parte final do produto deverá ser descartada. O aspecto desse defeito é semelhante ao de um rechupe interno.

O **arrancamento** é o defeito que se forma na superfície do produto e aparece na forma de perda de material da superfície, quando o produto passa muito rapidamente pela matriz.

Produtos fabricados pelo processo de extrusão podem apresentar também **bolhas** na superfície. Elas podem ser causadas pela presença de hidrogênio e materiais provenientes da fundição do lingote ou por ar contido dentro do recipiente da prensa.

Os defeitos que acabamos de descrever podem ser evitados da seguinte forma:

Cavidade no produto:

- descartar a porção final do produto.

Anel de óxido:

- não extrudar o tarugo até o fim;
- aquecer o recipiente a uma temperatura 50°C menor que a temperatura do tarugo;
- não deixar o diâmetro do produto extrudado ultrapassar um valor a partir do qual o anel de óxido começa a aparecer.

Arrancamento:

- diminuir a velocidade de extrusão;
- diminuir a temperatura de extrusão.

Bolhas

- eliminar gases dissolvidos no metal líquido durante a fundição do lingote.

Já temos bastante informações para você estudar. Que tal fazer isso agora?

Pare! Estude! Responda!**Exercícios**

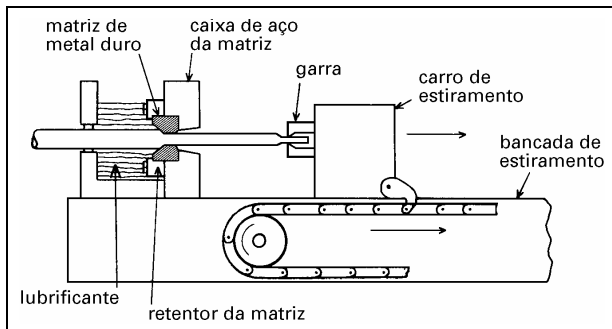
3. Complete as definições abaixo:
 - a) Na extrusão direta, o bloco metálico é
 - b) Na extrusão indireta, a matriz é
4. Como é possível evitar os seguintes defeitos?
 - a) Cavidade no produto
 - b) Anel de óxido
 - c) Arrancamento
 - d) Bolhas

Puxa e estica

Acender a luz, falar ao telefone, ligar o som, a televisão ou um outro eletrodoméstico qualquer, andar de elevador. Nada disso seria possível sem a **refilação**, pois os fios elétricos de cobre ou alumínio, os cabos e arames de aço necessários para essas atividades tão comuns do século vinte são fabricados por esse processo de conformação mecânica.

Por esse processo, é possível obter produtos de grande comprimento contínuo, seções pequenas, boa qualidade de superfície e excelente controle dimensional.

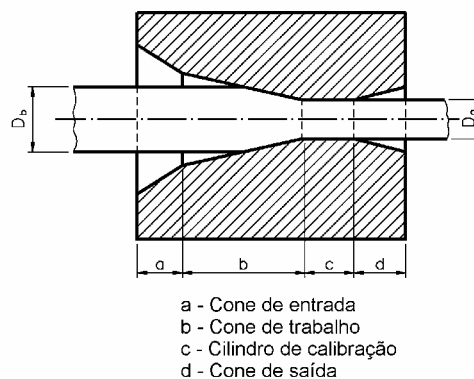
O princípio do processo de trefilação é, de certa forma, parecido com o da extrusão, ou seja, é necessário que o material metálico passe por uma matriz para ter seu diâmetro diminuído e seu comprimento aumentado. A grande diferença está no fato de que, em vez de ser empurrado, o material é **puxado**. Além disso, a trefilação é normalmente realizada a frio.



Existem bancos de tração de até 100 toneladas, capazes de trabalhar a uma velocidade de até 100 metros por minuto, percorrendo distâncias de até 30 metros. Em alguns casos, vários conjuntos desse tipo podem ser montados em série, a fim de produzir arames e fios com diâmetros ainda menores.

A barra que deve ser trefilada é chamada de **fio de máquina**. Ela deve ser apontada, para facilitar a passagem pela fieira, e presa por garras de tração que vão puxar o material para que ele adquira o diâmetro desejado.

A **fieira** é uma ferramenta cilíndrica que contém um furo no centro por onde passa o fio, e cujo diâmetro vai diminuindo. Assim seu perfil apresenta o formato de um funil.



A razão da presença desse ângulo, geralmente maior que o ângulo de trefilação, é facilitar a lubrificação e, conseqüentemente, a passagem do material. A lubrificação é necessária para facilitar a

passagem do metal pela fieira, a fim de diminuir o atrito entre o fio e o cone de trabalho.

O **cilindro de calibração** serve para ajustar o diâmetro do fio. O **cone de saída**, por sua vez, permite a saída livre do fio.

A fieira é construída de metal duro para fios de diâmetro maior que 2 mm, ou diamante para fios de diâmetro de até 2 mm. Esses materiais são usados para que a fieira possa resistir às condições severas e grandes solicitações características desse processo.

Etapas do processo

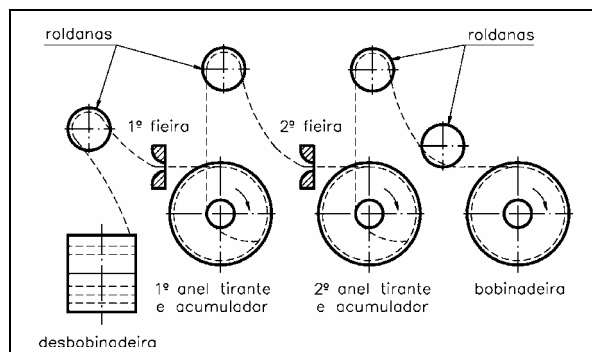
O processo de trefilação compreende as seguintes etapas:

1. Laminação e usinagem para a produção do fio máquina.
2. Decapagem mecânica ou química que retira os óxidos presentes na superfície do fio máquina.
3. Trefilação
4. Tratamento térmico de recozimento, quando é necessário restabelecer a ductilidade do material.

Para a trefilação propriamente dita, existem dois tipos básicos de máquinas de trefilar:

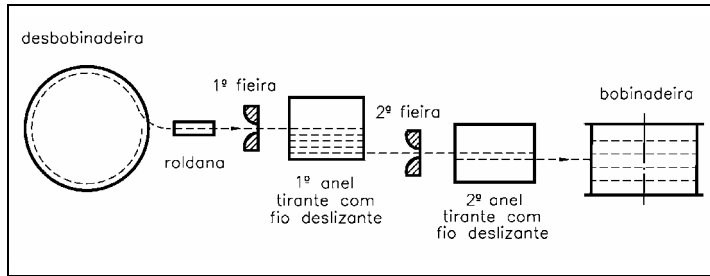
- sem deslizamento

Nessa máquina, o fio é tracionado, ou seja, puxado, e depois de passar pelo furo da fieira, ele vai para um anel tirante que acumula o fio antes de liberar sua movimentação em direção a uma segunda fieira onde o processo se repete. Isso é feito quantas vezes forem necessárias para obter a bitola desejada para o fio. Ao término desse processo, o fio é enrolado em uma bobinadeira.



- com deslizamento

Essa máquina é usada para a trefilação de fios metálicos de pequeno diâmetro. Nela, o fio parte de uma bobina, passa por uma roldana e segue alinhado até a primeira fieira. Na saída da fieira, o fio é tracionado por um anel tirante e é enrolado nele com um número de voltas que depende da força do atrito necessária para tracionar o fio através da primeira fieira.



O movimento helicoidal do fio provoca seu deslizamento lateral pelo anel e o sistema prossegue dessa forma para as demais fieiras e anéis.

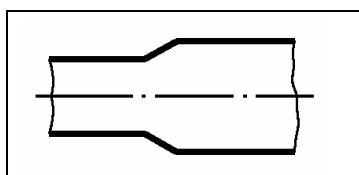
Características e defeitos dos produtos trefilados

Como já dissemos, os produtos trefilados caracterizam-se por seu grande comprimento e pequena seção transversal.

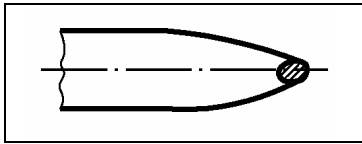
Dependendo de sua utilização, formato, seção transversal, eles recebem uma denominação. Assim, as barras possuem diâmetro maior que 5 mm; os arames ou fios possuem diâmetro menor. O arame é usado para a construção mecânica. O fio é usado em aplicações elétricas.

Esses produtos apresentam os seguintes defeitos típicos:

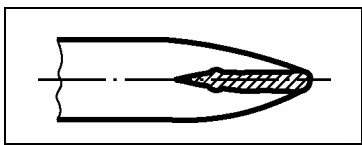
Diâmetro escalonado, causado por partículas duras retidas na fieira e que se desprendem depois.



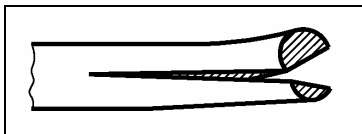
Fratura irregular com estrangulamento, causada por esforço excessivo devido à lubrificação deficiente, excesso de espiras no anel tirante, anel tirante rugoso, anel tirante com diâmetro incorreto, redução excessiva.



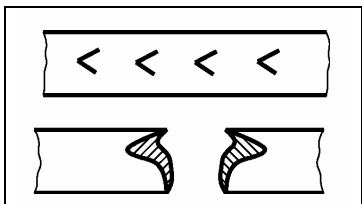
Fratura com risco lateral ao redor da marca de inclusão, causada por partícula dura incluída no fio inicial proveniente da laminação ou extrusão.



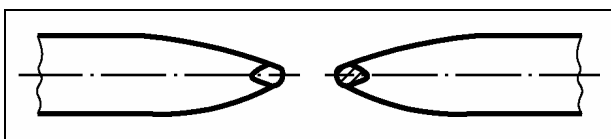
Fratura com trinca aberta em duas partes, causada por trincas de laminação.



Marcas em forma de V ou fratura em ângulo, causadas por redução grande e parte cilíndrica pequena, com inclinação do fio na saída; ruptura de parte da fieira com inclusão de partículas no contato fio-fieira; inclusão de partículas duras estranhas.



Ruptura taça-cone, causada por redução pequena e ângulo de fieira muito grande, com acentuada deformação da parte central.



Aqui terminamos o estudo de mais dois processos de conformação mecânica. Há muito mais do que isso a ser apreendido. Por isso, não deixe a peteca cair! Para saber mais consulte a nossa bibliografia no final deste livro.

Exercícios

5. Complete as seguintes frases:
- a) A trefilação é o processo utilizado para a produção de e
 - b) Na trefilação, o material é através de uma matriz e é normalmente realizada a
 - c) A barra a ser trefilada é chamada de
6. Descreva a função das seguintes partes da fiação:
- a) Cone de entrada:.....
 - b) Cone de trabalho:.....
 - c) Cilindro de calibração:.....
 - d) Cone de saída:.....
7. Descreva com suas palavras o processo de trefilação:
- a) Com deslizamento:.....
 - b) Sem deslizamento:.....

Gabarito

1. a) É um processo de fabricação que consiste basicamente em forçar a passagem de um bloco de metal através do orifício de uma matriz.
b) Tubos sem costura, componentes elétricos e plásticos.
2. a) São fabricadas por trefilação.
b) (c)
c) Deve ser a mínima necessária para fornecer ao metal o grau de plasticidade adequado.

3.
 - a) Empurrado contra uma matriz.
 - b) Empurrada de encontro ao metal.

4.
 - a) Descartar a porção final do produto.
 - b) Não extrudar o tarugo até o fim; aquecer o recipiente a uma temperatura de 50°C menor que a do tarugo; não deixar o diâmetro do produto extrudado ultrapassar um valor a partir do qual o anel de óxido começa a aparecer.
 - c) Diminuir a velocidade e temperatura de extrusão.
 - d) Eliminar gases dissolvidos no metal líquido durante fundição do lingote.

5.
 - a) Fios elétricos de cobre ou alumínio, cabos e arames de aço
 - b) Puxado, frio.
 - c) Fio de máquina.

6.
 - a) Facilitar a lubrificação.
 - b) Facilitar a passagem do material.
 - c) Ajustar o diâmetro do fio.
 - d) Permitir a saída livre do fio.

7.
 - a) O fio, parte de uma bobina, segue sendo puxado até a primeira fieira, na saída da fieira o fio é tracionado por um anel tirante e é enrolado nele com um número de voltas que depende da força de atrito necessária para tracionar o fio através da primeira fieira. O movimento do fio em forma helicoidal provoca o deslizamento lateral pelo anel e o sistema prossegue para as demais fieiras e anéis.
 - b) O fio é tracionado, depois de passar pela fieira vai para um anel tirante que acumula o fio antes de liberar sua movimentação até a segunda fieira onde o processo se repete. Isso é feito quantas vezes forem necessárias para se conseguir a bitola desejada; ao final, o fio é enrolado na bobinadeira.

Uma das profissões mais antigas do mundo é a do ferreiro. Quem não se lembra de já ter visto, em filmes históricos ou de faroeste, um homem bem forte, todo suado, retirando com uma tenaz um pedaço de metal incandescente do fogo, colocando-o sobre uma bigorna e martelando com força para que o metal adquirisse a forma desejada? Podia ser uma espada, a parte de uma armadura, ou uma ferradura. Não importa o que fosse produzido, tudo dependia da força e da arte do homem, seu martelo e sua bigorna.

Hoje em dia, o martelo e a bigorna foram substituídos por máquinas e matrizes que permitem a produção constante de milhares de peças. Esse processo de conformação mecânica, tão antigo quanto o uso dos metais, é o forjamento.

Nesta aula, vamos estudar esse processo de fabricação. Fique ligado.

Martelando, martelando...

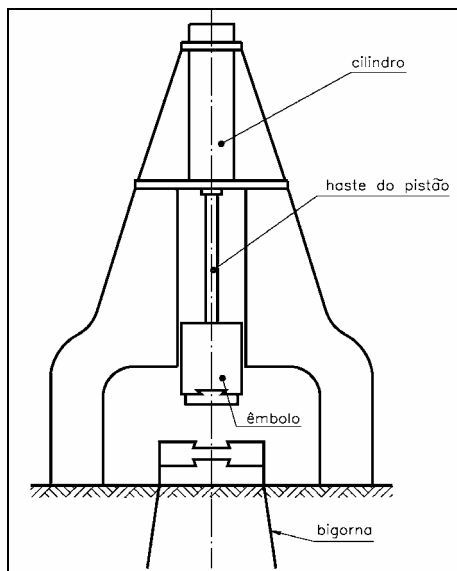
Entre os processos de conformação mecânica, já estudamos os processos de laminação, extrusão e trefilação. O que esses três processos têm em comum é o fato de não fornecerem produtos acabados, mas apenas matéria-prima para, a partir dela, fabricar-se outros produtos. Assim, a chapa obtida na laminação será transformada em partes da lataria dos automóveis. Os perfis de alumínio, obtidos pela extrusão, serão matéria-prima para a fabri-

cação das janelas das nossas casas. Os fios trefilados são usados na produção de condutores elétricos.

O **forjamento**, um processo de conformação mecânica em que o material é deformado por martelamento ou prensagem, é empregado para a fabricação de produtos acabados ou semi-acabados de alta resistência mecânica, destinados a sofrer grandes esforços e solicitações em sua utilização.

Embora, hoje em dia, o forjamento seja feito por meio de equipamentos, o princípio do processo continua o mesmo: aplicação individual e intermitente de pressão, quer dizer, o velho martelamento, ou então, a prensagem.

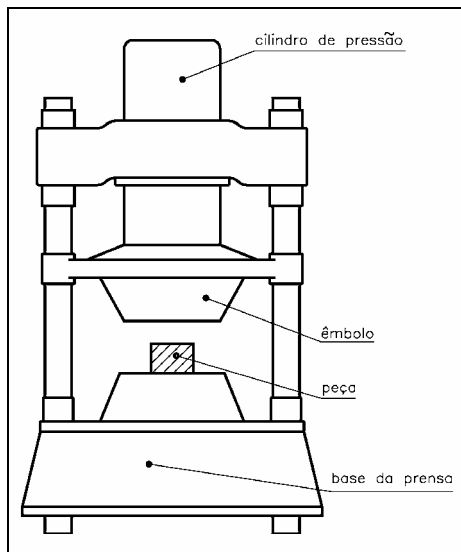
O **forjamento por martelamento** é feito aplicando-se golpes rápidos e sucessivos no metal. Desse modo, a pressão máxima acontece quando o martelo toca o metal, decrescendo rapidamente de intensidade à medida que a energia do golpe é absorvida na deformação do material. O resultado é que o martelamento produz deformação principalmente nas camadas superficiais da peça, o que dá uma deformação irregular nas fibras do material. Pontas de eixo, virabrequins, discos de turbinas são exemplos de produtos forjados fabricados por martelamento.



No forjamento por martelamento são usados martelos de forja que aplicam golpes rápidos e sucessivos ao metal por meio de

uma massa de 200 a 3.000 kg que cai livremente ou é impulsio-
nada de uma certa altura que varia entre 1 e 3,5 m.

Na **prensagem**, o metal fica sujeito à ação da força de compres-
são em baixa velocidade e a pressão atinge seu valor máximo
pouco antes de ser retirada, de modo que as camadas mais pro-
fundas da estrutura do material são atingidas no processo de con-
formação. A deformação resultante é, então, mais regular do que
a produzida pela ação dinâmica do martelamento. Palhetas de
turbinas e forjados de liga leve são produtos fabricados por pren-
sagem.



O forjamento por prensagem é realizado por prensas mecânicas
ou hidráulicas. As prensas mecânicas, de curso limitado, são a-
cionadas por eixos excêntricos e podem aplicar cargas entre 100
e 8.000 toneladas. As prensas hidráulicas podem ter um grande
curso e são acionadas por pistões hidráulicos. Sua capacidade de
aplicação de carga fica entre 300 e 50.000 toneladas. Elas são
bem mais caras que as prensas mecânicas.

As operações de forjamento são realizadas a quente, em tempe-
raturas superiores às de recristalização do metal. É importante
que a peça seja aquecida uniformemente e em temperatura ade-
quada. Esse aquecimento é feito em fornos de tamanhos e forma-
tos variados, relacionados ao tipo de metal usado e de peças a
serem produzidas e vão desde os fornos de câmara simples até

os fornos com controle específico de atmosfera e temperatura. Alguns metais não-ferrosos podem ser forjados a frio.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Complete as definições a seguir.

- a) O forjamento é um processo de no qual o material é
- b) O forjamento é feito aplicando-se golpes rápidos e sucessivos ao metal.
- c) No forjamento, a força de compressão é aplicada em baixa velocidade de forma contínua.

Matriz aberta ou fechada?

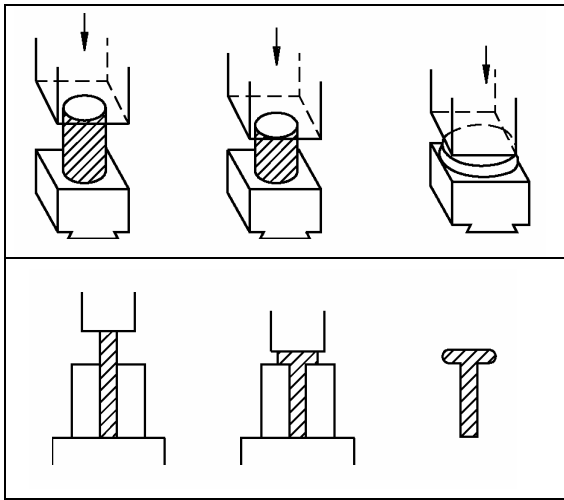
Toda a operação de forjamento precisa de uma matriz. É ela que ajuda a fornecer o formato final da peça forjada. E ajuda também a classificar os processos de forjamento, que podem ser:

- forjamento em matrizes abertas, ou forjamento livre;
- forjamento em matrizes fechadas.

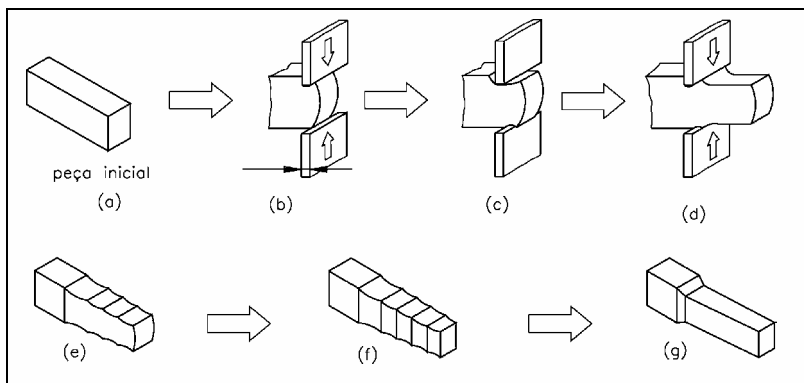
As matrizes de forjamento são submetidas a altas tensões de compressão, altas solicitações térmicas e, ainda, a choques mecânicos. Devido a essas condições de trabalho, é necessário que essas matrizes apresentem alta dureza, elevada tenacidade, resistência à fadiga, alta resistência mecânica a quente e alta resistência ao desgaste. Por isso, elas são feitas, em sua maioria, de blocos de aço-liga forjados e tratadas termicamente. Quando as solicitações são ainda maiores, as matrizes são fabricadas com metal duro.

No forjamento livre, as matrizes têm geometria ou formatos bastante simples. Esse tipo de forjamento é usado quando o número de peças que se deseja produzir é pequeno e seu tamanho é

grande. É o caso de eixos de navios, turbinas, virabrequins e anéis de grande porte.

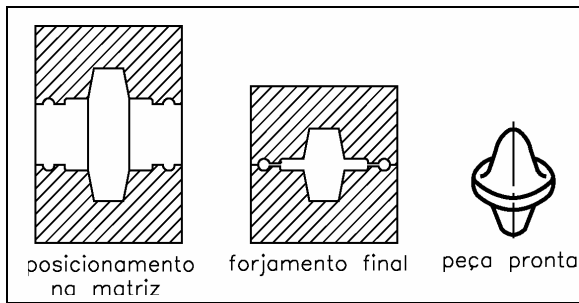


A operação de forjamento livre é realizada em várias etapas. Como exemplo, a ilustração mostra o estiramento de uma parte de uma barra. Observe a peça inicial (a) e o resultado final (e). A operação é iniciada com uma matriz de pequena largura. O estiramento acontece por meio de golpes sucessivos e avanços da barra (b, c, d, e). A barra é girada 90° e o processo repetido (f). Para obter o acabamento mostrado em g, as matrizes são trocadas por outras de maior largura.

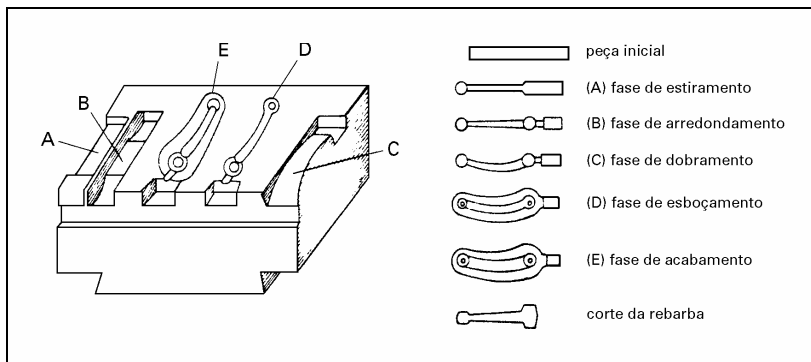


No forjamento em matrizes fechadas, o metal adquire o formato da cavidade esculpida na matriz e, por causa disso, há forte restrição ao escoamento do material para as laterais. Essa matriz é construída em duas metades: a metade de baixo fica presa à bigorna e nela é colocado o metal aquecido. A outra metade está presa ao martelo (ou à parte superior da prensa) que cai sobre a

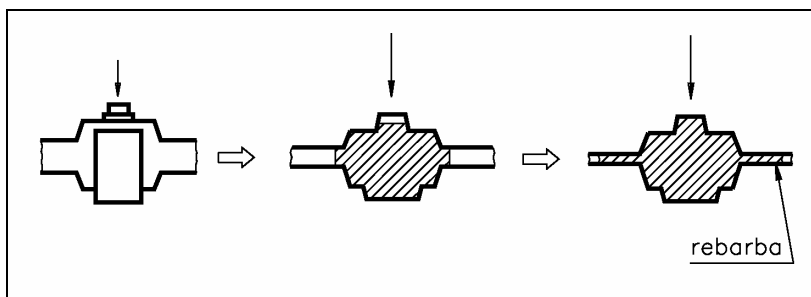
metade inferior, fazendo o material escoar e preencher a cavidade da matriz.



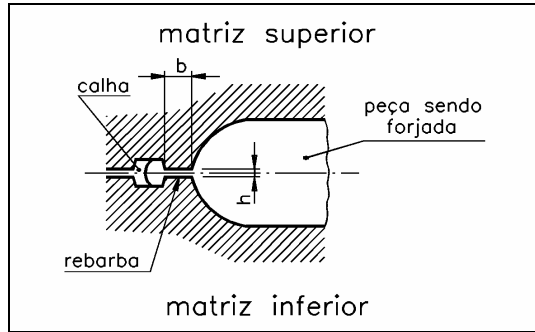
Uma peça forjada acabada geralmente não é conformada em um só golpe, porque tanto a direção quanto a extensão na qual o metal pode escoar são pequenas. Por isso, para a confecção de uma única peça são necessárias várias matrizes com cavidades correspondentes aos formatos intermediários que o produto vai adquirindo durante o processo de fabricação.



A matriz apresenta uma cavidade extra em sua periferia e que tem o objetivo de conter o excesso de material necessário para garantir o total preenchimento da matriz durante o forjamento. Esse excesso de material chama-se rebarba e deve ser retirado da peça em uma operação posterior de corte.



A rebarba é um dos problemas do forjamento por matriz fechada. Para minimizá-lo, as matrizes apresentam calhas para evitar que a rebarba seja muito grande.



Para peças não muito complexas, são aplicadas as seguintes etapas no forjamento em matriz fechada:

1. Corte do blank, ou seja, do pedaço de metal em barra no tamanho necessário.
2. Aquecimento - realizado em fornos.
3. Forjamento intermediário, realizado somente quando é difícil a conformação em uma única etapa.
4. Forjamento final - feito em matriz, já com as dimensões finais da peça.
5. Tratamento térmico - para a remoção das tensões, homogeneização da estrutura, melhoria da usinabilidade e das propriedades mecânicas.

É hora de estudar um pouco. Vamos lá?

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

2. Relacione as características listadas com o tipo de forjamento.

Coluna A

- a) () Matrizes de geometria simples.
- b) () Peças de tamanho grande como eixos de navios.
- c) () Utiliza uma matriz na qual está esculpida a cavidade da peça.
- d) () Necessita de várias matrizes com formatos intermediários.
- e) () As matrizes apresentam calhas para conter as rebarbas.

Coluna B

1. Forjamento livre
2. Forjamento em matriz fechada

3. Descreva, com suas palavras, as etapas do forjamento em matriz fechada.

Defeitos dos produtos forjados

Os produtos forjados também apresentam defeitos típicos. Eles são:

- Falta de redução - caracteriza-se pela penetração incompleta do metal na cavidade da ferramenta. Isso altera o formato da peça e acontece quando são usados golpes rápidos e leves do martelo.
- Trincas superficiais - causadas por trabalho excessivo na periferia da peça em temperatura baixa, ou por alguma fragilidade a quente.
- Trincas nas rebarbas - causadas pela presença de impurezas nos metais ou porque as rebarbas são pequenas. Elas se iniciam nas rebarbas e podem penetrar na peça durante a operação de rebarbação.
- Trincas internas - originam-se no interior da peça, como consequência de tensões originadas por grandes deformações.
- Gotas frias - são descontinuidades originadas pela dobra de superfícies, sem a ocorrência de soldagem. Elas são causadas por fluxos anormais de material quente dentro das matrizes, incrustações de rebarbas, colocação inadequada do material na matriz.
- Incrustações de óxidos - causadas pela camada de óxidos que se formam durante o aquecimento. Essas incrustações normalmente se desprendem mas, ocasionalmente, podem ficar presas nas peças.
- Descarbonetação - caracteriza-se pela perda de carbono na superfície do aço, causada pelo aquecimento do metal.
- Queima - gases oxidantes penetram nos limites dos contornos dos grãos, formando películas de óxidos. Ela é causada pelo aquecimento próximo ao ponto de fusão.

O que você estudou nesta lição é só um começo bem básico. Um profissional do século XXI não se contenta com pouco. Por isso, se você quiser saber mais, vá a uma biblioteca e pesquise um pouco mais. Vai valer a pena!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

- Uma peça forjada apresenta uma rachadura próxima à periferia da peça na região da rebarba. Na sua opinião, qual a possível causa desse defeito?
- Relacione a característica com o respectivo processo de forjamento.

Coluna A

- Golpes rápidos e sucessivos.
- A deformação atinge as camadas mais profundas do material.
- A deformação das fibras do material é mais regular.
- A pressão máxima ocorre quando a matriz toca o metal.
- A pressão máxima é atingida pouco antes da carga ser retirada.
- A deformação é maior nas camadas superficiais da peça.
- A deformação das fibras do material é irregular.

Coluna B

- Forjamento por martelamento.
- Forjamento por prensagem.

Gabarito

- Conformação mecânica, deformado.
 - Por martelamento.
 - Por prensagem.
- (1)
 - (1)
 - (2)
 - (2)
 - (2)
- 1 - O metal é cortado no tamanho necessário; 2 - Em seguida é aquecido em forno; 3 - Faz-se o forjamento intermediário se a peça for de difícil conformabilidade; 4 - Faz-se o forjamento final, no qual a peça já sai com o formato e medida finais; 5 - Faz-se o tratamento térmico para melhorar a condição do produto forjado.
- Presença de impurezas no metal ou rebarbas pequenas.
- (1)
 - (2)
 - (2)
 - (1)
 - (2)
 - (1)
 - (1)

Se a família dos processos de fabricação fosse um objeto que se pudesse tocar, com certeza, ela seria uma corrente na qual cada elo representaria um determinado processo que estaria encadeado em outro, que, por sua vez, estaria encadeado em outro, e assim por diante.

Senão, vejamos: alguns produtos da fundição como lingotes e tarugos podem ser forjados e laminados; os produtos da laminação podem ser cortados, dobrados, curvados, estampados. As peças resultantes podem passar por etapas de usinagem, soldagem, rebitagem... e por aí vai.

Isso porque, quando alguma coisa é produzida, você nunca tem apenas uma operação envolvida nessa fabricação. Geralmente, o que se tem são produtos intermediários, como na laminação, em que as chapas laminadas, após bobinadas, são usadas na fabricação de peças para a indústria automobilística, naval, eletroeletrônica e mecânica em geral.

E para que as chapas adquiram o formato desejado, é necessário que elas passem por um processo de conformação mecânica que visa dar-lhes forma final. Esse processo você ainda não estudou. Ele é chamado de estampagem.

Estampagem

Estampagem é um processo de conformação mecânica, geralmente realizado a frio, que engloba um conjunto de operações.

Por meio dessas operações, a chapa plana é submetida a transformações que a fazem adquirir uma nova forma geométrica, plana ou oca. Isso só é possível por causa de uma propriedade mecânica que os metais têm: a plasticidade.

As operações básicas de estampagem são:

- corte
- dobramento
- estampagem profunda (ou "repuxo")

Assim como nem todo material pode ser laminado, nem todo material pode passar pelas operações de estampagem. As chapas metálicas de uso mais comum na estampagem são as feitas com as ligas de aço de baixo carbono, os aços inoxidáveis, as ligas alumínio-manganês, alumínio-magnésio e o latão 70-30, que tem um dos melhores índices de estampabilidade entre os materiais metálicos.

O **latão 70-30** é uma liga com 70% de cobre e 30% de zinco.

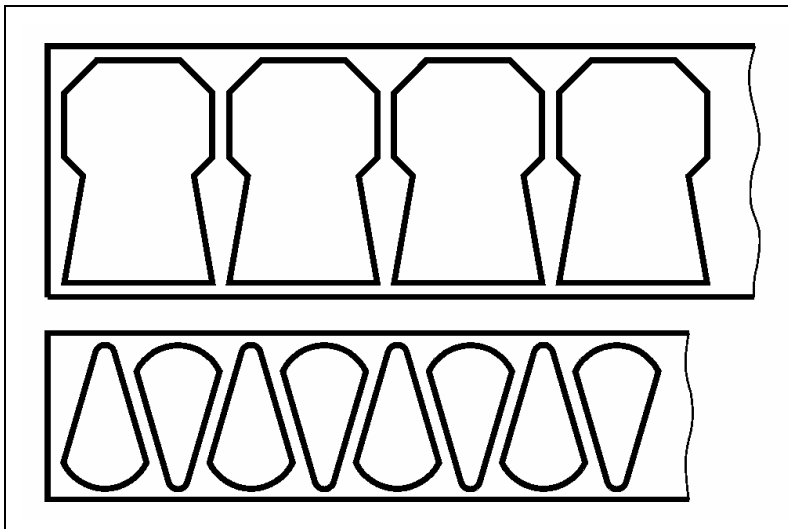
Além do material, outro fator que se deve considerar nesse processo é a qualidade da chapa. Os itens que ajudam na avaliação da qualidade são: a composição química, as propriedades mecânicas, as especificações dimensionais, e acabamento e aparência da superfície.

A composição química deve ser controlada no processo de fabricação do metal. A segregação de elementos químicos, por exemplo, que pode estar presente no lingote que deu origem à chapa, causa o comportamento irregular do material durante a estampagem.

As propriedades mecânicas, como dureza e resistência à tração, são importantíssimas na estampagem. Elas são determinadas por meio de ensaios mecânicos que nada mais são do que testes feitos com equipamentos especiais. Esses dados, juntamente com dados sobre a composição química, geralmente são fornecidos nas especificações dos materiais, presentes nos catá-

logos dos fabricantes das chapas e padronizados através de normas.

As especificações das dimensões ajudam no melhor aproveitamento possível do material, quando é necessário cortá-lo para a fabricação da peça. Uma chapa fora dos padrões de dimensão impede seu bom aproveitamento em termos de distribuição e quantidade das peças a serem cortadas. O ideal é obter a menor quantidade possível de sobras e retalhos que não podem ser aproveitados. Esse aproveitamento ideal envolve também o estudo da distribuição das peças na chapa.

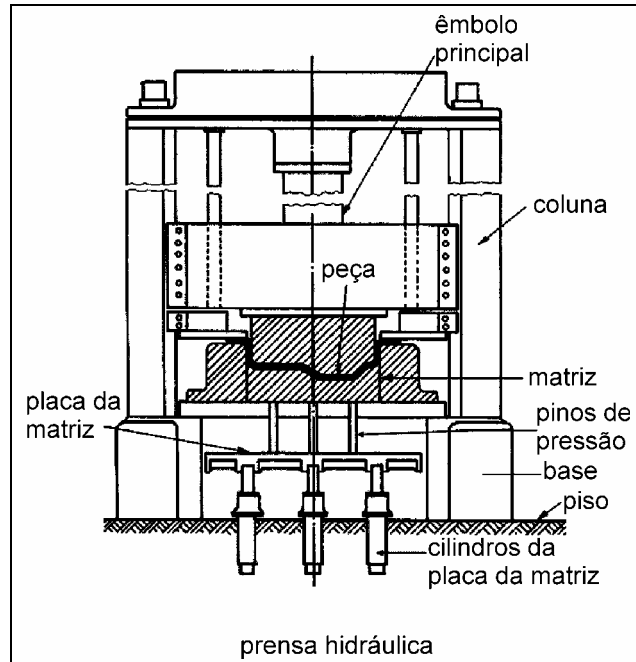
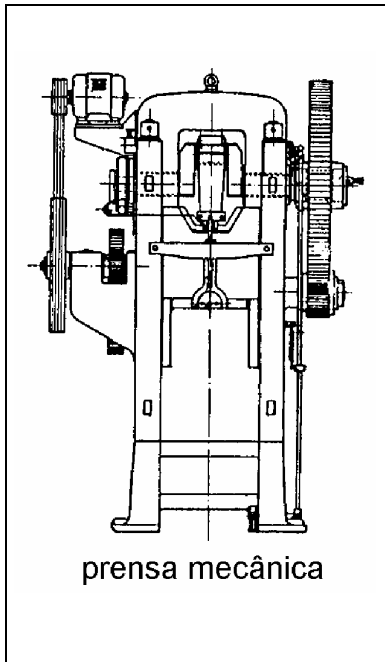


Os defeitos de superfície prejudicam não só a qualidade da peça estampada, como também influenciam na acabamento quando o produto deve receber pintura ou algum tipo de revestimento como a cromação, por exemplo. Por isso, esse é um fator que também deve ser controlado.

As operações de estampagem são realizadas por meio de prensas que podem ser mecânicas ou hidráulicas, dotadas ou não de dispositivos de alimentação automática das chapas, tiras cortadas, ou bobinas.

A seleção de uma prensa depende do formato, tamanho e quantidade de peças a serem produzidas e, conseqüentemente, do tipo de ferramental que será usado. Normalmente, as prensas mecânicas são usadas nas operações de corte, dobramento e estam-

pagem rasa. As prensas hidráulicas são mais usadas na estampagem profunda.



Na estampagem, além das prensas, são usadas ferramentas especiais chamadas **estampo** que se constituem basicamente de um punção (ou macho) e uma matriz. Essas ferramentas são classificadas de acordo com o tipo de operação a ser executada. Assim, temos:

- ferramentas para corte
- ferramentas para dobramento
- ferramentas para estampagem profunda

Na prensa, o punção geralmente é preso na parte superior que executa os movimentos verticais de subida e descida. A matriz é presa na parte inferior constituída por uma mesa fixa.

Esse ferramental deve ser resistente ao desgaste, ao choque e à deformação, ter usinabilidade e grande dureza. De acordo com a quantidade de peças e o material a serem estampados, os estampos são fabricados com aços ligados, chamados de aços para ferramentas e matrizes.

O fio de corte da ferramenta é muito importante e seu desgaste, com o uso, provoca rebarbas e contornos pouco definidos das

peças cortadas. A capacidade de corte de uma ferramenta pode ser recuperada por meio de retificação para obter a afiação.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale a alternativa que completa corretamente as afirmações a seguir.

a) A estampagem é um processo de
que produz peças a partir de

- 1) () Laminação a frio – chapas planas
- 2) () Conformação mecânica – chapas planas
- 3) () Laminação – sucata de aço
- 4) () Conformação mecânica – tarugos
- 5) () Conformação mecânica – laminados em geral

b) A propriedade dos materiais que possibilita a estampagem é a:

- 1) () dureza.
- 2) () resistência à tração
- 3) () plasticidade
- 4) () elasticidade
- 5) () composição química

2. Relacione as colunas.

Coluna A

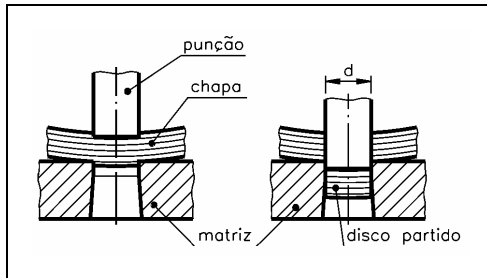
- a) () O defeito de superfície
- b) () A composição química
- c) () A especificação das dimensões
- d) () Uma propriedade mecânica

Coluna B

- 1) Causa o comportamento irregular do metal
- 2) É determinada por ensaios mecânicos.
- 3) Possibilita melhor aproveitamento da chapa.
- 4) Influencia no acabamento.
- 5) Deve ser controlada no processo de fabricação do metal.

Corte de chapas

O corte é a operação de cisalhamento de um material na qual uma ferramenta ou **punção de corte** é forçada contra uma **matriz** por intermédio da pressão exercida por uma prensa. Quando o punção desce, empurra o material para dentro da abertura da matriz.



Dica tecnológica

Em princípio, a espessura da chapa a ser cortada deve ser **igual** ou **menor** que o diâmetro do punção.

As peças obtidas por corte, podem, eventualmente, ser submetidas a uma operação posterior de estampagem profunda, que será estudada mais adiante nesta aula.

O corte permite a produção de peças nos mais variados formatos. Estes são determinados pelos formatos do punção e da matriz. A folga entre um e outra é muito importante e deve ser controlada, já que o aspecto final da peça depende desse fator. Ela está relacionada também com a espessura, a dureza e o tipo de material da chapa.

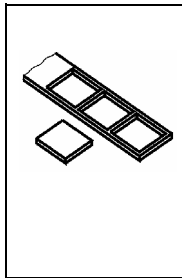
Dica tecnológica

Para o aço, a folga é de 5 a 8% da espessura da chapa; para o latão, ela fica entre 4 e 8%; para o cobre, entre 6 e 10%; para o alumínio, em torno de 3% e para o duralumínio, entre 7 e 8%.

Folgas muito grandes provocam rebarbas que podem ferir os operadores. As folgas pequenas provocam fissuras, ou seja, rachaduras, que causarão problemas nas operações posteriores. Quanto

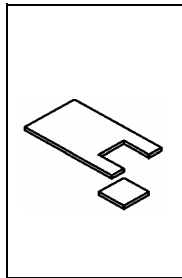
menores forem as espessuras das chapas e o diâmetro do punção, menor será a folga e vice-versa.

Dependendo da complexidade do perfil a ser cortado, o corte pode ser feito em uma única etapa ou em várias etapas até chegar ao perfil final. Isso determina também os vários tipos de corte que podem ser executados:



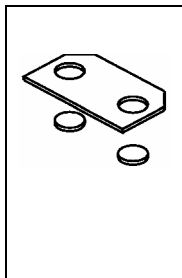
Corte (simples)

Produção de uma peça de um formato qualquer a partir de uma chapa.



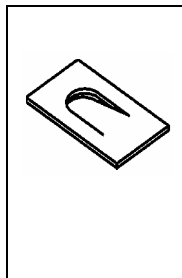
Entalhe

Corte de um entalhe no contorno da peça.



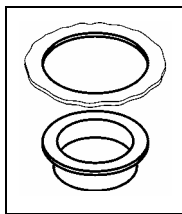
Puncionamento

corte que produz furos de pequenas dimensões.



Corte parcial

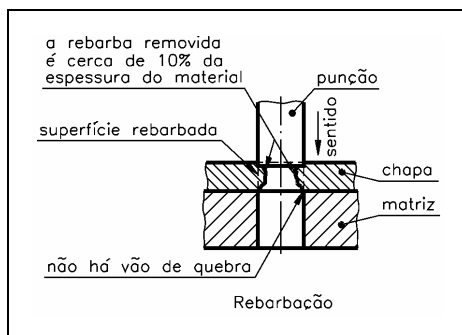
corte incompleto no qual uma parte da peça cortada fica presa à chapa.



Recorte

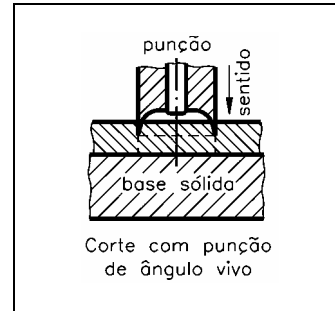
Corte de excedentes de material de uma peça que já passou por um processo de conformação.

Um corte, por mais perfeito que seja, sempre apresenta uma superfície de aparência “rasgada”. Por isso, é necessário fazer a **rebarbação**, que melhora o acabamento das paredes do corte.



Fique por dentro

Pode-se cortar papel, borracha e outros materiais não-metálicos com um punção de ângulo vivo. Nesse caso, o material fica apoiado sobre uma base sólida de madeira ou outro material mole.



Pare! Estude! Responda!

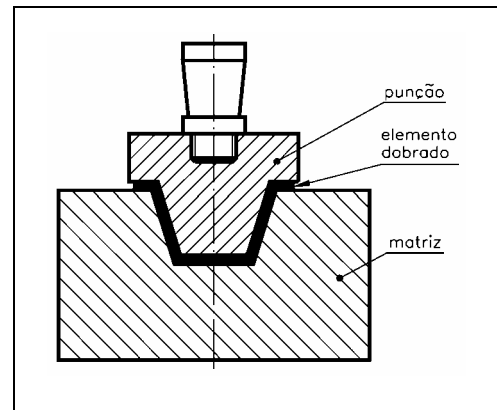
Exercício

3. Complete as seguintes afirmações.

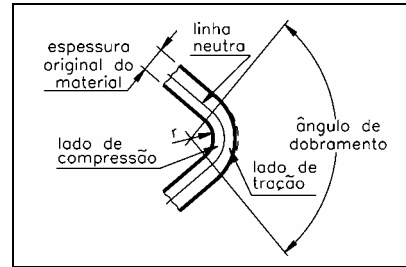
- O corte é uma operação de de um material.
- Para o corte, usamos um que é forçado contra uma por intermédio da pressão exercida por uma
- Depois do corte, efetua-se uma operação de para melhorar o acabamento das paredes do corte.

Dobramento e curvamento

O dobramento é a operação pela qual a peça anteriormente recortada é conformada com o auxílio de **estampos de dobramento**. Estes são formados por um punção e uma matriz normalmente montados em uma prensa. O material, em forma de chapa, barra, tubo ou vareta, é colocado entre o punção e a matriz. Na prensagem, uma parte é forçada contra a outra e com isso se obtém o perfil desejado.



Em toda e qualquer operação de dobramento, o material sofre deformações além do seu limite elástico. No lado externo há um esforço de tração, o metal se alonga e há uma redução de espessura. No lado interno, o esforço é de compressão.



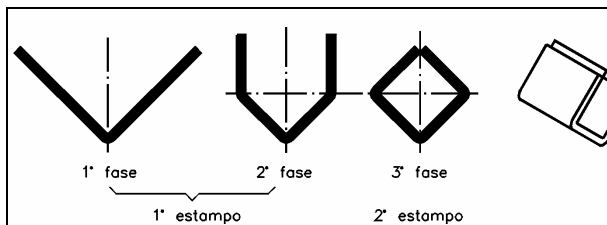
Por causa da elasticidade do material, sempre há um pequeno retorno para um ângulo ligeiramente menor que o inicial, embora a chapa tenha sido dobrada além de seu limite elástico. Por causa disso, quando se constrói o estampo, o cálculo do ângulo de dobramento deve considerar esse retorno e prever um dobramento em um ângulo levemente superior ao desejado.

Dica tecnológica

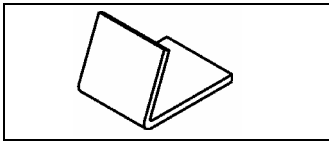
Existe uma região interna do material que não sofre nenhum efeito dos esforços de tração e compressão aos quais a chapa é submetida durante o dobramento. Essa região é chamada de **linha neutra**.

Outro fator a considerar é a existência dos raios de curvatura. Cantos vivos ou raios pequenos podem provocar a ruptura durante o dobramento. Em geral, a determinação do raio de curvatura é função do projeto ou desenho da peça, do tipo de material usado, da espessura da peça e do sentido da laminação da chapa. Materiais mais dúcteis como o alumínio, o cobre, o latão e o aço com baixo teor de carbono necessitam de raios menores do que materiais mais duros como os aços de médio e alto teores de carbono, aços ligados etc.

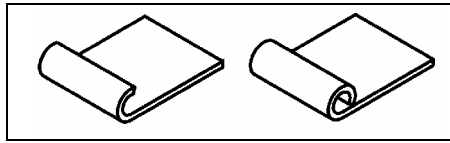
Até atingir o formato final, o produto pode ser dobrado com o auxílio de apenas um estampo em uma única ou em mais fases ou, então, com mais de um estampo.



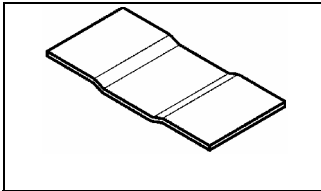
E para obter os variados formatos que o dobramento proporciona, realizam-se as seguintes operações:



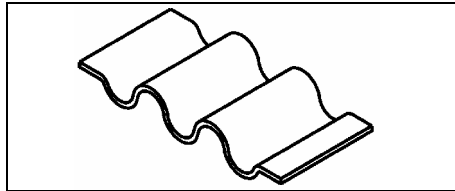
Dobramento simples e duplo.



Dobramento em anel (aberto ou fechado).



Nervuramento



Corrugamento

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Responda às seguintes perguntas.

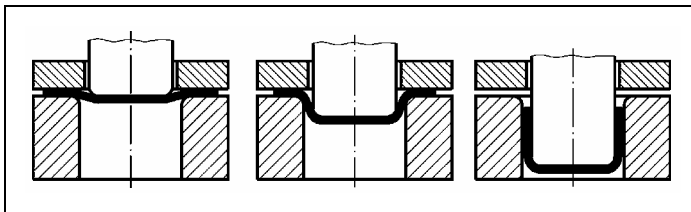
- a) O que é dobramento?
- b) Por que no dobramento há um retorno do material para um ângulo ligeiramente menor que o inicial?
- c) O que é linha neutra?
- d) Quais são os fatores que determinam o raio de curvatura no dobramento?
- e) Quais são os fatores que podem provocar a ruptura durante o dobramento?

Estampagem profunda

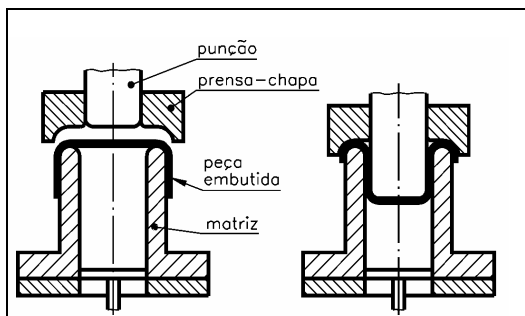
A estampagem profunda é um processo de conformação mecânica em que chapas planas são conformadas no formato de um copo. Ela é realizada a frio e, dependendo da característica do produto, em uma ou mais fases de conformação. Por esse processo, produzem-se painéis, partes das latarias de carros como pára-lamas, capôs, portas, e peças como cartuchos e refletores parabólicos.

Na estampagem profunda, a chapa metálica sofre alongamento em ao menos uma direção e compressão em outra direção. Geralmente, um compensa o outro e não há mudança na espessura da chapa.

Assim como no dobramento, a estampagem profunda também é realizada com o auxílio de estampos formados por um punção, uma matriz e um sujeitador presos a prensas mecânicas ou hidráulicas. A chapa, já cortada nas dimensões determinadas, é presa entre a matriz e o sujeitador que mantém sobre ela uma pressão constante durante o embutimento. Isso evita que ocorra o enrugamento da superfície da peça. O punção é acionado, desce e força a chapa para baixo, através da matriz. Nessa operação, também é necessário um controle sobre a folga entre o punção e a matriz.



Quando a profundidade do embutimento é grande, ou seja, tem a altura maior que o diâmetro da peça, e são necessárias várias operações sucessivas para obtê-la, tem-se a reestampagem. Isso pode ser feito com o mesmo punção, ou com punções diferentes quando o perfil da peça deve ser alterado numa segunda ou terceira estampagem.



A ferramenta deve ter uma superfície lisa e bem acabada para minimizar o atrito entre matriz-chapa-punção e, desse modo, diminuir o esforço de compressão e o desgaste da ferramenta. Para diminuir o atrito pode-se usar também um lubrificante.

Características e defeitos dos produtos estampados

Os produtos estampados apresentam defeitos característicos estreitamente ligados às várias etapas do processo de fabricação. O quadro a seguir relaciona esses defeitos com a respectiva etapa dentro do processo e indica as maneiras de evitá-los.

Etapa do processo	Defeito	Causa	Correção
Chapa	Pregas, ou gretas, transversais ao corpo da peça	Inclusões na chapa. Trepadura de laminação.	Usar chapas com controle de qualidade de mais rigoroso.
Chapa	Furos alongados ou gretas.	Poros finos ou corpos estranhos duros (como grãos de areia) que penetram na chapa no momento da estampagem.	Limpar cuidadosamente os locais de armazenamento das chapas.
Chapa	Diferenças de espessura na chapa.	Aba de largura irregular, formação de gretas entre as regiões de diferentes espessuras.	Exigir produtos laminados com tolerâncias dimensionais estreitas.
Projeto ou construção da matriz.	Desprendimento do fundo.	O punção de embutir atua como punção de corte, o raio de curvatura é muito pequeno no punção e na aresta embutida.	Arredondar melhor as arestas no punção de embutir e na matriz.
Projeto ou construção da matriz.	Ruptura no fundo.	O fundo embutido é unido ao resto da peça apenas por um lado; a relação de embutimento é grande demais para a chapa empregada.	Introduzir mais uma etapa de embutimento ou escolher uma chapa de maior capacidade de embutimento.
Projeto ou ferramentaria	Trincas no fundo depois que o corpo está quase todo pronto (mais frequentemente em peças retangulares).	Variação de espessura na chapa ou folga muito estreita entre punção e matriz. Em peças retangulares, o estreitamento da folga é devido à formação de uma pasta de óxidos.	Revisar espessura da chapa. Alargar o orifício de embutimento. Em peças retangulares, limpar sempre as arestas das ferramentas.
Projeto ou ferramentaria.	Formato abaulado - corpo arqueado para fora e arqueamento do canto superior do recipiente.	Folga muito larga de embutimento.	Aumentar a pressão de sujeição. Trocar a matriz ou o punção.
Ferramentaria, conservação.	Estrias de embutimento.	Desgaste da ferramenta e chapa oxidada.	Fazer tratamento de superfície para endurecer as arestas da matriz. Melhorar o processo de decapagem. Melhorar as condições de lubrificação.
Conservação, ferramentaria.	Pregas e trincas na aba.	Folga de embutimento muito larga, ou arredondamento muito grande das arestas de embutimento.	Trocar a matriz.
Conservação, ferramentaria.	Ampolas no fundo. Às vezes abaulamento no fundo.	Má aeração.	Melhorar a saída do ar, distribuindo melhor o lubrificante.
Conservação, ferramentaria.	Relevos de um só lado nas rupturas do fundo.	Posição excêntrica do punção em relação à matriz de embutimento.	Soltar a sujeição da ferramenta e centrar a matriz corretamente com relação ao punção.
Conservação, ferramentaria.	Formação de pregas na aba.	Pressão de sujeição insuficiente.	Aumentar a pressão do sujeitador.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

4. Responda às seguintes perguntas.
- O que é estampagem profunda?
 - O que acontece com a chapa metálica na estampagem profunda?
5. Assinale **V** ou **F** conforme as sentenças indiquem ou não defeitos de estampagem originados pelo projeto ou construção da matriz.
- Pregas transversais.
 - Furos alongados.
 - Desprendimento do fundo.
 - Trincas no fundo.
 - Diferenças de espessura na chapa.
 - Ruptura do fundo.
 - Formato abaulado.
 - Estria de embutimento.
6. Indique a origem dos defeitos onde você assinalou F.
7. Cite abaixo os nomes de produtos que estão em sua casa ou no teleposto e que foram fabricados por:
- Corte.....
 - Dobramento.....
 - Estampagem profunda
8. Relacione os defeitos com sua origem.
- | Coluna A | Coluna B |
|---|-------------------------------------|
| a) <input type="checkbox"/> Pregas, trincas na aba, estrias de embutimento. | 1. Chapa. |
| b) <input type="checkbox"/> Ruptura ou desprendimento do fundo. | 2. Projeto ou construção da matriz. |
| c) <input type="checkbox"/> Diferenças de espessura. | 3. Projeto ou ferramentaria. |
| d) <input type="checkbox"/> Trincas no fundo, principalmente em peças. | 4. Conservação, ferramentaria. |
| e) <input type="checkbox"/> Estrias de embutimento | |

Gabarito

1. a) (2) b) (3)
2. a) (4) b) (5) c) (3) d) (2)
3. a) Cisalhamento
b) punção de corte, matriz, prensa
c) rebarbação
4. a) É a operação na qual a peça é conformada com o auxílio de estampos de dobramento.
b) Por causa da elasticidade do material.
c) É a região interna do material que não sofre nenhum efeito dos esforços de tração e compressão.
d) Tipos do material usado, espessura da peça e do sentido de laminação da chapa.
e) Cantos vivos, raios pequenos.
5. a) É um processo de conformação mecânica de chapas planas no formato de um copo.
b) A chapa sofre alongamento em ao menos uma direção e compressão em outra direção.
6. a) (F) b) (F) c) (V) d) (V)
e) (F) f) (V) g) (V) h) (F)
7. a) Inclusões na chapa.
b) Poros finos ou corpos estranhos duros que penetram na chapa ao estampar.
c) Aba de largura irregular, formação de gretas entre as regiões de diferentes espessuras.
d) Desgaste da ferramenta e chapa oxidada.
8. a) Tampa de exaustor, moldura de janela (alumínio).
b) Talheres, tampas de vasilhames, cantoneiras.
c) Copos, componentes de compressor de geladeira, canecas.
9. a) (4) b) (2) c) (1)
d) (3) e) (4)

Conformação mecânica combina com... automação

Você certamente já assistiu a alguns filmes de ficção científica onde se mostrava a sala de controle de naves espaciais. Sim, aquelas mesmas que, segundo a imaginação e os efeitos especiais criados pelos produtores, cruzarão o universo daqui a alguns séculos, perseguindo ou sendo perseguidas pelos mais variados tipos de bandidos interplanetários. Faça um esforço de memória. Lembra-se das paredes forradas de telas de computadores com gráficos, figuras e números que não acabavam mais? E daquela infinidade de botões, chaves e luzes de tudo que é cor?

Pois bem, em algumas instalações industriais atuais, ainda em pleno século XX, você vai encontrar salas de controle bastante semelhantes àquelas dos filmes. E elas estão nas usinas hidrelétricas, nucleares e siderúrgicas, nas indústrias petroquímicas...

Dessas salas, um ou alguns técnicos observam o funcionamento de toda a instalação. Nesta tarefa contam com o inestimável auxílio de vários computadores. Essas salas de controle, no entanto, nem sempre foram tão sofisticadas. Nem sempre contaram com computadores. É que, com o passar dos anos, a inteligência humana aliada às necessidades do mercado consumidor fizeram surgir uma série de aparelhos, máquinas e equipamentos destinados a aumentar a produtividade das indústrias e a qualidade dos produtos.

Assim, algumas instalações industriais e fábricas acabaram se tornando complicadas demais para serem supervisionadas pelos métodos convencionais. Imagine um técnico de óculos, avental branco e prancheta na mão andando pela fábrica e anotando a pressão de um manômetro aqui, a temperatura de um termômetro

ali. Abrindo uma válvula mais adiante ou desligando um motor elétrico numa outra seção. Fácil, não? Agora imagine 50 manômetros, 40 termômetros, 120 válvulas e 80 motores elétricos. E todas as operações descritas acima tendo que ser repetidas a cada hora. É, se conseguisse dar conta de um dia de serviço, esse mesmo técnico teria pesadelos com manômetros, motores e tudo o mais pelo resto de sua vida.

Você que é esperto até já percebeu onde queremos chegar, não é mesmo, caro aluno? Pois então, o objetivo desta aula é justamente mostrar que os sistemas de automação se combinam muito bem com os processos de conformação mecânica. Confira.

E outra vez o computador

Ao aumentar o número de variáveis a serem controladas não restou ao homem outra opção além da automação e... é, já adivinhou... Ele mesmo, o computador.

No tipo de instalação de que estamos tratando aqui, os computadores estão organizados de uma forma hierárquica. É como numa empresa onde temos o diretor, o gerente, o supervisor e o operário, cada um deles com uma determinada tarefa e interligados uns aos outros por meio de relações de subordinação.

No mundo da automação, também há computadores que dão ordens a outros, numa cadeia com tantos níveis quanto for o tamanho da complexidade daquilo que se pretende automatizar. Nos níveis mais baixos dessa pirâmide, encontramos os computadores que “põem a mão na massa”, ou seja, que estão ligados diretamente às máquinas e equipamentos. Esses computadores são chamados de CLPs - controladores lógico programáveis, ou simplesmente CP - controladores programáveis.

Dessa forma, tudo o que é detectado pelos sensores de pressão, temperatura, velocidade e quaisquer outras variáveis que precisarem ser controladas, é levado à sala de controle através de cabos elétricos. Os computadores analisam essas informações, compa-

ram com o que é desejado pelos técnicos e enviam ordens, também através de cabos elétricos, para motores e válvulas. Ao homem resta verificar se tudo está correndo conforme o previsto e intervir no sistema quando alguma coisa foge ao controle dos próprios computadores. É o caso da quebra de equipamentos, quando então as equipes de manutenção devem ser acionadas.

Laminação rima com automação

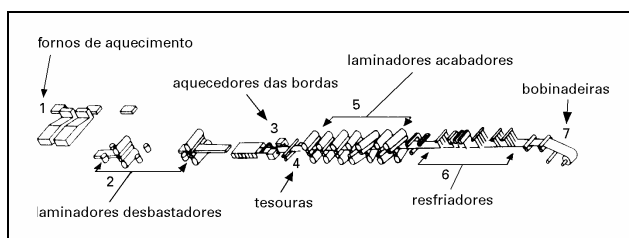
Uma das instalações industriais que atualmente encontra-se bastante automatizada é aquela destinada a laminar metais. A automação neste tipo de indústria tem os seguintes objetivos:

- Aumentar a precisão da largura e da espessura das chapas e placas metálicas.
- Melhorar a planeza e a rugosidade superficial.
- Melhorar as propriedades mecânicas dos materiais laminados.
- Diversificar os materiais laminados em termos de dimensões e composição química.

A instalação consta das seguintes seções:

1. Fornos de recozimento.
2. Laminadores de desbaste.
3. Aquecedores.
4. Cortadores laterais.
5. Laminadores de acabamento.
6. Resfriadores da tira metálica.
7. Bobinadeira.

O leiaute desse tipo de linha de laminação automatizada é mostrado na figura a seguir.



Pelos nomes, você pode perceber que as seções não são diferentes das de uma instalação de laminação comum. A grande diferença está no modo como as sessões são controladas. Para controlar as variáveis que influem nos objetivos visados pela automação, um grande número de sensores e atuadores está espalhado ao longo da linha de laminação.

Existem sistemas óticos, baseados em câmeras digitais ou raio laser, tanto nos laminadores de desbaste como nos de acabamento, que medem a largura e a espessura da tira metálica. Essas informações são enviadas aos computadores.

Também são medidas a temperatura da tira metálica (quando a laminação é feita a quente), a força que os cilindros de laminação exercem sobre a tira, bem como as velocidades desses cilindros. Para cada uma dessas variáveis - temperatura, força, velocidade - deve existir um tipo específico de sensor. Assim, os pirômetros vão medir as temperaturas, as células de carga vão medir as forças e os tacogeradores, as velocidades dos cilindros de laminação.

Todas essas informações são transformadas em sinais elétricos (tensão e corrente elétrica) e enviadas a um ou mais computadores. Neles existem programas que, na verdade, são receitas de como deve funcionar uma linha de laminação. O computador verifica, de acordo com as informações recebidas dos sensores, se o que está acontecendo na fábrica está de acordo com o previsto na "receita". Caso alguma coisa não esteja correndo bem, o computador irá enviar ordens para os atuadores.

Se os sensores são os olhos, os atuadores são os braços do computador. São os atuadores que vão agir na fábrica de modo que corrija os desvios entre o que era esperado e o que está ocorrendo na realidade. Numa laminação, os principais atuadores são os motores elétricos e os motores hidráulicos. Eles são responsáveis pela força que os cilindros de laminação exercem sobre a tira de metal, bem como pela velocidade com que a tira metálica percorre toda a linha.

Na laminação a quente uma variável adicional se faz presente: a temperatura da tira metálica. Ela influi na estrutura cristalina do metal e, conseqüentemente, em suas propriedades mecânicas. Assim, é necessário controlar as temperaturas medindo-as através dos pirômetros e atuando nos aquecedores de indução.

Como você já deve ter observado, não é uma tarefa fácil automatizar uma linha de laminação. Existem muitas variáveis que interferem no processo e influem na qualidade do produto final. Além disso, essas variáveis estão relacionadas umas às outras. Alteramos uma e acabamos mudando outras. É como aquele antibiótico que cura uma infecção na garganta mas acaba por atacar o estômago.

Para lidar com esses vários efeitos e na velocidade em que ocorrem, tanto os computadores propriamente ditos como os programas de controle devem ser eficientes e confiáveis. Eventuais falhas podem pôr em risco a vida dos funcionários ou causar prejuízos em máquinas e instalações. Assim, é comum neste tipo de instalação existirem vários computadores com a mesma função. Se um deles eventualmente falha, os outros continuam a desempenhar a tarefa programada sem que a fábrica sofra qualquer tipo de interrupção.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Responda às seguintes perguntas.
 - a) O que é CLP?
 - b) Quais os objetivos da automação na laminação de metais?
 - c) Quais são as variáveis controladas em uma linha de laminação?
 - d) Se o controle de vários equipamentos de uma fábrica fica a cargo de computadores, que cuidado deve ser tomado para o caso de uma eventual falha?

Dobrando, cortando e forjando automaticamente

Já vimos, em outra parte desta aula, que os computadores ligados diretamente às máquinas e equipamentos são aqueles chamados de controladores programáveis. Embora de forma não tão acentuada, os controles numéricos também já aparecem automatizando máquinas destinadas a outros processos de conformação mecânica dos metais. Isso significa que é possível automatizar também operações de dobramento, corte e estampagem. É o caso das **prensas dobradeiras**, das **puncionadeiras** e das **prensas hidráulicas e mecânicas**.

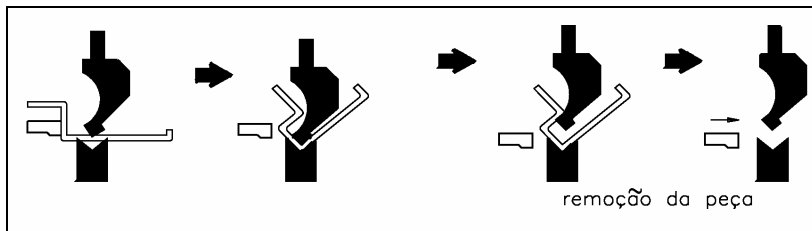
Embora ainda bastante raras na indústria nacional, as prensas dobradeiras controladas por computador permitem a fabricação de peças de geometria complicada em tempos reduzidos quando comparados aos processos convencionais. Com prensas convencionais, para se produzir uma peça com muitas dobras, ou muitos vincos, como se costuma dizer, é necessário ajustar a máquina várias vezes, praticamente a cada dobra. Para se evitar esse problema, costuma-se, então, usar várias prensas, uma para cada operação. Assim, são necessárias várias máquinas e seus respectivos operadores para fazer o que uma máquina controlada por computador pode fazer sozinha.

As prensas dobradeiras comandadas por computador permitem a fabricação completa de uma peça por vez, porque após cada dobra, é capaz de ajustar-se automaticamente para a dobra seguinte. Este tipo de máquina pode ser visto na figura a seguir.

Essa prensa dobradeira conta com uma série de motores elétricos e cilindros pneumáticos e hidráulicos. Estes motores e cilindros são chamados de atuadores, pois exercem uma determinada ação sobre uma parte qualquer da máquina. Cada um desses atuadores é responsável por um movimento da máquina.



O programador da máquina tem a tarefa de “ensinar-lhe” a seqüência de passos, ou seja o programa, necessários à obtenção de uma peça, como, por exemplo, a seqüência mostrada na ilustração a seguir.

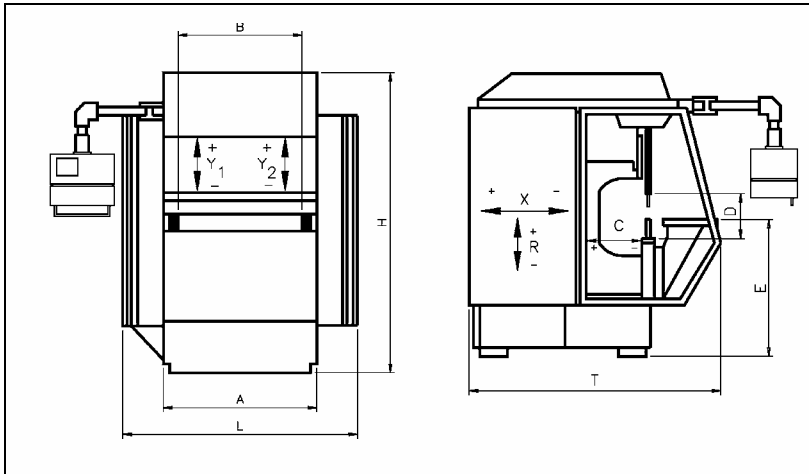


Um programa é composto por uma série de instruções formadas por códigos que o computador é capaz de entender e que são introduzidos em sua memória pelo teclado. Alguns computadores, ou comandos numéricos, para usar o termo mais conhecido na indústria, dispõem de maneiras mais simples para a elaboração de programas. Eles mostram, na tela, pequenos desenhos com os tipos de dobras que podem ser feitas. O programador só precisa, então, selecionar quais dobras são necessárias para a fabricação da peça e em que seqüência elas deverão ocorrer. Além disso, para alguns comandos numéricos, informa-se no programa o tipo de material a ser dobrado e a espessura da chapa. Com esses dados, o comando é capaz de selecionar a pressão adequada que o punção deverá exercer sobre a chapa de modo que se obtenha a dobra desejada.

Antes de executar o programa de dobramento da peça na própria máquina, o programador pode observar graficamente, na tela do computador, a seqüência de passos programados. Isto é chamado de simulação do programa. A simulação ajuda na correção de erros, reduzindo-se, assim, a obtenção de peças fora das características desejadas. Além disso, a simulação ajuda a prevenir acidentes durante a operação automática do equipamento.

De acordo com o programa, o comando numérico envia “ordens” aos atuadores da máquina. Estas ordens, na verdade, são sinais elétricos que fazem um motor girar de um certo ângulo ou um cilindro pneumático efetuar um determinado deslocamento.

Uma dobradeira comandada por computador apresenta, como já dissemos, vários atuadores. O movimento associado a um atuador é chamado de eixo e a ele atribui-se uma letra. Na figura a seguir, temos uma vista esquemática de uma prensa dobradeira mostrando seus vários eixos.



Temos, assim, a seguinte relação entre os nomes dos eixos e os respectivos movimentos:

⇒ I - Movimento horizontal da matriz.

⇒ Y1 e Y2 - Movimentos de compensação vertical do punção de modo que se produza dobras assimétricas ou corrija defeitos em dobras.

⇒ X - Movimento horizontal dos encostos ou posicionadores da chapa.

⇒ R - Movimento vertical dos encostos ou posicionadores da chapa.

Antes da produção de cada dobra, os componentes da máquina deverão assumir uma determinada posição. O operador, então, introduz a chapa a ser dobrada entre o punção e a matriz e pressiona um pedal que está ligado ao comando numérico. O passo correspondente do programa é executado, o punção desce e a dobra é feita. Após a retirada da chapa, os componentes da má-

quina assumem uma nova posição. O processo se repete para cada nova dobra até o final do programa. O operador pode acompanhar, através de um desenho mostrado na tela do comando numérico, qual a operação seguinte do programa.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

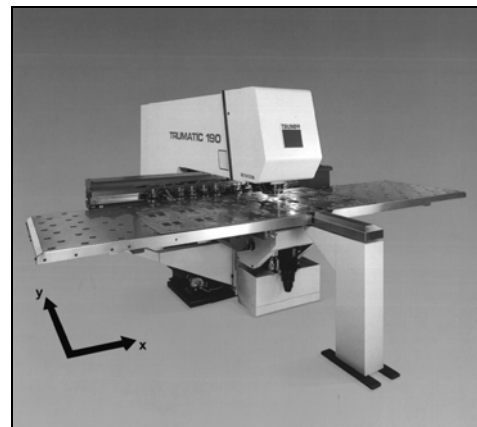
2. Responda às seguintes questões:

- a) Cite uma vantagem que as prensas dobradeiras controladas por computador apresentam em relação às prensas convencionais.
- b) No que consiste o programa de uma prensa dobradeira controlada por computador?
- c) Por que é importante simular o programa de dobramento antes de executá-lo na máquina?
- d) Explique, de forma resumida, como o programa de dobramento é executado na máquina.

Cortando automaticamente

Máquinas de comando numérico também podem executar operações de corte. Um tipo de puncionadeira comandada dessa forma pode ser visto na ilustração a seguir.

A mesa da máquina é fixa e sobre ela são encaixadas esferas chamadas de esferas transferidoras. A chapa a ser trabalhada é colocada sobre essas esferas, de forma que, quando for movimentada, o atrito seja pequeno. Junto à coluna da máquina existe o arrastador de chapa. O arrastador é um conjunto mecânico que prende uma das bordas da chapa por meio de garras e pode se movimentar segundo os eixos X e Y, mostrados na ilustração.

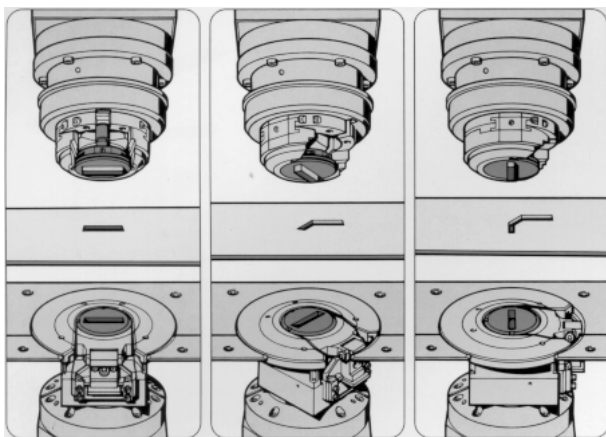


Estes movimentos, realizados por motores elétricos de acordo com o programa do comando numérico, fazem com que a chapa possa ser puxada ou empurrada sobre as esferas transferidoras ao longo de toda a mesa da máquina.

A uma certa distância da coluna da máquina e acima da mesa, existe o cabeçote, no qual está montado o pistão hidráulico. Na extremidade deste pistão hidráulico, será montado o punção da ferramenta. Na mesa, abaixo da chapa e na mesma posição do cabeçote, existe um alojamento onde será encaixada a matriz da ferramenta.

A puncionadeira pode trabalhar com várias ferramentas, cada uma das quais destinada a produzir na chapa uma determinada forma, cortando-a ou deformando-a. Um exemplo de ferramenta utilizada nas puncionadeiras pode ser visto na ilustração a seguir, que mostra três momentos do processo de corte da chapa realizado com a mesma ferramenta.

A ferramenta mostrada é especial pois pode girar de modo que execute cortes em ângulos diferentes. Além disso, necessita de uma máquina capaz de girá-la de acordo com o ângulo programado. Normalmente, no entanto, as ferramentas contêm punções e matrizes fixos. As ferramentas são presas ao porta-ferramentas que se encontra no arrastador de chapa. O conjunto de porta-ferramentas é denominado de magazine. Um magazine pode conter várias ferramentas.



Após uma determinada ferramenta efetuar sua operação, ela deve ser substituída pela ferramenta seguinte, de acordo com o programa executado pelo comando numérico.

Para realizar a troca de uma ferramenta por outra, o arrastador de chapa no qual está fixado o magazine de ferramentas desloca-se até o cabeçote da máquina. O porta-ferramentas vazio do magazine, correspondente à ferramenta que está presa no cabeçote, encaixa-se nela e, com o auxílio de dispositivos mecânicos, pneumáticos ou hidráulicos, dependendo do tipo de máquina, retira, ao mesmo tempo, o punção, do cabeçote e a matriz, da mesa. Em seguida, o magazine afasta-se ligeiramente do cabeçote e desloca-se de modo que posicione a ferramenta seguinte. Fixa-se, então, de modo semelhante, o punção no cabeçote e a matriz na mesa.

Agora, com a nova ferramenta já fixada, a chapa pode ser arrastada para as posições programadas e, por meio de movimentos sucessivos do pistão hidráulico, dar continuidade às operações de corte, dobra ou repuxo de acordo com as características da ferramenta utilizada.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Numa puncionadeira controlada por computador, como a chapa é movimentada ?
 - b) O que é o “magazine” de uma puncionadeira controlada por computador?
 - c) Qual a vantagem de uma ferramenta giratória, como a mostrada na última ilustração, em relação à uma ferramenta fixa?
 - d) Descreva, resumidamente, como é feita a troca de uma ferramenta por outra numa puncionadeira.

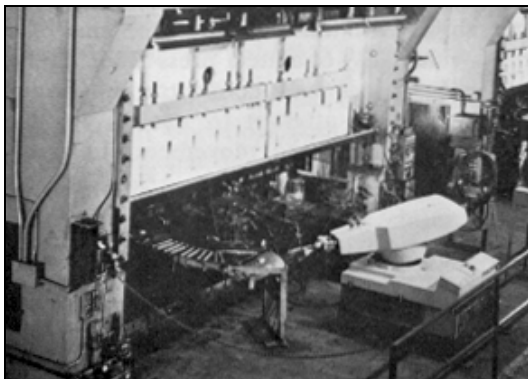
Forjando automaticamente

Além das prensas dobradeiras e puncionadeiras, as prensas mecânicas e hidráulicas destinadas à operações de conformação mecânica a frio e a quente também podem ser automatizadas. A complexidade dessa automação é bastante variável, dependendo da flexibilidade e do grau de independência em relação ao trabalho humano que se deseja para o processo.

As formas mais simples de automação de prensas contam unicamente com sistemas de alimentação da chapa que trabalham de maneira conjunta com a operação normal da máquina. Assim, entre um curso e outro do martelo da prensa, a chapa metálica é alimentada a partir de uma bobina e o retalho da chapa é recolhido em outra, numa operação seqüencial e repetitiva. Quando se trata de conformar peças a partir de chapas isoladas, pode-se utilizar manipuladores elétricos ou pneumáticos para carregar a máquina e, após a operação, retirar a peça acabada, depositando-a numa esteira transportadora, por exemplo.

A flexibilidade do processo aumenta quando se utiliza os chamados robôs industriais para carregar e descarregar a máquina. É o que vemos na ilustração a seguir.

Esses robôs, por intermédio de mudanças nos programas responsáveis pelos seus movimentos, são capazes de se adaptar a uma grande variedade de peças a serem manuseadas. Além disso, não estão sujeitos, como o homem, à fadiga e à maior probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho ocasionados por tarefas repetitivas.



Nas operações de deformação a quente, como no forjamento, por exemplo, os robôs mostram-se ainda mais úteis, pois substituem o homem em operações onde a exposição constante a altas temperaturas constituem um fator de risco à saúde humana.

Quanto à prensa em si, a utilização dos comandos numéricos permite a automação de vários dos movimentos e ajustes que nas máquinas convencionais são executados manualmente. Assim, pode-se automatizar, por exemplo, a regulagem de posicionamento das matrizes e punções, os cursos e a pressão dos martelos e os sistemas de lubrificação. Dessa forma, reduz-se o tempo gasto na preparação das máquinas e na correção das falhas do equipamento.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

4. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Cite duas características de uma prensa hidráulica que podem ser automatizadas.
 - b) Quais as vantagens de se utilizar robôs para carregar e descarregar prensas?

Gabarito

1.
 - a) Controlador lógico programável.
 - b) Aumentar a precisão das dimensões de chapas e placas metálicas...
 - c) Temperatura, força, velocidade.
 - d) É necessário a instalação de vários computadores com mesma função.

2.
 - a) Permitem a fabricação de peças geometricamente complicada em tempos reduzidos, fabricação completa de uma peça por vez, ajusta-se automaticamente para a operação seguinte.
 - b) Consiste de vários atuadores que programam os movimentos
I = Horizontal da matriz
Y1, Y2 = de compensação vertical
X = horizontal dos encostos
R = vertical dos encostos
 - c) Ajuda a prevenir na correção de erros e a prevenir acidentes durante a operação automática do equipamento.
 - d) - A chapa é introduzida entre o punção e a matriz.
- O pedal de comando é acionado.
- O punção faz a dobra e a chapa é retirada.
- O processo se repete para nova dobra.

3.
 - a) Por meio de esferas transferidoras.
 - b) É o porta-ferramentas.
 - c) Permite trabalhar com várias ferramentas destinada a produzir na chapa determinadas formas.
 - d) O arrastador desloca-se, o porta-ferramentas vazio encaixa-se na ferramenta e afasta-se e desloca-se de modo a posicionar a ferramenta seguinte.

4.
 - a) Executam operações de conformação mecânica a frio e a quente.
 - b) Não estão sujeitas à fadiga como o homem e possibilidade de acidentes provocados por tarefas repetitivas, possibilitando maior flexibilidade na adaptação à grande variedade de peças ao serem manuseadas.

A soldagem está intimamente ligada às mais importantes atividades industriais que existem no mundo moderno: construção naval, ferroviária, aeronáutica e automobilística, caldeiraria, construção civil metálica, indústria metalúrgica, mecânica e elétrica. Na verdade, é rara, se é que existe, a indústria que pode prescindir da soldagem como processo de produção ou de manutenção.

A soldagem como técnica e o conhecimento tecnológico a ela relacionado estão estreitamente ligados ao avanço das ciências como a física, a química, a eletricidade e a eletrônica. Avanços na metalurgia também obrigam a soldagem a procurar novas técnicas e materiais que sejam compatíveis com as novas ligas criadas. Portanto, é um processo que, apesar de importantíssimo, teve seu maior avanço nos últimos 100 anos.

Então, ter conhecimento profundo sobre soldagem implica em ter conhecimentos sobre diversas áreas como a metalurgia, a mecânica, a eletrotécnica, a eletrônica, a resistência dos materiais e ciências como a física e a química, que já citamos.

Não, caro aluno, não se assuste! As aulas de soldagem deste curso não têm o objetivo de ir assim tão fundo. Aqui, vamos abordar os principais processos, seus materiais e técnicas, de modo que você possa ter uma boa idéia da importância deles no contexto de indústria metal-mecânica.

Serão nove aulas que desafiarão sua curiosidade e inteligência. Se você gostar e quiser saber mais, o primeiro empurrão já terá sido dado. O resto, é com você!

O que é soldagem?

Na verdade, existem muitas definições de soldagem. Poderíamos apresentar várias delas aqui, mas os autores sempre acabam discordando entre si em um ponto ou outro. Por isso, escolhemos apenas uma: aquela que achamos a mais abrangente (ou ampla) de todas. É a definição da Associação Americana de Soldagem (American Welding Society - AWS), segundo a qual, **soldagem** é o “processo de união de materiais usado para obter a coalescência (união) localizada de metais e não-metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição” (in **Tecnologia da soldagem** de Paulo Villani Marques, pág 352).

Está difícil? Vamos explicar. Com a soldagem, você pode unir dois pedaços de material, usando calor com ou sem pressão. Nesse processo, você pode (ou não) ter a ajuda de um terceiro material, que vai funcionar como uma espécie de “cola”, que chamamos o material de adição. Fácil, não?

“Que vantagem! Eu posso unir dois materiais parafusando, rebitando, colando!” Se você está pensando assim, tem até razão. Em parte... Esses métodos realmente servem para unir materiais. Porém, a grande “sacada” da soldagem é a possibilidade de obter uma união em que os materiais têm uma continuidade não só na aparência externa, mas também nas suas características e propriedades mecânicas e químicas, relacionadas à sua estrutura interna.

Embora se possa empregar técnicas de soldagem para vidro e plástico, por exemplo, vamos manter nossa atenção voltada para os processos de soldagem das ligas metálicas, já que o foco de nosso estudo consiste nos processos de fabricação para a indústria metal-mecânica. E porque lidamos com metais, é necessário lembrar que há condições imprescindíveis para se obter uma solda: **calor** e/ou **pressão**.

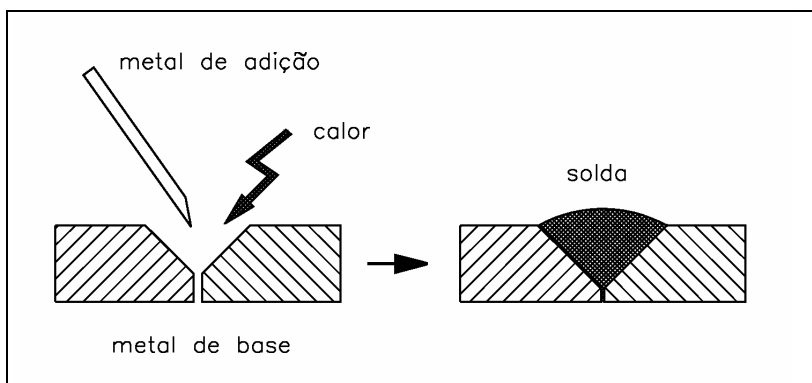
O calor é necessário porque grande parte dos processos de soldagem envolve a **fusão** dos materiais, ou do material de adição,

no local da solda. Mesmo quando se usa **pressão** e, às vezes, o ponto de fusão não é atingido, o aquecimento facilita a plasticidade do metal e favorece a ação da pressão para a união dos metais.

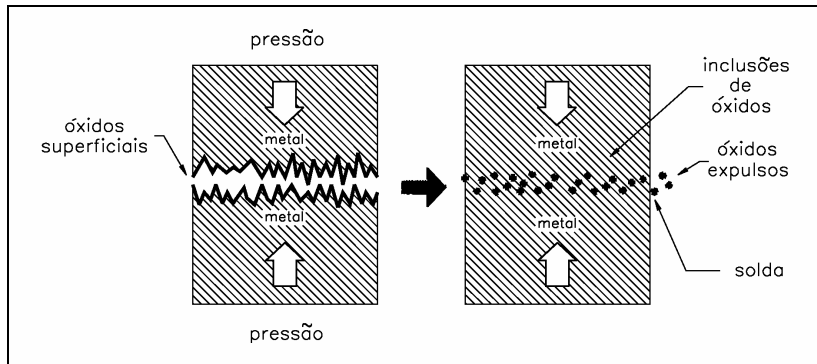
O primeiro processo de soldagem por fusão com aplicação prática foi patenteado nos Estados Unidos em 1885. Ele utilizava o calor gerado por um arco estabelecido entre um eletrodo de carvão e a peça. O calor do arco fundia o metal no local da junta e quando o arco era retirado, o calor fluía para as zonas adjacentes e provocava a solidificação do banho de fusão.

Uma nova e significativa evolução aconteceu nesse processo alguns anos mais tarde, quando o eletrodo de carvão foi substituído por um eletrodo metálico. O processo de aquecimento passou, então, a ser acompanhado da deposição do metal fundido do eletrodo metálico na peça.

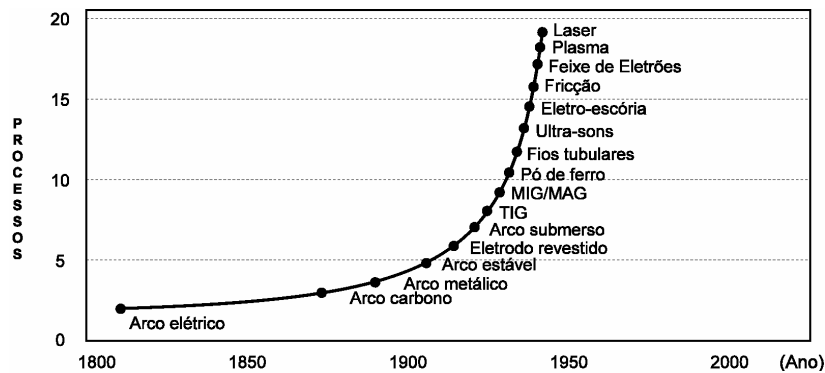
A utilização do oxigênio e de um gás combustível permitiu a obtenção de chama de elevada temperatura que permitiu a fusão localizada de determinados metais e a formação de um banho de fusão que, ao solidificar, forma a “ponte” entre as peças a serem unidas. A soldagem por fusão inclui a maioria dos processos mais versáteis usados atualmente. Veja representação esquemática desse processo na ilustração ao lado.



Outros processos se baseiam na aplicação de pressões elevadas na região a ser soldada. O aquecimento das peças a serem unidas facilita a ligação entre as partes.



A evolução desses processos está ilustrada a seguir.



Adaptado de: Processos de Soldadura por J. F. Oliveira Santos, Lisboa, Edições Técnicas do Instituto de Soldadura e Qualidade, 1993

Hoje a soldagem é o método mais importante para a união permanente de metais. Neste módulo, você vai estudar **os princípios básicos** de alguns dos processos. O aprofundamento desse conhecimento vai depender do seu grau de interesse. Se você quiser saber mais, é só consultar a bibliografia que está no final deste livro.

Solução sólida é a mistura completa dos átomos de dois metais, ou de um metal e um não-metal, que acontece quando os metais estão no estado líquido e continua a existir quando eles se solidificam.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Diga, com suas palavras, o que você entende por soldagem.
 - b) De acordo com o que você leu nesta primeira parte da lição, cite ao menos duas vantagens da soldagem.
 - c) Observe as coisas ao seu redor e dê o nome de ao menos três produtos que você usa diariamente e que sejam soldados.

Soldabilidade

Para obter a solda, não basta apenas colocar duas peças metálicas próximas, aplicar calor com ou sem pressão. Para que a soldagem realmente se realize, os metais a serem unidos devem ter uma propriedade imprescindível: a **soldabilidade**.

Soldabilidade é a facilidade que os materiais têm de se unirem por meio de soldagem e de formarem uma série contínua de soluções sólidas coesas, mantendo as propriedades mecânicas dos materiais originais.

O principal fator que afeta a soldabilidade dos materiais é a sua composição química. Outro fator importante é a capacidade de formar a série contínua de soluções sólidas entre um metal e outro. Assim, devemos saber como as diferentes ligas metálicas se comportam diante dos diversos processos de soldagem.

É preciso saber que, em se tratando de soldagem, cada tipo de material exige maior ou menor cuidado para que se obtenha um solda de boa qualidade.

Se o material a ser soldado exigir muitos cuidados, tais como controle de temperatura de aquecimento e de interpasse, ou tratamento térmico após soldagem, por exemplo, dizemos que

o material tem baixa soldabilidade. Por outro lado, se o material exigir poucos cuidados, dizemos que o material tem boa soldabilidade. O quadro a seguir resume o grau de soldabilidade de alguns dos materiais metálicos mais usados na indústria mecânica.

Materiais	Soldabilidade			
	Ótima	Boa	Regular	Difícil
Aço baixo carbono	X			
Aço médio carbono		X	X	
Aço alto carbono				X
Aço inox	X	X		
Aços-liga			X	
Ferro fundido cinzento			X	
Ferro fundido maleável e nodular			X	
Ferro fundido branco				X
Liga de alumínio		X		
Liga de cobre		X		

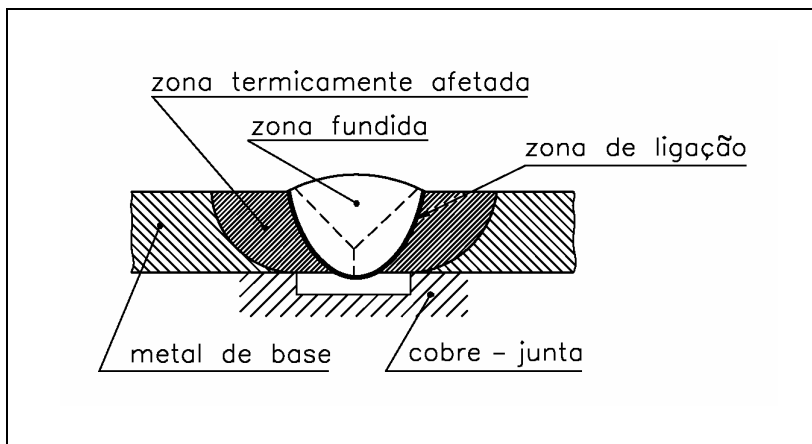
Como se vê, a soldabilidade mútua dos metais varia de um material metálico para outro, de modo que as juntas soldadas nem sempre apresentam as características mecânicas desejáveis para determinada aplicação.

Metalurgia da solda

O simples fato de se usar calor nos processos de soldagem implica em alterações na microestrutura do material metálico. Na verdade, na maioria dos casos, a soldagem reproduz no local da solda os mesmos fenômenos que ocorrem durante um processo de fundição. Ou seja, do ponto de vista da estrutura metalográfica, o material apresenta características de metal fundido.

Por isso, não podemos nos esquecer de que, às vezes, o metal após sofrer aquecimento, tem suas características mecânicas afetadas. Assim, a junta soldada pode se tornar relativamente frágil. Na zona afetada termicamente, a estrutura do metal pode ser modificada pelo aquecimento e rápido resfriamento durante o processo de soldagem. A composição química fica, entretanto, praticamente inalterada.

Dependendo do processo de soldagem que se use, e da natureza dos metais que estão sendo soldados, teremos um maior ou menor tamanho da zona afetada termicamente. Por exemplo, na soldagem manual ao arco com eletrodos revestidos finos, a zona afetada termicamente é menor do que na soldagem a gás. É nessa zona que uma série de fenômenos metalúrgicos ocorrem.



Na região próxima à junta soldada, está a **zona de ligação**, na qual se observa uma transição entre a estrutura do metal fundido e a do metal de base.

Próximo a essa faixa, está a **zona afetada termicamente** na qual o metal é superaquecido de modo que haja um aumento do tamanho do grão e, portanto, uma alteração das propriedades do material. Essa faixa é normalmente a mais frágil da junta soldada.

À medida que aumenta a distância da zona fundida, praticamente não há diferenças na estrutura do material porque as temperaturas são menores.

Pare! Estude! Responda!

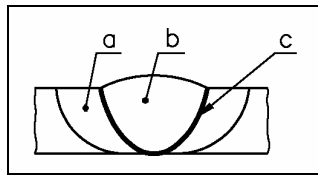
Exercício

2. Assinale as alternativas corretas.

a) Para realizar uma boa soldagem, deve-se:

1. () Colocar as peças juntas e aplicar calor.
2. () Usinar o material antes de soldar.
3. () Verificar a soldabilidade dos materiais antes de realizar a solda.
4. () Pintar os locais a serem soldados.

b) Na ilustração a seguir, as regiões assinaladas são:



1. () zona de ligação (a), zona fundida (b), zona afetada termicamente (c)
2. () zona afetada termicamente (a), zona do metal base (b), zona de união (c)
3. () zona de adição (a), zona de solda (b), zona de metal base (c).
4. () zona afetada termicamente (a), zona fundida (b), zona de ligação (c).

Segurança em primeiro lugar

Os principais riscos das operações de soldagem são: incêndios e explosões, queimaduras, choque elétrico, inalação de fumos e gases nocivos e radiação.

Do ponto de vista do soldador que utiliza o equipamento de soldagem, este deve proteger-se contra perigos das queimaduras provocadas por fagulhas, respingos de material fundido e partículas aquecidas. Deve se proteger, também, dos choques elétricos e das radiações de luz visível ou invisível (raios infravermelhos e

ultravioleta) sempre presentes nos diversos processos de soldagem.

Assim, quando estiver operando um equipamento, ou seja, durante a soldagem, o operador deve proteger:

- as mãos, com luvas feitas com raspas de couro;
- o tronco, com um avental de raspa de couro, ou aluminizado;



- os braços e os ombros com mangas e ombreiras também feitas de raspas de couro;
- a cabeça e o pescoço, protegidos por uma touca;
- os pés e as pernas, com botinas de segurança providas de biqueira de aço e perneiras com polainas que, ao cobrir o peito dos pés, protegem contra fagulhas ou respingos que possam entrar pelas aberturas existentes nas botinas.
- dependendo do processo de soldagem, o rosto deve ser protegido com máscaras ou escudos de proteção facial dotados de lentes que filtram as radiações infravermelhas e ultravioleta, além de atenuar a intensidade luminosa. No processo oxiacetilênico, usam-se, para esse mesmo fim, óculos com lentes escuras ao invés de máscara;
- as vias respiratórias, com máscaras providas de filtros, toda a vez que se trabalhar em locais confinados ou com metais que geram vapores tóxicos como o chumbo e o mercúrio.

As roupas do soldador devem ser de tecido não inflamável, e devem estar sempre limpas, secas e isentas de graxa e óleo para evitar que peguem fogo com facilidade.

Além desses cuidados com a proteção individual, o operador deve ficar sempre atento para evitar acidentes que podem ocorrer

no armazenamento, no uso e no manuseio do equipamento. Para isso, algumas precauções devem ser tomadas:

- Manter o local de trabalho sempre limpo.
- Retirar todo o material inflamável do local de trabalho antes de iniciar a soldagem.
- Manter o local de trabalho bem ventilado.
- Restringir o acesso de pessoas estranhas ao local da soldagem, isolando-o por meio de biombos.
- Usar sempre o equipamento de proteção individual.

Finalmente, deve-se também cuidar para que o trabalho do soldador não seja prejudicado pela fadiga. Além de aumentar a possibilidade de haver um acidente, a fadiga causa a baixa qualidade da solda e baixos níveis de produção. Para superar esse fator, as seguintes providências devem ser tomadas:

1. Posicionar a peça a ser soldada de modo que a soldagem seja executada na posição plana, sempre que possível.
2. Usar o menor tamanho possível de maçarico/tocha adequado à junta que se quer soldar.
3. Usar luvas leves e flexíveis.
4. Usar máscaras com lentes adequadas que propiciem boa visibilidade e proteção.
5. Garantir ventilação adequada.
6. Providenciar ajuda adicional para a realização de operações como limpeza e goivagem.
7. Colocar as mesas de trabalho e os gabaritos de modo que o soldador possa se sentar durante a soldagem.

Nossa primeira aula sobre soldagem termina aqui. Foi apenas uma introdução geral ao assunto. Nas próximas aulas, trataremos de processos específicos com mais detalhes. Por enquanto, faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Responda às seguintes questões.
- a) Com base no que você estudou nesta aula sobre a soldagem, escreva que tipos de riscos de acidentes você imagina que um soldador pode sofrer?
 - b) Com base em sua resposta anterior, justifique o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI).

Gabarito

1. a) É um processo utilizado para unir peças, materiais e elementos de máquinas (metais e não metais) com ou sem material de adição.
b) Melhor aparência a diversidade de recursos com a possibilidade de se obter uma união em que os materiais não sofram a alteração em sua estrutura.
c) Lata porta-lápis – compasso externo – estrutura de aço da escrivaninha.
2. a) 3) (x) b) 4) (x)
3. a) Queimaduras, choques elétricos, radiações de luz.
b) Luvas de couro, avental de raspa de couro ou aluminizado, perneiras com polainas, máscara, ombreiras etc.

O gás veio para fundir

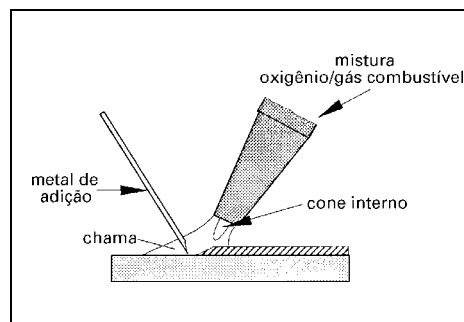
A soldagem como processo de fabricação só passou a ser usada efetivamente após o início da Primeira Guerra Mundial. A partir dessa época, a tecnologia da soldagem sofreu um grande impulso com o aperfeiçoamento dos processos já existentes, como a soldagem a arco elétrico, a soldagem oxi-gás, por resistência, por aluminotermia, e o desenvolvimento de novos processos que hoje estão em torno de 50.

A soldagem é atualmente o método mais usado e mais importante de união permanente de peças metálicas. Usada em conjunto com outros processos de fabricação, ela permite a montagem de conjuntos com rapidez, segurança e economia de material.

Como já vimos na aula anterior, a soldagem pode acontecer geralmente por **fusão** e por **pressão**. Nesta aula, vamos começar a detalhar os processos de soldagem por fusão. E vamos iniciar com a **soldagem a gás**.

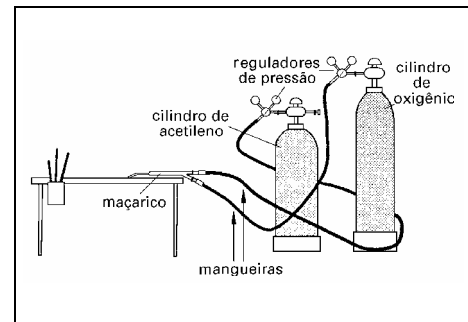
Soldagem a gás

A soldagem a gás é um processo através do qual os metais são soldados por meio de aquecimento com uma chama de um gás combustível e oxigênio. Isso produz uma chama concentrada de alta temperatura que funde o metal-base e o metal de adição, se ele for usado.



Embora esse processo gere temperaturas elevadas, estas ainda são baixas se comparadas com as geradas pelo arco elétrico. Por causa disso, a velocidade de soldagem é baixa e, apesar da simplicidade e baixo custo, o uso em processos industriais da soldagem a gás é muito restrito. Assim, ela é usada apenas quando se exige um ótimo controle do calor fornecido e da temperatura das peças, como na soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro e, também, na deposição de revestimentos com propriedades especiais na superfície das peças. Seu maior uso se dá na soldagem de manutenção.

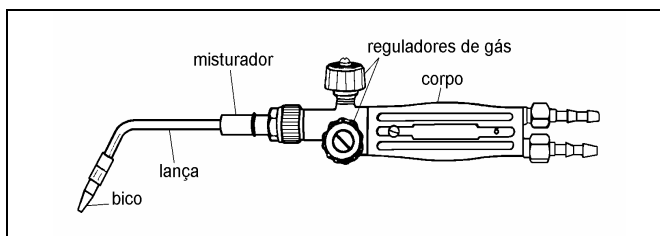
Para realizar a soldagem a gás, o equipamento básico necessário é composto por dois cilindros, um contendo oxigênio e outro contendo o gás combustível, dotados de reguladores de pressão, mangueiras para conduzir os gases até o maçarico.



Fique por dentro

O equipamento usado para a soldagem a gás é de baixo custo e, com acessórios adequados, pode também ser usado em outras operações como: dobramento, desempenho, pré e pós-aquecimento, brasagem, solda-brasagem e corte a gás.

O principal item desse equipamento básico é o maçarico, no qual os gases são misturados e do qual eles saem para produzir a chama. Ele é composto basicamente de:



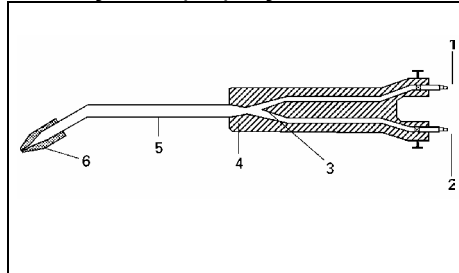
- corpo, no qual estão as entradas de gases e os reguladores da passagem dos gases;
- misturador, no qual os gases são misturados;
- lança, na qual a mistura de gases caminha em direção ao bico;
- bico, que é o orifício calibrado por onde sai a mistura dos gases.

Eles recebem o oxigênio e o gás combustível e fazem a mistura na proporção adequada à produção da chama desejada. A vazão de saída dos gases determina se a chama será forte, intermediária ou suave. Finalmente, a proporção dos gases determina se a chama será oxidante, neutra ou redutora, cuja importância você verá mais adiante.

Basicamente, existem dois tipos de maçaricos:

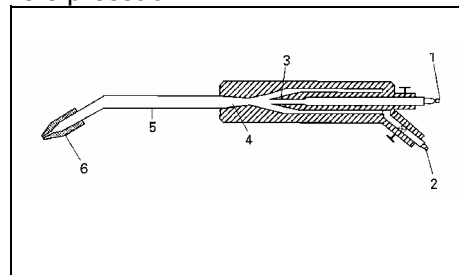
a) O maçarico **de baixa pressão**, do tipo **injetor**, que fornece uma mistura de gás e oxigênio sem variação de proporção;

1. Entrada de oxigênio
2. Entrada de gás
3. Injetor
4. Mistura entre os gases
5. Câmara de mistura
6. Bico



b) O maçarico **misturador** é usado com cilindros de gás de média pressão. Nele, os gases passam por válvulas que permitem controlar a proporção da mistura, e continuam através de tubos independentes até o ponto de encontro dos gases sem sofrer alterações significativas de volume e pressão.

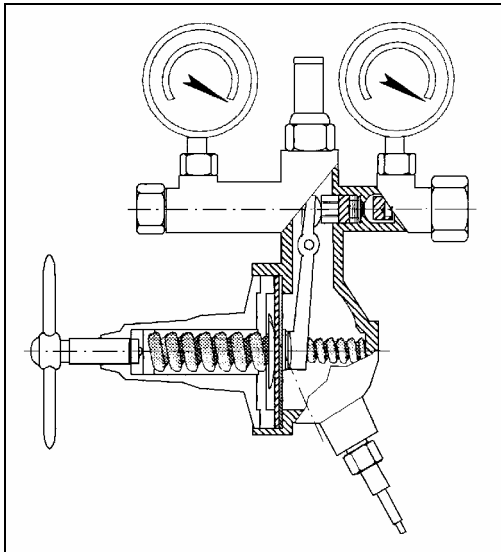
1. Entrada de oxigênio
2. Entrada de gás
3. Ponto de encontro dos gases
4. Misturador de gases
5. Câmara de mistura
6. Bico



O **regulador de pressão** tem a função de controlar a pressão dos gases que saem dos cilindros de modo que ela diminua até atingir a pressão de trabalho. Ele pode ser de dois tipos: de um ou dois estágios. O desenho ao lado ilustra as partes componentes de um regulador de um estágio.

As mangueiras têm a função de conduzir os gases. Elas devem ser flexíveis e capazes de resistir à alta pressão e a uma temperatura moderada. Para facilitar a identificação, a mangueira para os gases combustíveis deve ser vermelha e ter rosca esquerda. A

mangueira de oxigênio deve ser verde e ter rosca direita. Cada mangueira deve ser protegida por válvulas de segurança presentes no regulador de pressão e no maçarico.



Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Responda às seguintes perguntas:
 - a) O que é soldagem a gás?
 - b) Por que o uso da soldagem a gás é restrito na indústria?
 - c) Quais são os casos em que a soldagem a gás é usada nos processos industriais de fabricação?
 - d) Assinale a alternativa que lista o equipamento necessário para a soldagem a gás.
 1. () Um cilindro com regulador de pressão, duas mangueiras e um maçarico.
 2. () Dois cilindros com regulador de tensão, duas mangueiras, eletrodos e maçarico.
 3. () Dois cilindros com reguladores de pressão, duas mangueiras e um maçarico.
 4. () Dois cilindros com gás combustível, máscara, duas mangueiras e um maçarico.
 5. () Um cilindro com regulador de tensão, uma mangueira, máscara e maçarico.

- e) Qual é a função das mangueiras?
- f) Para que serve o maçarico?
- g) Para facilitar a identificação, as mangueiras devem ser
 1. () vermelha, rosca direita para combustível e verde, rosca esquerda para oxigênio.
 2. () vermelha, rosca esquerda para combustível e verde, rosca direita para oxigênio.
 3. () verde, rosca direita para combustível e vermelha, rosca esquerda para oxigênio.
 4. () verde, rosca esquerda para combustível e verde, rosca direita para oxigênio.
 5. () vermelha, rosca direita para combustível e vermelha, rosca esquerda para oxigênio.

A hora e a vez do gás

Pois é. Já falamos tanta coisa sobre a soldagem a gás, mas não falamos do mais importante: o gás. E você que está sempre ligado, deve estar se perguntando: “Que raio de gás é esse?”.

Para início de conversa, vamos lembrar que esse processo precisa de dois gases: o oxigênio e um gás combustível.

O oxigênio, que representa 21% da atmosfera que envolve a Terra, é usado puro no processo; tem a função de acelerar as reações e aumentar a temperatura da chama.

O gás combustível, por sua vez, precisa apresentar algumas características. Por exemplo: ele deve ter alta temperatura de chama, alta taxa de propagação de chama, alto potencial energético e mínima reação química com os metais de base e de adição. Gases como o hidrogênio, o propano, o metano, o gás natural e, principalmente, o acetileno apresentam essas características.

E de todos eles, o acetileno é o mais usado por causa da alta potência de sua chama e pela alta velocidade de inflamação. Em presença do oxigênio puro, sua temperatura pode atingir aproxi-

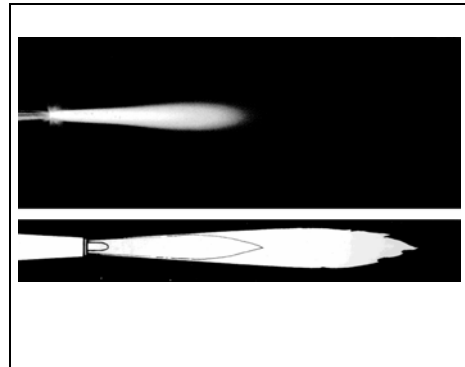
madamente 3200°C, a maior dentre os gases que citamos acima. É um hidrocarboneto cuja fórmula é C_2H_2 .

Fique por dentro

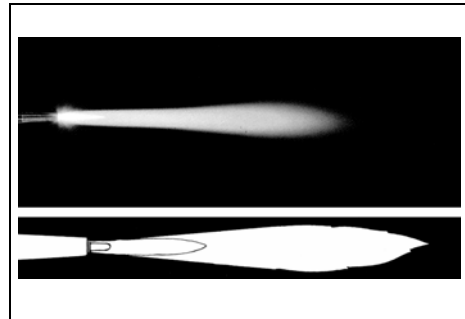
O acetileno é tão usado na soldagem a gás que muitas vezes o processo recebe o nome de **soldagem oxiacetilênica**.

Em função da quantidade de gás combustível e de oxigênio, o maçarico pode fornecer diferentes tipos de chama, aplicáveis à soldagem de diferentes tipos de metais. É a regulagem da chama que vai permitir o aparecimento de seus três tipos básicos:

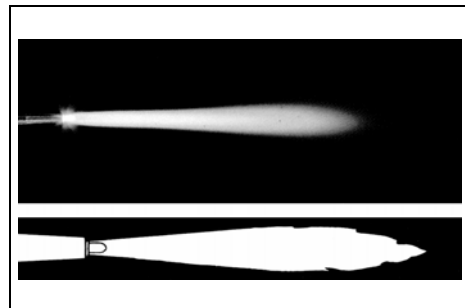
1. Chama **reduzora** ou **carburante**: é obtida pela mistura de oxigênio e maior quantidade de acetileno. Esse tipo de chama é caracterizado pela cor amarela clara e luminosa e pela zona carburante presente no dardo da chama. É usada para a soldagem de ferro fundido, alumínio, chumbo e ligas de zinco.



2. Chama **neutra** ou **normal**: formada a partir da regulagem da chama reduzora, é obtida pela mistura de uma parte de gás, uma de oxigênio do maçarico e 1,5 parte de oxigênio do ar, e se caracteriza por apresentar um dardo brilhante. Ela é usada para a soldagem de cobre e todos os tipos de aços.



3. Chama **oxidante**: é obtida a partir da chama neutra, diminuindo a quantidade de acetileno e aumentando a quantidade de oxigênio. É usada para a soldagem de aços galvanizados, latão e bronze.



Nem só de gás vive a soldagem

Além dos gases, mais dois tipos de materiais são às vezes necessários para a realização da soldagem a gás: os **fluxos** e os **metais de adição**. Juntamente com o gás, esses materiais são chamados de **consumíveis**.

Para realizar soldagens de boa qualidade, é necessário que as peças metálicas tenham sua superfície livre da presença de óxidos. Como o oxigênio é parte integrante do processo de soldagem a gás e como a afinidade de certos metais com o oxigênio é instantânea, é quase impossível impedir a formação desses óxidos. Uma maneira de removê-los é por meio do uso dos fluxos.

Os fluxos são materiais em forma de pó ou pasta que se fundem e têm a função de reagir quimicamente com os óxidos metálicos que se formam no processo. Eles são usados na soldagem de aços inoxidáveis e de metais não-ferrosos como o alumínio e o cobre e suas ligas.

Os **metais de adição** são usados para preenchimento da junta e para melhorar as propriedades dos metais de base, quando necessário. Encontram-se no comércio sob a forma de varetas com comprimentos e diâmetros variados. São escolhidos em função da quantidade de metal a depositar, da espessura das peças a serem unidas e das propriedades mecânicas e/ou da composição química do metal de base.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

2. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Que tipos de gases são necessários para a realização da soldagem a gás?
 - b) Cite ao menos três gases combustíveis usados no processo de soldagem a gás.

- c) Por que o acetileno é o gás combustível mais usado no processo de soldagem a gás?
- d) O que é uma chama redutora?
- e) Para que se usa a chama neutra?
- f) Para que serve o fluxo?
- g) Quais são os critérios que orientam a escolha do metal de adição?

Etapas e técnicas da soldagem a gás

O processo de soldagem a gás apresenta as seguintes etapas:

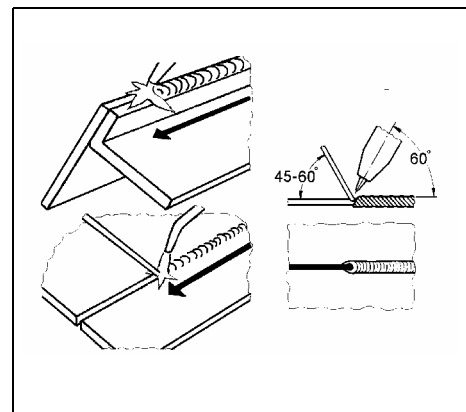
1. Abertura dos cilindros e regulagem das pressões de trabalho.
2. Acendimento e regulagem da chama.
3. Formação da **poça de fusão**.
4. Deslocamento da chama e realização do cordão de solda, com ou sem metal de adição.
5. Interrupção da solda.
6. Extinção da chama.

Dentro desse processo, duas técnicas de soldagem podem ser empregadas: a **soldagem à esquerda** e a **soldagem à direita**.

Poça de fusão, ou **banho de fusão**, é a região em que o material a ser soldado está em estado líquido.

A soldagem **à esquerda** ocorre quando a vareta do metal de adição precede o maçarico ao longo do cordão. Nesse caso, o metal de adição é depositado à frente da chama.

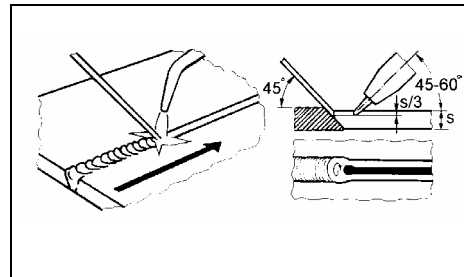
Na soldagem à esquerda, o ângulo entre o maçarico e a peça deve ficar em torno de 60° . O ângulo entre a vareta e a peça, por sua vez, deve ficar entre 45 e 60° .



Essa técnica é usada para a soldagem de peças com até 6 mm de espessura, e de metais não-ferrosos, porque o cordão de solda obtido é raso. Ela necessita geralmente que o soldador faça

movimentos rotativos ou em ziguezague de um lado para outro da chapa para obter uma fusão perfeita.

A soldagem **à direita** acontece quando a chama é dirigida para a poça de fusão e o metal de adição é depositado atrás da chama. O ângulo entre o maçarico e a chapa deve ficar entre 45 e 60° e o ângulo entre a vareta e a chapa é de aproximadamente 45°.



Nessa técnica, o maçarico se desloca em linha reta, enquanto a vareta de solda avança em movimentos de rotação no **banho de fusão**. Ela é empregada para a soldagem de materiais com espessura acima de 6 mm.

A soldagem à direita apresenta uma série de vantagens:

- maior facilidade de manuseio do maçarico e da vareta de solda;
- maior velocidade de soldagem;
- melhor visão do ponto de fusão e, conseqüentemente, melhor controle durante a soldagem;
- menores esforços de dilatação e contração;
- possibilidade de soldagem de ampla faixa de espessuras de materiais.

Uma soldagem realizada corretamente proporciona a fusão satisfatória em ambas as bordas da junta soldada e deve apresentar o seguinte aspecto:



Por outro lado, a aplicação errada das técnicas de soldagem, a escolha incorreta do metal de adição, o tamanho inadequado da chama podem gerar defeitos na soldagem. Por isso, é importante conhecer os tipos de defeitos, quais suas causas e como preveni-los ou corrigi-los. Veja quadro a seguir.

DEFEITO	CAUSA	CORREÇÃO
Falta de penetração	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chama muito fraca. 2. Técnica inadequada de soldagem. 3. Velocidade de soldagem muito alta. 4. Uso de vareta de diâmetro muito grande. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regular a chama adequadamente, aumente a vazão dos gases ou troque a extensão do maçarico por uma maior, de acordo com a espessura da chapa a soldar. (consultar tabela do fabricante do maçarico). 2. Utilizar ângulo correto de trabalho. 3. Diminuir a velocidade de soldagem, mantendo-a de maneira que a largura do cordão fique com aproximadamente o dobro de diâmetro da vareta. 4. Utilizar vareta de menor diâmetro
Falta de fusão	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Velocidade de soldagem muito alta. 2. Distância incorreta entre o dardo da chama (cone brilhante) c/ a peça. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a velocidade de soldagem mantendo-a de maneira que a largura do cordão fique com aproximadamente o dobro do diâmetro da vareta. 2. Manter o dardo da chama a uma distância de aproximadamente 3mm da peça.
Mordedura da face	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chama muito fraca. 2. Ângulo de trabalho errado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regular a chama adequadamente; aumentar a vazão dos gases ou trocar a extensão do maçarico por maior, de acordo com a espessura da chapa (consultar tabela do fabricante do maçarico). 2. Utilizar ângulo correto de trabalho.
Superfície irregular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Técnica inadequada de deposição. 2. Bico sujo. 3. Diâmetro do bico inadequado. 4. Regulagem inadequada da chama. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Aprimorar a técnica de deposição. 2. Limpar o bico. 3. Utilizar o diâmetro do bico adequado à espessura da peça a soldar (consultar tabela do fabricante do maçarico). 4. Regular a chama adequadamente de acordo com o material a ser soldado.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Combine a coluna A (tipo de descontinuidade) com a coluna B (causas):

Coluna A

- a) () Falta de penetração
- b) () Falta de fusão
- c) () Mordedura na face
- d) () Superfície irregular

Coluna B

- 1. Ângulo de trabalho errado
- 2. Técnica inadequada de deposição
- 3. Chama muito fraca
- 4. Velocidade de soldagem muito alta

Todo o cuidado é pouco!

A soldagem pelo processo oxi-gás exige que o soldador se mantenha sempre atento para evitar acidentes. Estes podem acontecer durante o transporte dos cilindros, na armazenagem, no uso e manuseio dos cilindros e do próprio equipamento de soldagem.

Os cilindros são vasos de pressão bastante resistentes e pesados. Por isso, devido ao seu peso, pela pressão que contêm e pelo próprio gás que armazenam, eles devem ser manuseados com bastante cuidado. Por exemplo:

- o transporte deve ser feito com carrinhos especiais, sempre na posição vertical e com o capacete de proteção das válvulas;
- a armazenagem deve ser em local ventilado, seco e protegido dos raios solares, com paredes resistentes ao fogo, no qual os cilindros cheios devem estar separados dos vazios, bem como os de oxigênio (cilindro preto) dos que contêm acetileno (cilindro bordô);
- os orifícios das válvulas devem ser mantidos limpos, sem vestígios de óleo ou graxa;
- usar uma válvula contra retrocesso (chamada de válvula seca corta-chama) no regulador de pressão de acetileno, a fim de

- impedir que o retorno da chama, o refluxo dos gases ou as ondas de pressão atinjam o regulador ou o cilindro;
- manusear os cilindros de gás com cuidado para que eles não sofram choques ou impactos mecânicos;
- nunca deixar a chama do maçarico próxima dos cilindros.

Além disso, outras providências podem ser tomadas durante o uso do equipamento:

- verificar se não há vazamento de gases nas mangueiras e conexões;
- nunca soldar ou cortar recipientes metálicos que tenham sido usados para guardar líquidos combustíveis, sem cuidadosa limpeza prévia;
- usar tenazes para movimentar materiais metálicos aquecidos e de pequeno porte de um lado para outro.

Um dos grandes perigos na soldagem a gás é o retrocesso da chama, que pode acontecer devido à regulação incorreta das pressões de saída dos gases. Quando isso acontece, deve-se proceder da seguinte maneira:

- ⇒ Feche a válvula que regula a saída de acetileno do maçarico.
- ⇒ Feche a válvula que regula a saída de oxigênio.
- ⇒ Esfrie o maçarico, introduzindo-o em um recipiente com água.
- ⇒ Retire o maçarico do recipiente e abra a válvula de oxigênio para retirar o água que tenha penetrado no maçarico.

Ufa! Nossa aula sobre soldagem a gás teve informação à beça. Mesmo assim, ainda ficou muita coisa de fora. Se você quiser saber mais, continue a pesquisa nos livros que citamos na nossa bibliografia. Sua tarefa, por enquanto, é estudar esta aula, porque a próxima aula vai ser “eletrizante”. Você vai ficar por dentro da soldagem a arco elétrico.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

4. Responda às seguintes questões.
- a) Por que se deve ter cuidados especiais com os cilindros de gás para soldagem?
 - b) O que deve ser feito quando há retrocesso da chama?

Gabarito

1. a) É um processo através do qual os metais são soldados por meio de aquecimento com uma chama de um gás combustível e oxigênio.
- b) Porque tem baixa velocidade de soldagem (baixa produtividade).
- c) Na união permanente de peças metálicas, com chapas finas e tubos de pequenos diâmetros.
- d) -3
- e) Para conduzir gases até o maçarico.
- f) Para a mistura dos gases do qual eles saem para produzir a chama.
- g) -2
2. a) Oxigênio, gás combustível.
- b) Propano, metano, acetileno.
- c) pela alta potência de sua chama e pela alta velocidade de inflamação.
- d) É uma chama obtida pela mistura de oxigênio e maior quantidade de acetileno, e é caracterizada pela cor amarela clara e luminosa e pela zona carburante presente do dardo da chama.
- e) Para soldagem de todos os tipos de aços e cobre.
- f) Serve para reagir quimicamente com os óxidos.
- g) Espessura das peças a serem unidas e das propriedades mecânicas e/ou da composição química do metal de base.
3. a) (3) b) (5) c) (1) d) (2) e) (4)

4. a) Devido à pressão e ao tipo de gás existente.
- b) Fechar a válvula de saída do acetileno e do oxigênio; esfriar o maçarico na água; abrir o oxigênio para sair a água que penetra no maçarico.

O arco elétrico entra em ação

Diferentemente da soldagem oxi-gas, a soldagem ao arco elétrico com todas as suas variações é um processo muito empregado em praticamente todos os tipos de indústria que usam a soldagem como processo de fabricação.

Veremos nesta aula o processo ao **arco elétrico** com eletrodo revestido, que tem grande versatilidade e permite a soldagem de um grande número de materiais que vão desde o aço-carbono, os aços-liga e os aços inoxidáveis, passando pelos ferros fundidos, até os metais não-ferrosos, como o alumínio, o cobre, o níquel e suas ligas.

Seu emprego na fabricação, montagem e manutenção de equipamentos e estruturas é indicado tanto dentro da fábrica quanto em campo e em operações que exigem soldagem nas mais diversas posições.

Isso compensa as desvantagens de ser um processo manual, com baixa velocidade de produção, estreitamente dependente da habilidade do soldador. Além disso, o processo exige cuidados especiais com os eletrodos e produz um grande volume de gases e fumos de soldagem.

Apesar disso, a soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos é, ainda hoje, o processo mais comum de soldagem ao arco em uso. E ele é o assunto desta aula. Fique ligado.

Arco elétrico, ou arco voltaico, é formado pela passagem de uma corrente elétrica através de um gás, transformando energia elétrica em calor.

Soldagem ao arco elétrico

Soldagem ao arco elétrico é um processo de soldagem por fusão em que a fonte de calor é gerada por um arco elétrico formado entre um eletrodo e a peça a ser soldada.

Recordar é aprender

Toda a matéria é constituída de átomos que são formados de partículas carregadas eletricamente: os **prótons** com carga positiva e os elétrons com carga **negativa**. Os elétrons estão sempre se movimentando em torno do núcleo do átomo. Nos materiais metálicos, os elétrons mais distantes do núcleo podem “escapar” e se deslocar entre os átomos vizinhos. Quando em presença de uma tensão elétrica, esses elétrons, chamados de elétrons livres, assumem um movimento ordenado ao qual se dá o nome de **corrente elétrica**.

Por isso, os metais são bons condutores de eletricidade.

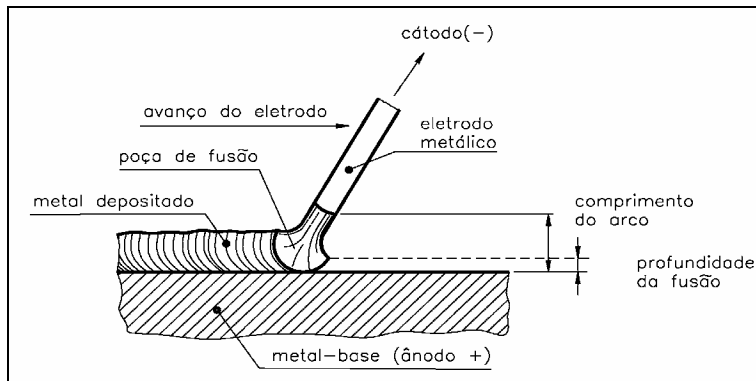
Quando o movimento dessas cargas se dá sempre no **mesmo** sentido, tem-se a **corrente contínua** como a fornecida pela bateria de um automóvel. Quando o movimento dos elétrons acontece alternadamente em um sentido e outro, tem-se a **corrente alternada**, que é aquela fornecida para nossas casas.

A corrente elétrica é medida por meio de amperímetros e sua unidade de medida é o **ampère**.

A **tensão elétrica**, que indica a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito elétrico, é medida por meio do voltímetro e sua unidade de medida é o **volt**.

O arco de soldagem é formado quando uma corrente elétrica passa entre uma barra de metal, que é o **eletrodo** e que pode

corresponder ao pólo negativo (ou **cátodo**) e o metal de base, que pode corresponder ao pólo positivo (ou **ânodo**).



Os elétrons livres que formam a corrente elétrica percorrem o espaço de ar entre a peça e o eletrodo a uma velocidade tal que acontece um choque violento entre os elétrons e os íons. Este choque ioniza o ar, facilitando a passagem da corrente elétrica, e produz o arco elétrico.

Íon é um átomo que perdeu ou ganhou elétrons.

Para dar origem ao arco, é necessário que exista uma diferença de potencial entre o eletrodo e a peça: para corrente contínua de 40 a 50 volts, e para corrente alternada, de 50 a 60 volts. É necessário também que o eletrodo toque a peça, para que a corrente elétrica possa fluir. Depois que o arco é estabelecido, a tensão cai, de modo que um arco estável pode ser mantido entre um eletrodo metálico e a peça com uma tensão entre 15 e 30 volts.

O metal fundido do eletrodo é transferido para a peça formando uma poça de fusão. Esta é protegida da atmosfera por gases formados pela combustão do revestimento do eletrodo.

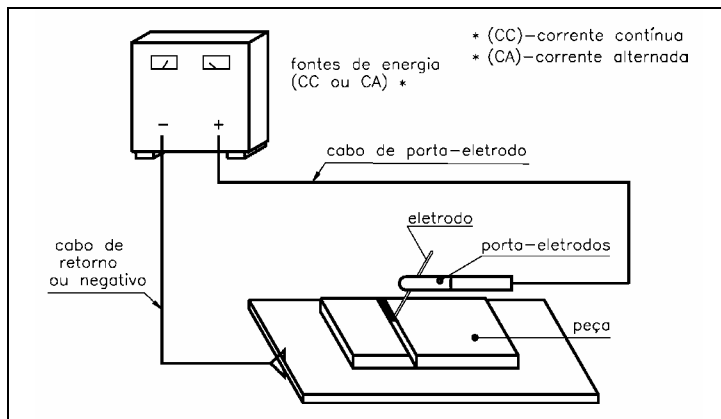
Atualmente o processo de soldagem ao arco elétrico por eletrodo revestido é usado nas indústrias naval, ferroviária, automobilística, metal-mecânica e de construção civil. É um processo predominantemente manual adaptado a materiais de diversas espessuras em qualquer posição de soldagem.

Fontes de energia para soldagem.

O processo de soldagem ao arco necessita de fontes de energia que forneçam os valores de tensão e corrente adequados a sua formação.

Para isso, essas fontes devem apresentar algumas características:

- transformar a energia da rede que é de alta tensão e baixa intensidade de corrente em energia de soldagem caracterizada por baixa tensão e alta intensidade de corrente;
- oferecer uma corrente de soldagem estável;
- possibilitar a regulagem da tensão e da corrente;
- permitir a fusão de todos os diâmetros de eletrodos compatíveis com o equipamento usado.



Três tipos de fontes se enquadram nessas características: os **transformadores** que fornecem corrente alternada e os **transformadores-retificadores** e os geradores que fornecem corrente contínua.

Quando se usa corrente contínua na soldagem a arco, tem-se:

1. a **polaridade direta** na qual a peça é o **pólo positivo** e o eletrodo é o **pólo negativo**.
2. ou a **polaridade inversa** quando a peça é o **pólo negativo** e o eletrodo é o **pólo positivo**.

A escolha da polaridade se dá em função do tipo do revestimento do eletrodo.

A maioria das soldagens ao arco é feita com corrente contínua porque ela é mais flexível, gera um arco estável e se ajusta a todas as situações de trabalho.

Pare! Estude! Responda

Exercício

1. Assinale a alternativa correta:

a) A soldagem ao arco elétrico é um processo de soldagem *por*:

1. () Pressão
2. () Resistência elétrica
3. () Fusão
4. () Pontos

b) O arco elétrico de soldagem é formado quando:

1. () a corrente elétrica passa entre o eletrodo e o metal base.
2. () a tensão elétrica passa entre o eletrodo e o cátodo.
3. () a corrente elétrica passa entre o metal base e a peça.
4. () a tensão elétrica passa entre o eletrodo (pólo positivo) e o metal base (pólo negativo)

c) As fontes de energia adequadas à formação do arco para soldagem devem, entre outras coisas:

1. () transformar a energia da rede que é de baixa tensão e baixa intensidade em corrente caracterizada por alta tensão e alta intensidade.
2. () transformar a energia da rede que é de baixa tensão e alta intensidade em corrente caracterizada por baixa tensão e baixa intensidade.
3. () transformar a energia da rede que é de alta tensão e alta intensidade em corrente caracterizada por baixa tensão e alta intensidade.
4. () transformar a energia da rede que é de alta tensão e baixa intensidade de corrente em energia caracterizada por baixa tensão e alta intensidade de corrente.

- d) A maioria das soldagens ao arco elétrico é feita com corrente contínua porque
1. () tem penetração pouco profunda no metal de base e gera um arco estável.
 2. () é mais flexível e tem grande capacidade térmica.
 3. () gera um arco mais estável.
 4. () tem penetração pouco profunda e grande capacidade térmica.

Soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos

Existem vários processos que usam arco elétrico para a realização da soldagem. Os mais comuns são:

- soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido;
- processo TIG, do inglês “Tungsten Inert Gas”, que quer dizer (eletrodo de) tungstênio e gás (de proteção) inerte;
- processos MIG/MAG, respectivamente do inglês “Metal Inert Gas” e “Metal Activ Gas”, ou seja, metal e (proteção de) gás inerte, e metal e (proteção de) gás ativo;
- arco submerso;
- arco plasma.

Como já vimos na outra parte desta aula, todos os processos de soldagem por arco elétrico usam um eletrodo para auxiliar na criação do arco. Isso acontece com todos os processos que acabamos de listar.

O que você ainda não sabe é que esse eletrodo ao se fundir, precisa de algum tipo de proteção para evitar a contaminação da poça de fusão pela atmosfera. Essa contaminação, que pode ser, por exemplo, pelo oxigênio e pelo nitrogênio que existem no ar, faz com que a junta soldada apresente propriedades físicas e químicas prejudicadas.

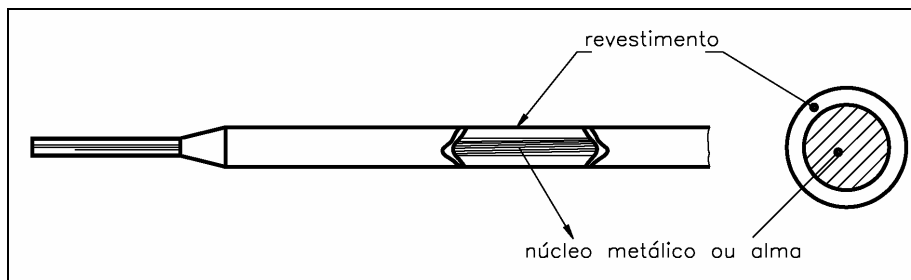


E como essa proteção atua em cada um dos processos que listamos na página anterior? Bem, vamos começar pela soldagem a arco com eletrodo revestido, e ver como isso funciona.

O eletrodo

O eletrodo revestido é constituído de um núcleo metálico chamado alma, que pode ser ou não da mesma natureza do metal-base porque o revestimento pode, entre outras coisas, complementar sua composição química. Desse modo, se o material a soldar é um aço de baixo carbono e baixa liga, a alma será de aço com carbono (aço efervescente). Se o material for aço inoxidável, a alma será de aço de baixo carbono (efervescente) ou aço inoxidável. Se for necessário soldar ferro fundido, a alma será de níquel puro ou liga de ferro-níquel, de ferro fundido, de aço.

O revestimento é composto de elementos de liga e desoxidantes (tais como ferro-silício, ferro-manganês), estabilizadores de arco, formadores de escória, materiais fundentes (tais como óxido de ferro e óxido de manganês) e de materiais que formam a atmosfera protetora (tais como dextrina, carbonatos, celulose).



Além de proteção contra a contaminação atmosférica, o revestimento tem as seguintes funções:

1. Reduzir a velocidade de solidificação, por meio da escória.
2. Proteger contra a ação da atmosfera e permitir a desgaseificação do metal de solda por meio de escória.
3. Facilitar a abertura do arco, além de estabilizá-lo.
4. Introduzir elementos de liga no depósito e desoxidar o metal.
5. Facilitar a soldagem em diversas posições de trabalho.
6. Guiar as gotas em fusão na direção da poça de fusão.
7. Isolar eletricamente na soldagem de chanfros estreitos de difícil acesso, a fim de evitar a abertura do arco em pontos indesejáveis.

O quadro a seguir resume as principais informações sobre os diversos tipos de eletrodos revestidos.

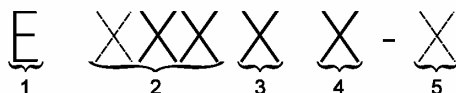
Tipo de eletrodo → Dados técnicos ↓	Rutilico	Básico Baixo hidrogênio	Celulósico
Componentes do revestimento	Rutilo ou compostos derivados de óxidos de titânio.	Carbonato de cálcio, outros carbonatos básicos e flúor.	Materiais orgânicos
Posição de soldagem	Todas	Todas	Todas
Tipo de corrente	CA ou CC (polaridade direta ou inversa).	CA ou CC (polaridade direta)	CA ou CC (polaridade direta)
Propriedades mecânicas de depósito	Razoáveis	Muito boas	Boas
Penetração	Pequena	Média	Grande
Escória	Densa e viscosa, geralmente autodestacável	Compacta e espessa, facilmente destacável	Pouca, de fácil remoção.
Tendência à trinca	Regular	Baixa	Regular

Além dessas informações sobre os principais tipos de eletrodos, é importante também saber como eles são classificados de acordo com as normas técnicas.

A classificação mais simples, aceita em quase todo o mundo, foi criada pela AWS – American Welding Society (Sociedade Americana de Soldagem). Veja quadro a seguir.

Especificação AWS para eletrodos Revestidos	
Ref. AWS	Eletrodos para:
A 5.1	aços carbono
A 5.3	alumínio e suas ligas
A 5.4	aços inoxidáveis
A 5.5	aços de baixa liga
A 5.6	cobre e suas ligas
A 5.11	níquel e suas ligas
A 5.13	revestimentos (alma sólida)
A 5.15	ferros fundidos
A 5.21	revestimento (alma tubular com carboneto de tungstênio)

Os eletrodos são classificados por meio de um conjunto de letras e algarismos, da seguinte maneira:



1. A letra E significa eletrodo para soldagem a arco elétrico.
2. Os dois primeiros dígitos, que também podem ser três, indicam o limite mínimo de resistência à tração que o metal de solda admite. Eles devem ser multiplicados por 1 000 para expressar e resistência em psi.
3. O dígito seguinte indica as posições de soldagem nas quais o eletrodo pode ser empregado com bons resultados:
 1. ⇒ todas as posições
 2. ⇒ posição horizontal (para toda solda em ângulo) e plana;
 3. ⇒ posição vertical descendente, horizontal, plana e sobrecabeça.
4. O dígito que vem em seguida vai de zero a oito e fornece informações sobre:
 - a corrente empregada: CC com polaridade negativa ou positiva, e CA;
 - a penetração do arco;
 - a natureza do revestimento do eletrodo.

psi, do inglês “pound per square inch”, que quer dizer libra por polegada quadrada, é uma unidade de medida de pressão equivalente a uma libra-força por polegada quadrada ou a 6,895 Pa.

Esses dados estão resumidos na tabela a seguir.

4º dígito	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tipo de corrente	CC ⁺	CC ⁺ CA	CC ⁻ CA	CA CC ⁺ CC ⁻	CA CC ⁺ CC ⁻	CC ⁺	CA CC ⁺	CA CC ⁻	CA CC ⁺
Tipo do arco	Intenso com salpico	Intenso	Médio sem salpico	Leve	Leve	Médio	Médio	Leve	Leve
	Grande	Grande	Média	Fraca	Média	Média	Média	Grande	Média
Revestimento	XX10 celulósico silicato de sódio XX20-óxido de ferro XX30 óxido de ferro	Celulósico com silicato de potássio	Dióxido de titânio e silicato de sódio	Dióxido de titânio e silicato de potássio	Dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (20%).	Calcário, silicato de sódio.	Dióxido de titânio, calcário, silicato de potássio	Óxido de ferro silicato de sódio, pó de ferro	Calcário, dióxido de titânio, silicatos, pó de ferro (25 a 40%)

Vamos dizer, então, que você tenha um eletrodo E 6013. Esse número indica que se trata de um eletrodo com 60 000 psi, para soldar em todas as posições em CC⁺, CC⁻ ou CA

5. Grupo de letras e números (nem sempre utilizados) que podem indicar a composição química do metal de solda.

Cuidados com os eletrodos revestidos

Cuidados especiais devem ser tomados com o manuseio e armazenamento dos eletrodos, pois estes podem ser facilmente danificados. Em caso de choque, queda ou se o eletrodo for dobrado, parte de seu revestimento pode ser quebrada, deixando exposta sua alma. Nesse caso, ele não deve ser usado em trabalhos de responsabilidade.

A absorção de umidade também pode comprometer o desempenho de alguns tipos de eletrodos. Por isso, eles são fornecidos em embalagens fechadas adequadamente. Uma vez aberta a embalagem, estes eletrodos devem ser guardados em estufas especiais para esse fim.

Os eletrodos revestidos devem ser manuseados e guardados de acordo com as instruções dos fabricantes.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

2. Responda às seguintes perguntas.

- a) Cite ao menos três processos que usam o arco elétrico para a realização da soldagem.
- b) Qual a principal função do revestimento do eletrodo?
- c) De que é composto o revestimento do eletrodo?
- d) O que indica o código normalizado E 60 11?
- e) Por que os eletrodos devem ser manuseados e armazenados com cuidado?

Equipamentos

A soldagem ao arco elétrico com eletrodos revestidos é um processo manual presente em praticamente todos os tipos de indústrias que usam a soldagem como processo de fabricação. É também largamente empregada em soldagem de manutenção.

Embora amplamente usado, esse processo depende muito da habilidade do soldador. Portanto, a qualidade do trabalho de soldagem depende do profissional que deve ser muito bem treinado e experiente. Como a experiência só se adquire com a execução de muitas soldas, a preparação da mão-de-obra é demorada e, por isso, custa caro.

Para executar seu trabalho, além dos eletrodos o soldador precisa de:

- Uma fonte de energia que, como já vimos, pode ser um gerador de corrente contínua, um transformador, ou um retificador que transforma corrente alternada em corrente contínua.

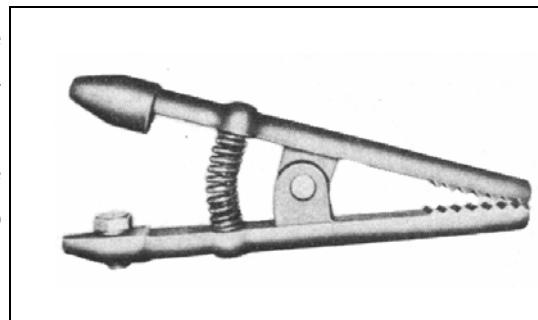


- Acessórios:

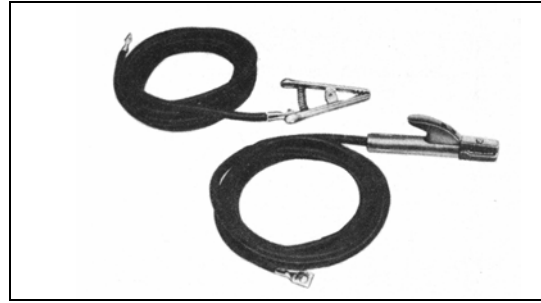
Porta-eletrodo – serve para prender firmemente o eletrodo e energizá-lo.



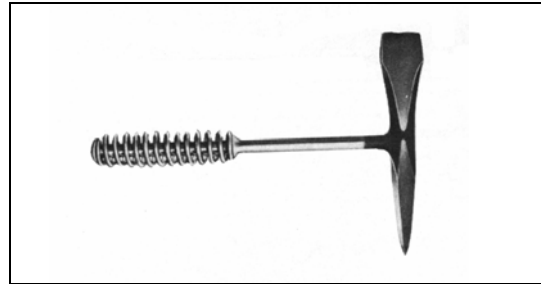
Grampo de retorno, também chamado de terra, que é preso à peça ou à tampa condutora da mesa sobre a qual está a peça. Quando se usa uma fonte de energia de corrente contínua, ele faz a função do pólo positivo ou do pólo negativo, de acordo com a polaridade escolhida.



Cabo, ou condutor, que leva a corrente elétrica da máquina ao porta-eletródo e do grampo de retorno para a máquina.



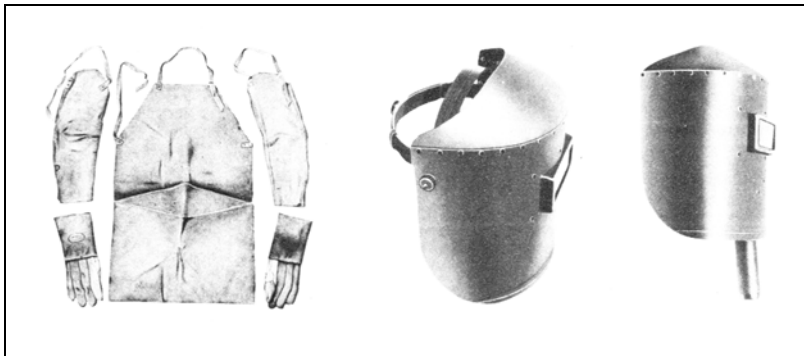
Picadeira – uma espécie de martelo em que um dos lados termina em ponta e o outro em forma de talhadeira. Serve para retirar a escória e os respingos.



Escova de fios de aço – serve para a limpeza do cordão de solda.



- Equipamentos de proteção individual: luvas, avental, máscaras protetoras, botas de segurança, perneira e gorro.



Os capacetes e as máscaras ou escudos são fabricados com materiais resistentes, leves, isolantes térmicos e elétricos e contêm lentes protetoras de cor escura, que filtram os raios ultravioleta, os infravermelhos (invisíveis) e os raios luminosos visíveis que prejudicam a visão.

Uso correto das máquinas

Usar corretamente o equipamento é responsabilidade do soldador que deve conservá-lo em perfeito estado e operá-lo de modo que consiga o maior rendimento possível.

Assim, antes de ligar a máquina, o operador deve se certificar de que os cabos, as conexões e os porta-eletrodos estão em bom estado.

Se a fonte de energia usada for um retificador, este deve continuar ligado por mais 5 minutos após o término da soldagem para que o ventilador possa esfriar as placas de silício da máquina.

Se a fonte for um gerador, o soldador deve lembrar que a chave para ligar a máquina possui dois estágios. Por isso, é preciso ligar o primeiro estágio, esperar o motor completar a rotação e, só então, ligar o segundo estágio.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Responda às seguintes perguntas.

- a) Qual o material necessário para executar solda ao arco elétrico com eletrodos revestidos?
- b) Qual a função do porta-eletrodo?
- c) Por que é necessário usar máscaras com lentes especiais para realizar a soldagem ao arco elétrico? (se você não se lembra, releia a parte sobre segurança na Aula 12)

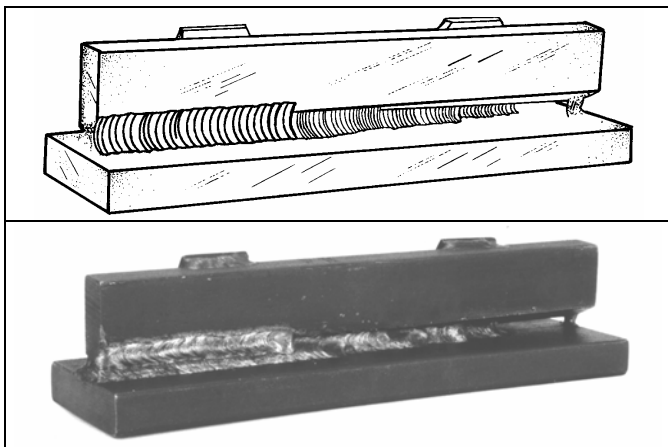
Etapas do processo

O processo de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido apresenta as seguintes etapas:

1. Preparação do material que deve ser isento de graxa, óleo, óxidos, tintas etc.

2. Preparação da junta;
3. Preparação do equipamento.
4. Abertura do arco elétrico.
5. Execução do cordão de solda.
6. Extinção do arco elétrico.
7. Remoção da escória.

Conforme o tipo de junta a ser soldada, as etapas 4, 5, 6 e 7 devem ser repetidas quantas vezes for necessário para a realização do trabalho. Esse conjunto de etapas que produz um cordão de solda é chamado de passe. As figuras a seguir mostram os vários passes dados em uma junta.



Defeitos de soldagem

Mesmo o trabalho de um bom soldador está sujeito a apresentar defeitos. Às vezes, eles são visíveis durante o trabalho. Outras, eles só podem ser detectados por meio dos **ensaios destrutivos** e **não destrutivos**, ou seja, aquelas análises feitas com o auxílio de aparelhos especiais e substâncias adequadas, após a soldagem.

Para facilitar seu estudo, colocamos esses dados na tabela a seguir, que apresenta uma lista de alguns problemas mais comuns na soldagem ao arco elétrico, suas possíveis causas e modos de preveni-las.

Tipo de descontinuidade	Causas	Prevenção
Superfície irregular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escolha do tipo de corrente / polaridade errada. 2. Amperagem inadequada. 3. Utilização do eletrodo úmido / de má qualidade. 4. Manuseio incorreto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar as especificações do eletrodo. 2. Ajustar a amperagem. 3. Ressecar os eletrodos segundo recomendações do fabricante / trocar p/outros de melhor qualidade. 4. Aprimorar o manuseio do eletrodo.
Mordedura ou falta de fusão na face	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amperagem muito alta. 2. Arco muito longo. 3. Manuseio incorreto do eletrodo. 4. Velocidade de soldagem muito alta. 5. O arco apresenta sopro lateral (sopro magnético) 6. Ângulo incorreto do eletrodo. 7. Eletrodo com revestimento excêntrico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda. 2. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem. 3. Melhorar o manuseio do eletrodo depositando mais nas laterais. 4. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar. 5. Inclinarm o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. 5. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. 5. Evitar ou modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis. 5. Mudar a fonte de energia p/ corrente alternada (use um transformador). 6. Inclinarm o eletrodo no ângulo correto. 7. Trocar o eletrodo.
Poros visíveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilização de eletrodos úmidos. 2. Ponta de eletrodo danificado (sem revestimento). 3. Em C.C., polaridade invertida. 4. Velocidade de soldagem muito alta. 5. Arco muito longo. 6. Amperagem inadequada. 7. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 8. Manuseio inadequado do eletrodo na posição vertical ascendente. 9. Irregularidade no fornecimento de energia elétrica. 10. Preparação inadequada da junta. 11. Metal de base impuro ou defeituoso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usa somente eletrodo secos, 2. Utilizar somente eletrodos perfeitos. 3. Inverter a polaridade na máquina de solda. 4. Diminuir a velocidade de soldagem 5. Diminuir o comprimento do arco elétrico, aproximando o eletrodo da peça. 6. Ajustar a amperagem da máquina para o intervalo recomendado pelo fabricante para o tipo e bitola do eletrodo em questão. 7. Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem. 8. Executar a movimentação adequada com teciemento lento e compassados, mantendo o arco elétrico constantemente curto. 9. Dimensionar a rede adequadamente. 10. Obter uma fresta constante e dentro dos limites da posição de trabalho. 11. Rejeitar o metal de base.

Continuação:

<p>Inclusão de escória visível</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Não remoção da escória do passe anterior. 2. Chanfro irregular. 3. Chanfro muito estreito. 4. Manuseio incorreto do eletrodo. 5. Sobreposição errada dos passes. 6. Amperagem baixa. 7. Velocidade de soldagem muito alta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover a escória do passe anterior antes de reiniciar a soldagem. 2. A preparação das bordas deve sempre ser realizada de maneira a obter paredes lisas sem falhas. 3. Aumentar o ângulo do chanfro. 4. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe à frente da poça de fusão (aumentar a velocidade de soldagem e diminuir o ângulo de ataque). 4. Evitar mordeduras laterais onde a escória é de difícil remoção, realizar passe de raiz o mais largo possível com transição suave com o metal de base. 5. A seqüência dos passes deve ser tal que evite a formação de bolsas de escória. 5. Não soldar sobre passes de grande convexidade. 6. Aumentar a amperagem. 7. Diminuir a velocidade de soldagem.
<p>Respingos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amperagem muito elevada. 2. Arco muito longo. 3. Em C.C. polaridade invertida. 4. Arco com sopro magnético. 5. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 6. Utilização de eletrodo úmido de má qualidade. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a amperagem da máquina. 2. Encurtar o arco, aproximando o eletrodo da peça em soldagem. 3. Inverter a polaridade na fonte de energia. 4. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético, principalmente próximo aos extremos da junta. 4. Modificar posição da garra do cabo de retorno. 4. Evitar e modificar a posição dos objetos facilmente magnetizáveis. 4. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador). 4. Aquecer a peça quando existe um membro da junta mais espesso que o outro. 5. Limpar o metal de base, eliminando poeiras, óleos, graxas, tintas, oxidação etc. 6. Secar os eletrodos, segundo as recomendações do fabricante. 6. Trocar os eletrodos por outros de melhor qualidade.

Continuação:

<p>Falta de penetração ou falta de fusão na raiz</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de eletrodo de diâmetro muito grande impedindo sua descida até a raiz. 2. Fresta muito pequena ou mesmo inexistente; fresta irregular. 3. Presença de nariz ou nariz muito grande. 4. Falha no manejo do eletrodo. 5. Ângulo de ataque incorreto, principalmente com eletrodos básicos. 6. Falta de calor na junta. 7. Penetração da escória, entre os dois membros da junta na região da raiz impede uma fusão completa dos materiais. 8. Alta velocidade de soldagem. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar eletrodo de maior diâmetro ou eletrodo de revestimento mais fino. 2. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar; realizar a montagem respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro e da posição de soldagem. 2. Procurar tomar a fresta a mais constante possível, através de um ponteamto adequado 3. Verificar se é realmente necessária a existência de nariz. 3. Procurar tornar o nariz o mais constante possível, e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definidos 4. Dirigir sempre o arco elétrico de modo a aquecer apropriadamente ambas as bordas do chanfro. 4. Realizar as retornadas / reacendimentos de forma correta. 4. Realizar a retomada/reacendimentos de forma correta 5. Utilizar o ângulo adequado. 6. Aumentar a amperagem se ela estiver baixa. 6. Usar eletrodo de maior diâmetro, se o material for espesso. 6. Diminuir a velocidade de soldagem. 6. Preaquecer a peça de trabalho, se ela estiver fria. 6. Soldar em posição vertical ascendente. 7. Movimentar o eletrodo de forma a impedir que a escória passe da poça de fusão. 8. Diminuir a velocidade de soldagem.
<p>Mordedura na raiz</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amperagem muito alta. 2. Arco muito longo. 3. Manuseio incorreto do eletrodo. 4. Velocidade de soldagem muito alta. 5. Sopros magnético. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a amperagem fornecida pela máquina de solda. 2. Encurtar o arco. 3. Melhorar o manuseio do eletrodo. 4. Diminuir a velocidade de soldagem, avançando mais devagar. 5. Inclinar o eletrodo na direção do sopro magnético. 5. Modificar a posição da garra do cabo de retorno. 5. Evitar ou modificar a posição dos objetos 5. Mudar a fonte de energia para corrente alternada (usar um transformador).

Continuação:

Trincas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soldagem defeituosa, contendo inclusões de escória, falta de penetração, mordeduras, etc. 2. Cratera final com mau acabamento. 3. Calor excessivo na junta causando excesso de contração e distorção. 4. Metal de base sujo de óleo, tintas ou molhado. 5. Trincas devido ao ponteamto franco 6. Cordão de solda muito pequeno (particularmente passe de raiz ou de filete). 7. Teor de enxofre alto no metal de base. 8. Têmpera da zona termicamente afetada. 9. Fragilização pelo hidrogênio. 10. Projeto de junta adequado. 11. Montagem muito rígida. 12. Tensões residuais muito elevadas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soldar corretamente evitando a descontinuidade. 2. Interromper a soldagem de forma adequada, fazendo com que a extinção da arco ocorra sobre o passe recém executado. 3. Reduzir a corrente ou a tensão ou ambas, aumentar também a velocidade de soldagem. 4. Limpar ou secar o metal de base. 5. Efetuar o ponteamto com metal de adição adequado, corretamente dimensionado em tamanho e frequência. 5. Remover as soldas de fixação à medida que o trabalho for progredindo. 5. Nos casos possíveis executar o ponteamto do lado que não será executada a soldagem. 5. Substituir o ponteamto por outro sistema de fixação ("cachorros", "batoques", "pontes", etc.). 6. Reduzir a velocidade de soldagem, o cordão deve ter uma secção transversal suficientemente robusta para suportar os esforços a que estará submetido. 7. Utilizar eletrodos com manganês alto. 7. Usar arco mais curto para minimizar a queima do manganês. 7. Ajustar o chanfro de modo a permitir adequada diluição e utilização do eletrodo. 7. Alterar a seqüência de passes de forma a reduzir a restrição da solda no resfriamento. 7. Mudar o material a fim de obter adequada relação % Mn / %S. 8. Fazer pré-aquecimento para retardar o resfriamento. 8. Usar eletrodos ressecados conforme recomendações do fabricante. 9. Remover contaminação (óleos, umidades, etc.). 9. Manter a solda a temperatura elevada por um período longo para permitir a saída do hidrogênio através da difusão (pós aquecimento). 10. Preparar os chanfros com dimensões adequadas. 11. Escolher uma seqüência de soldagem que acarrete as menores tensões possíveis na junta. 11. Controlar a distribuição de calor na peça de trabalho, aquecendo-a ou resfriando-a em todo ou em partes. 12. Usar tratamento térmico de alívio de tensões.
---------	--	--

Esta aula procurou dar a você uma breve noção do que é soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido. Ainda há muito o que aprender. Por enquanto, faça os exercícios que preparamos para você.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

4. Numere a coluna A (tipo de descontinuidade) de acordo com a coluna B (prevenção).

Coluna A

- a) () superfícies irregulares
- b) () mordedura ou falta de fusão na face
- c) () poros visíveis
- d) () inclusão da escória
- e) () respingos

Coluna B

- 1. utilização de eletrodos úmidos
- 2. chanfro muito restrito
- 3. polaridade invertida
- 4. velocidade de soldagem alta
- 5. manuseio incorreto
- 6. presença de nariz, ou nariz muito grande

Gabarito

1. a) (fusão) b) (1) c) (4) d) (3)
2. a) Eletrodo revestido, TIG; MIG/MRG; arco submerso; plasma.
- b) Evitar a contaminação da poça de fusão pela atmosfera.
- c) Elementos de liga, desoxidantes, estabilizadores de arco, formadores de escória, materiais fundentes e materiais que formam atmosfera protetora.
- d) E = eletrodo para soldagem a arco elétrico.
60 = limite mínimo de resistência à tração do metal de solda.
11 = soldar em todas as posições em CC+CA.
- e) Porque em caso de choque ou dobra seu revestimento pode ser quebrado, sua alma exposta, comprometendo seu desempenho.
3. a) Fonte de energia, porta eletrodo, grampo de retorno, cabo ou condutor, picadeira, escova de fios de aço, equipamentos de proteção individual (EPI).

b) Prender o eletrodo e energizá-lo.

c) Para proteção contra radiação, raios ultravioleta e infravermelhos e intensidade luminosa.

4. a) (3) **b)** (4) **c)** (1) **d)** (6) **e)** (5)

Até agora, falamos de processos de soldagem bastante simples, baratos e versáteis, tanto do ponto de vista da variedade de tipos de metais a serem soldados, quanto do ponto de vista da espessura das chapas.

Mas que fazer se os metais a serem unidos forem de difícil soldagem por outros processos, se for preciso soldar peças de pequena espessura ou juntas complexas, ou se for necessário um controle muito rigoroso do calor cedido à peça? Como no caso da costura e união de topo de tubos de aço inoxidável, da soldagem de alumínio, magnésio e titânio, particularmente de peças leves ou de precisão como as usadas na indústria aeroespacial, por exemplo?...

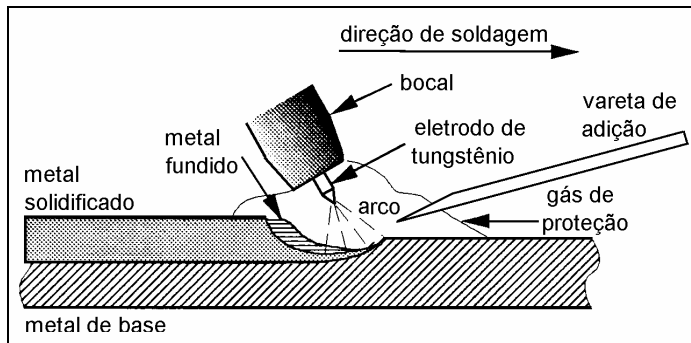
Existe um processo de soldagem manual, que também pode ser automatizado, e que resolve esses problemas. Ele é chamado de soldagem TIG, um processo dos mais versáteis em termos de ligas soldáveis e espessuras, produzindo soldas de ótima qualidade.

O processo de soldagem TIG é o assunto desta aula.

Que sigla é essa?

Como você já deve ter percebido, TIG é uma sigla. Ela deriva do inglês **Tungsten Inert Gas** e se refere a um processo de soldagem ao arco elétrico, com ou sem metal de adição, que usa um eletro-

do não-consumível de tungstênio envolto por uma cortina de gás protetor.

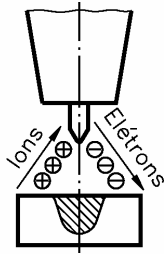
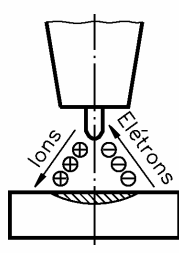
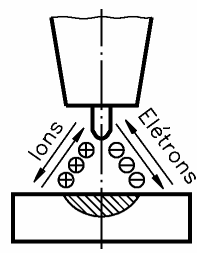


Nesse processo, a união das peças metálicas é produzida por aquecimento e fusão através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio não-consumível e as peças a serem unidas. A principal função do gás inerte é proteger a poça de fusão e o arco contra a contaminação da atmosfera.

Esse processo é aplicável à maioria dos metais e suas ligas numa ampla faixa de espessuras. Porém, devido à baixa taxa de deposição, sua aplicação é limitada à soldagem de peças pequenas e no passe de raiz, principalmente de metais não-ferrosos e de aço inoxidável.

O arco elétrico na soldagem TIG produz soldas com boa aparência e acabamento. Isso exige pouca ou nenhuma limpeza após a operação de soldagem. Esse arco pode ser obtido por meio de corrente alternada (CA), corrente contínua e eletrodo negativo (CC-), e corrente contínua e eletrodo positivo (CC+), que é pouco usada pelos riscos de fusão do eletrodo e contaminação da solda.

Um arco de soldagem TIG ideal é aquele que fornece a máxima quantidade de calor ao metal-base e a mínima ao eletrodo. Além disso, no caso de alumínio e magnésio e suas ligas, ele deve promover a remoção da camada de óxido que se forma na frente da poça de fusão. Dependendo da situação e de acordo com as necessidades do trabalho, cada um dos modos de se produzir o arco (CA, CC+ ou CC-) apresenta um ou mais desses requisitos. Veja tabela a seguir.

Tipo de corrente	C/C-	C/C+	CA (Balanceada)
Polaridade do eletrodo	Negativa ou direta	Positiva ou inversa	
			
Ação de limpeza	Não	Sim	Sim, em cada semi-ciclo
Balanco de calor no arco (aprox.)	70% na peça 30% no eletrodo	30% na peça 70% no eletrodo	50% na peça 50% no eletrodo
Penetração	Estreita e profunda	Rasa e superficial	Média
Aplicação	Aço, cobre, prata, aços austeníticos ao cromo-níquel e ligas resistentes ao calor.	Pouco usada. Requer eletrodos de menor diâmetro ou correntes mais baixa.	Alumínio, Magnésio e suas ligas.

(Fonte: **Tecnologia da soldagem** por Paulo Villani Marques e outros. Belo Horizonte: ESAB, 1991, p.187)

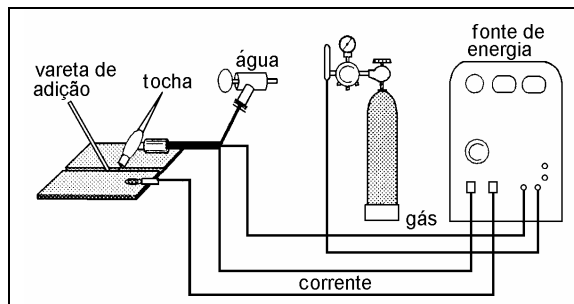
O uso do eletrodo não-consumível permite a soldagem sem utilização de metal de adição. O gás inerte, por sua vez, não reage quimicamente com a poça de fusão. Com isso, há pouca geração de gases e fumos de soldagem, o que proporciona ótima visibilidade para o soldador.

A soldagem TIG é normalmente manual em qualquer posição mas, com o uso de dispositivos adequados, o processo pode ser facilmente mecanizado.

Equipamento básico

O equipamento usado na soldagem TIG é composto basicamente por:

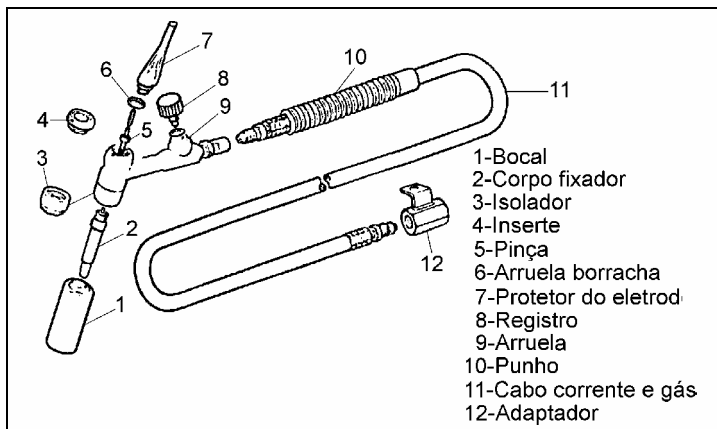
- uma fonte de energia elétrica;
- uma tocha de soldagem;
- uma fonte de gás protetor;
- um eletrodo para a abertura do arco;
- unidade para circulação de água para refrigeração da tocha.



A **fonte de energia** elétrica é do tipo ajustável e pode ser:

- ⇒ um transformador que fornece corrente alternada;
- ⇒ um transformador/retificador de corrente contínua com controle eletromagnético ou eletrônico;
- ⇒ fonte de corrente pulsada;
- ⇒ fontes que podem fornecer corrente contínua ou alternada.

A **tocha de soldagem** tem como função suportar o eletrodo de tungstênio e conduzir o gás de proteção de forma apropriada. Ela é dotada de uma pinça interna que serve para segurar o eletrodo e fazer o contato elétrico. Possui também um bocal que pode ser de cerâmica ou de metal e cuja função é direcionar o fluxo do gás.



Todas as tochas precisam ser refrigeradas. Isso pode ser feito pelo próprio gás de proteção, em tochas de capacidade até 150 A ou, para tochas entre 150 e 500 A, com água corrente fornecida por um circuito de refrigeração composto por um motor elétrico, um radiador e uma bomba d'água.

Eletrodos

O **eletrodo** usado no processo de soldagem TIG é uma vareta sinterizada de tungstênio puro ou com adição de elementos de liga (tório, zircônio, lantânio e cério). Sua função é conduzir a corrente elétrica até o arco. Essa capacidade de condução varia de acordo com sua composição química, com seu diâmetro e com o tipo de corrente de soldagem.

A seleção do tipo e do diâmetro do eletrodo é feita em função do material que vai ser soldado, da espessura da peça, do tipo da junta, do número de passes necessários à realização da soldagem, e dos parâmetros de soldagem que vão ser usados no trabalho.

Consumíveis

Para a realização da soldagem TIG, além dos eletrodos, são necessários também os itens chamados de consumíveis, ou seja, o **metal de adição** e o **gás de proteção**.

Embora o processo TIG permita a soldagem sem **metal de adição**, esse tipo de trabalho é de uso limitado, principalmente a materiais de espessura muito fina e ligas não propensas a trinca-mento quando aquecidas. A função do metal de adição é justamente ajudar a diminuir as fissuras e participar na produção do cordão de solda.

Para soldagem manual, o metal de adição é fornecido na forma de varetas. Para a soldagem mecanizada, o metal é fornecido na forma de um fio enrolado em bobinas. Os diâmetros dos fios e das varetas são padronizados e variam entre 0,5 e 5 mm. O diâmetro é escolhido em função da espessura das peças ou da quantidade de material a ser depositado e dos parâmetros de soldagem.

A escolha do metal de adição para uma determinada aplicação é feita em função da composição química e das propriedades mecânicas desejadas para a solda. Em geral, o metal de adição tem composição semelhante à do metal de base.

É importante lembrar que os catálogos dos fabricantes são fontes ideais de informações necessárias para ajudar na escolha dos gases de proteção, dos eletrodos e do metal de adição.

O **gás inerte**, além de proteger a região do arco compreendida pela poça de fusão, também transfere a corrente elétrica quando

ionizado. Para esse sistema, os gases usados são o hélio, o argônio ou uma mistura dos dois.

A seleção do gás de proteção é feita em função do tipo de metal que se quer soldar, da posição de soldagem e da espessura das peças a unir.

O grau de pureza do gás de proteção é essencial para a qualidade da solda e ele deve ficar em torno de 99,99%. É importante lembrar que essa pureza deve ser mantida até que o gás chegue efetivamente ao arco, a fim de evitar que vestígios de sujeira e umidade resultem em contaminação da solda.

Além dos equipamentos e materiais que acabamos de descrever, vários equipamentos ou sistemas auxiliares podem ser usados para facilitar ou mecanizar a operação de soldagem, tais como:

- posicionadores, para permitir a soldagem na posição plana;
- dispositivos de deslocamento, para movimentar a tocha ou a peça;
- controladores automáticos de comprimento de arco, para manter constante a distância da ponta do eletrodo até a peça;
- alimentadores de metal de adição, para mecanizar a adição do metal e permitir uniformidade na adição;
- osciladores do arco de soldagem, para mecanizar o tecimento do cordão;
- temporizadores, para controlar o início e o fim da operação dos diversos dispositivos auxiliares da soldagem, controlar o fluxo de gás e sincronizar toda a operação do sistema.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Assinale a alternativa que completa corretamente as seguintes afirmações:

a) O processo de soldagem TIG

1. () sempre usa um metal de adição.
2. () usa metal de adição e pode, ou não, usar um eletrodo consumível.
3. () usa um eletrodo consumível e pode, ou não, usar metal de adição.
4. () usa um eletrodo não-consumível e pode, ou não, usar metal de adição.
5. () usa somente um eletrodo não-consumível.

b) O arco de soldagem TIG ideal deve:

1. () permitir a soldagem sem metal de adição e reagir quimicamente com o metal de base.
2. () fornecer a máxima quantidade de calor ao metal de base e a mínima ao eletrodo.
3. () fornecer a mínima quantidade de calor ao metal de base e a máxima ao eletrodo.
4. () fornecer a máxima quantidade de calor ao metal de base e ao eletrodo.
5. () fornecer a mínima quantidade de calor ao metal e ao eletrodo.

c) A fonte de energia para o processo de soldagem TIG pode ser:

1. () um transformador não-ajustável.
2. () um transformador (ajustável).
3. () um transformador/retificador de corrente contínua (ajustável).
4. () um transformador/retificador de corrente contínua (não-ajustável).
5. () alternativas 2 e 3.

- d) O eletrodo usado no processo de soldagem TIG é
1. () uma vareta sinterizada de tungstênio puro.
 2. () uma vareta de aço puro ou com adição de elementos de liga (toria e zircônia).
 3. () uma vareta de cobre puro sinterizado ou com adição de elementos de liga (toria e zircônia).
 4. () uma vareta de tungstênio com elementos de liga (toria e zircônia).
 5. () uma vareta sinterizada de tungstênio puro ou com adição de elementos de liga (toria e zircônia).
- e) A função do metal de adição é:
1. () ajudar a diminuir as fissuras e evitar vestígios de sujeira.
 2. () compensar as variações nas montagens e aumentar a espessura da junta.
 3. () melhorar as propriedades químicas da solda.
 4. () ajudar a diminuir as fissuras e participar na produção do cordão de solda
 5. () aumentar a espessura da junta e melhorar as propriedades químicas da solda.
- f) A principal função do gás inerte é:
1. () manter a pureza do metal de base.
 2. () proteger a região do arco contra a contaminação da atmosfera.
 3. () ionizar a poça de fusão.
 4. () combinar-se quimicamente com o metal de base.
 5. () combinar-se quimicamente com o metal de adição.

Etapas do processo de soldagem TIG manual

Para realizar a soldagem TIG, o operador deve seguir as seguintes etapas:

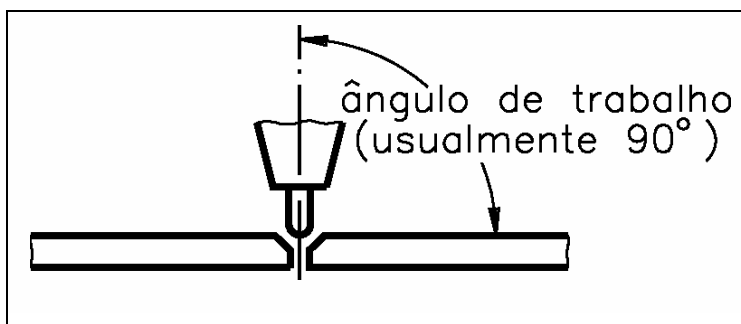
1. Preparação da superfície, para remoção de óleo, graxa, sujeira, tinta, óxidos, por meio de lixamento, escovamento, decapagem.

2. Abertura do gás (pré-purga) para expulsar o ar da mangueira de gás e da tocha.
3. Pré-vazão, ou formação de cortina protetora antes da abertura do arco.
4. Abertura do arco por meio de um ignitor de alta frequência.
5. Formação da poça de fusão.
6. Adição do metal na poça de fusão, quando aplicável.
7. Ao final da junta, extinção do arco por interrupção da corrente elétrica.
8. Passagem do gás inerte sobre a última parte soldada para resfriamento do eletrodo e proteção da poça de fusão em solidificação (pós-vazão).
9. Fechamento do fluxo do gás.

As etapas 3 e 8 são automáticas, ou seja, fazem parte das características técnicas do equipamento.

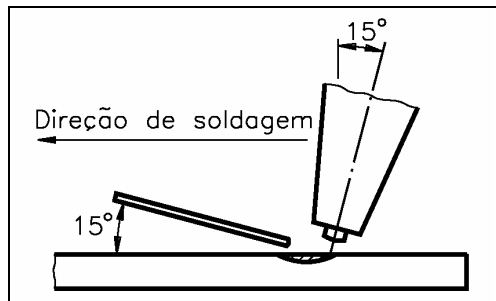
Esse procedimento exige técnicas adequadas para sua execução. Por exemplo:

- No início da soldagem, a tocha deve permanecer no ponto de partida por um tempo entre 3 e 5 segundos, para que se forme uma poça de fusão.
- Usualmente durante a soldagem, a tocha deve permanecer perpendicular em relação à superfície da junta de modo que o ângulo de trabalho seja de 90° . Ao mesmo tempo, ela deve estar ligeiramente inclinada para trás (ângulo de soldagem de 5 a 15°).



- O movimento da tocha deve ser firme e uniforme, à medida que a vareta de adição é introduzida na borda frontal ou lateral da

poça. A vareta deve formar um ângulo de aproximadamente 15º em relação à superfície da peça.



Ao se soldar componentes de espessuras diferentes, o arco deve ser direcionado para o lado da junta de maior espessura a fim de se obter fusão e penetração iguais dos dois lados.

Além disso, deve-se também considerar o conjunto de parâmetros que asseguram a penetração e o perfil do cordão desejados. Eles são, por exemplo:

- o comprimento do arco, que varia entre 3 e 10 mm, dependendo do tipo e da localização da junta.
- a intensidade da corrente de soldagem, relacionada principalmente com a espessura do metal de base, diâmetro e tipo de eletrodo.
- a bitola da vareta é escolhida de acordo com a quantidade de metal a ser adicionado à poça de fusão.
- vazão do gás que influencia na qualidade do cordão de solda.

A determinação dos parâmetros de soldagem é feita em função do material a ser soldado, da espessura das peças, da posição de soldagem e dos equipamentos disponíveis. Isso é válido também para a decisão de uso ou não de metal de adição.

Problemas operacionais e defeitos nas soldas

Por mais cuidado que se tome, os problemas e os defeitos sempre acontecem. O quadro a seguir mostra quais são eles, suas causas e como corrigi-los.

Problemas / Defeitos	Causas	Correções
-----------------------------	---------------	------------------

Consumo excessivo de eletrodo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gás de proteção insuficiente. 2. Soldagem em polaridade inversa. 3. Diâmetro inadequado do eletrodo em relação à corrente necessária ao trabalho. 4. Eletrodo contaminado. 5. Oxidação do eletrodo durante o resfriamento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpar boca da tocha. 1. Verificar se há vazamento nas mangueiras. 1. Diminuir distância entre o bocal e a peça. 1. Aumentar a vazão do gás. 2. Corrigir polaridade. 2. Usar eletrodo de diâmetro maior. 3. Usar eletrodo de diâmetro maior 4. Eliminar a contaminação por meio de esmerilhamento da ponta do eletrodo. 5. Manter o gás fluindo após a extinção do arco por pelo menos 10 segundo.
Arco errático.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presença de óxidos ou agentes contaminadores na superfície do metal de base. 2. Ângulo do chanfro da junta estreito demais. 3. Eletrodo contaminado. 4. Diâmetro do eletrodo grande demais para a intensidade de corrente usada. 5. Arco muito longo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpar superfície do metal de base. 2. Corrigir ângulo. 3. Limpar eletrodo. 4. Utilizar eletrodo de tamanho adequado, ou seja, o menor possível para a corrente necessária. 5. Aproxime mais o eletrodo.
Porosidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impurezas na linha de gás. 2. Mangueiras de gás e água trocadas. 3. Superfície do metal de base e/ou do metal de adição contaminada. 4. Vazão do gás inadequada. 5. Arco muito longo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Purgar o ar de todas as linhas antes de abrir o arco. 2. Usar somente mangueiras novas. 2. Nunca trocar as mangueiras. 3. Fazer limpeza. 4. Corrigir vazão de gás. 5. Corrigir comprimento do arco.
Cordão de solda oxidado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proteção insuficiente do gás. 2. Metal de base ou de adição sujo. 3. Contaminação com o tungstênio do eletrodo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar taxa de vazão do gás. 1. Verificar tamanho do arco. 1. Corrigir posição da tocha. 1. Centralizar os eletrodos no bocal de gás. 2. Limpar a superfície do material de base e dos materiais de adição. 3. Abrir o arco sem tocar o metal de base; usar corrente de alta frequência .
Cordão de solda muito largo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arco muito longo 2. Velocidade de soldagem muito baixa para corrente usada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrigir tamanho do arco. 1. Corrigir posição da tocha. 2. Verificar e alterar corrente e/ou velocidade de soldagem.

O processo de soldagem TIG, por sua importância e versatilidade exige um conhecimento cujas noções básicas todo o profissional da área de metal-mecânica deve ter. Esse foi o objetivo desta aula: dar-lhe esse conhecimento básico. O resto agora é com você.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

2. Relacione a coluna A (causas) com a coluna B (defeitos).

Coluna A	Coluna B
a) () Cordão de solda oxidado	1. Diâmetro muito grande o eletrodo.
b) () Cordão de solda muito largo	2. Velocidade de soldagem muito baixa.
c) () Consumo excessivo do eletrodo	3. Soldagem em polaridade inversa.
d) () Arco instável	4. Impurezas na linha de gás.
	5. Proteção insuficiente do gás.

Gabarito

1. a) (4) b) (2) c) (5)
 d) (5) e) (4) f) (2)

2. a) (4) b) (2) c) (3) d) (1)

MIG/MAG: isso parece nome de sanduíche!

Um dos grandes desafios da indústria deste fim de século é alcançar níveis elevados de produtividade, mantendo a qualidade. A maneira de se conseguir isso é com o auxílio da automatização que, além de fornecer meios de controlar o processo e garantir uma uniformidade de resultados, independe da habilidade quase artística do operário para a execução de um trabalho de qualidade.

Assim, à medida que avançamos no estudo dos processos de soldagem, vamos percebendo que uma das grandes desvantagens dos processos estudados até agora, é a preponderância da operação manual do equipamento. Por causa disso, por mais versáteis que sejam, eles são sempre lentos, com baixo índice de produtividade e, conseqüentemente, caros.

Quando comparados com a soldagem ao arco com eletrodos revestidos, os processos que estudaremos nesta aula são uma alternativa mais produtiva, por serem processos semi-automáticos com possibilidade de mecanização total.

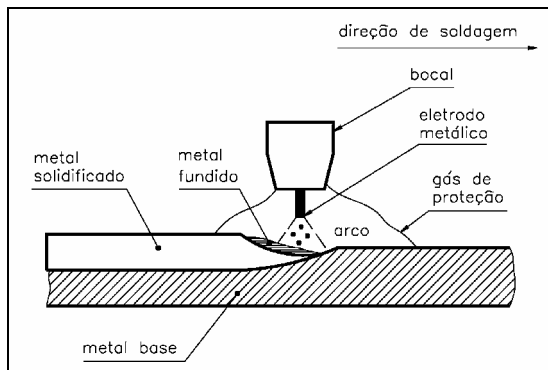
Que processos são esses? Quais as características que os diferenciam dos que já estudamos? Os equipamentos são diferentes? O que se pode soldar com eles? A resposta a essas e outras perguntas que você possa formular, estão nesta aula. Confira.

Mais siglas: MIG/MAG

Não se assuste, caro aluno, essas siglas não são nomes de sanduíches dessas cadeias de “fast food” que existem por aí. Basicamente, as siglas MIG e MAG indicam processos de soldagem por fusão que utilizam o calor de um arco elétrico formado entre um eletrodo metálico consumível e a poça. Neles, o arco e a poça

de fusão são protegidos contra a contaminação pela atmosfera por um gás ou uma mistura de gases.

Antes que você pare de ler a lição porque acha que isso já foi estudado, vamos garantir que esse processo tem no mínimo duas diferenças com relação ao processo por eletrodo revestido que também usa o princípio do arco elétrico para a realização da soldagem. Vamos a elas.



A primeira diferença é que o processo MIG/MAG usam eletrodos não-revestidos, isto é, nuzinhos da silva, para a realização da soldagem.

A segunda é que a alimentação do eletrodo é feita **mecanicamente**. Essa semi-automatização faz com que o soldador seja responsável pelo início, pela interrupção da soldagem e por mover a tocha ao longo da junta. A manutenção do arco é assegurada pela alimentação mecanizada e contínua do eletrodo. Isso garante ao processo sua principal vantagem em relação a outros processos de soldagem manual: a alta produtividade.

As siglas **MIG** e **MAG**, usadas no Brasil, vêm do inglês “metal inert gas” e “metal active gas”. Essas siglas se referem respectivamente aos gases de proteção usados no processo: gases inertes ou mistura de gases inertes, e gás ativo ou mistura de gás ativo com inerte. Ajudam também a identificar a diferença fundamental entre um e outro: a soldagem MAG é usada principalmente na soldagem de materiais **ferrosos**, enquanto a soldagem MIG é usada na soldagem de materiais **não-ferrosos**, como o alumínio, o cobre, o níquel, o magnésio e suas respectivas ligas.

A soldagem MIG/MAG é usada na fabricação de componentes e estruturas, na fabricação de equipamentos de médio e grande porte como pontes rolantes, vigas, escavadeiras, tratores; na indústria automobilística, na manutenção de equipamentos e peças metálicas, na recuperação de peças desgastadas e no revestimento de superfícies metálicas com materiais especiais.

As amplas aplicações desses processos são devidas à:

- alta taxa de deposição, o que leva a alta produtividade no trabalho do soldador;
- versatilidade em relação ao tipo de materiais, espessuras e posições de soldagem em que podem ser aplicados;
- ausência de operações de remoção de escória por causa da não utilização de fluxos de soldagem;
- exigência de menor habilidade do soldador.

Apesar da maior sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem, que influenciam diretamente na qualidade do cordão de solda, a soldagem MIG/MAG, por sua alta produtividade, é a que apresentou maior crescimento de utilização nos últimos anos no mundo.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale com um **X** a alternativa que completa corretamente as questões abaixo.
 - a) Alcançar níveis elevados de produtividade sem perder a qualidade é uma das metas da indústria; isso será possível com auxílio da:
 1. () habilidade do profissional na empresa.
 2. () preponderância da operação manual do equipamento.
 3. () automatização que controla o processo.
 4. () controle automatizado da mão-de-obra e da matéria-prima.

- b) A operação manual do equipamento torna os processos de soldagem estudados:
1. () lentos, com baixos índices de produtividade e, conseqüentemente, difíceis de operar.
 2. () obsoletos, caros, com baixo índice de produtividade.
 3. () lentos, com baixo índice de produtividade e, conseqüentemente, caros.
 4. () ultrapassados, caros e difíceis de operar.
- c) As siglas MIG e MAG indicam processos de soldagem por fusão que utilizam o calor de um arco elétrico formado entre:
1. () um eletrodo metálico consumível e a peça.
 2. () um eletrodo revestido e o elemento de liga.
 3. () um eletrodo revestido e o metal de base.
 4. () o metal fundido e o metal solidificado.

2. Responda às seguintes questões.

- a) Descreva com suas palavras as diferenças entre as soldagens MIG/MAG com relação ao processo com eletrodo revestido que também usa o princípio do arco elétrico para soldagem.
- b) A que se referem respectivamente as siglas MIG e MAG usadas no Brasil?

3. Complete as sentenças abaixo:

- a) O processo MAG é usado principalmente na soldagem de materiais, enquanto o processo MIG é usado principalmente na soldagem de materiais
- b) A soldagem MIG/MAG é usada na fabricação de componentes e estruturas,, e

4. Assinale (F) ou (V) conforme sejam falsas ou verdadeiras as afirmativas abaixo:

a) As diversas aplicações do processo MIG/MAG se devem a:

1. () exigência de menor habilidade do soldador.
2. () versatilidade em relação ao tipo de materiais, espessuras e posições de soldagem em que podem ser aplicados.
3. () alto consumo de material de adição e baixa taxa de deposição.
4. () ausência de operação de remoção de escória pela não utilização de fluxo de soldagem.
5. () alta qualidade do cordão de solda e alta produtividade.

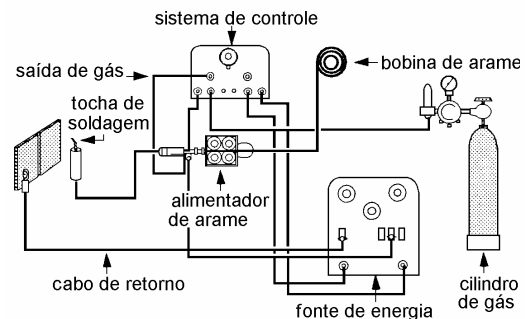
Equipamentos para soldagem MIG/MAG

O equipamento usado no processo de soldagem com proteção a gás pode ser:

- semi-automático, no qual a alimentação do eletrodo é feita automaticamente pela máquina e as demais operações são realizadas pelo soldador
- ou automático, no qual após a regulagem feita pelo soldador, este não interfere mais no processo.

Para empregar o processo MIG/MAG, é necessário ter os seguintes equipamentos:

1. Uma fonte de energia;
2. Um sistema de alimentação do eletrodo;
3. Uma tocha/pistola de soldagem;
4. Um suprimento de gás de proteção com regulador de pressão e fluxômetro;
5. Um sistema de refrigeração de água, quando necessário.



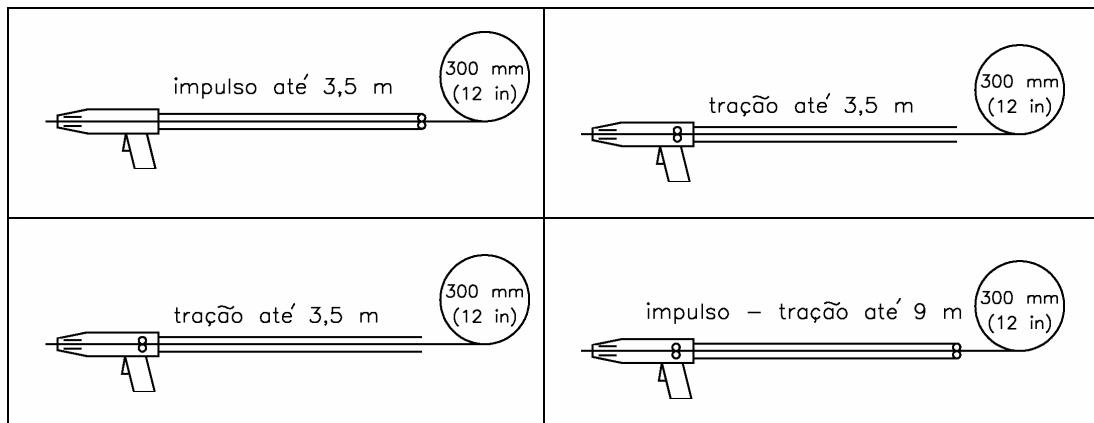
As **fontes de energia** para a soldagem MIG/MAG são do tipo transformador-retificador de corrente contínua.

Para que o processo de soldagem com eletrodo consumível seja estável, é preciso que o comprimento do arco permaneça constante. Para isso, a velocidade de consumo do eletrodo deve ser, teoricamente e em média, igual a sua velocidade de alimentação. Esse trabalho é feito pelas fontes de energia de duas formas:

- a) pelo controle da velocidade de alimentação do eletrodo de modo que a iguale à velocidade de fusão, ou
- b) pela manutenção da velocidade de alimentação constante, permitindo variações nos parâmetros de soldagem.

Normalmente, o **sistema alimentador do eletrodo** combina as funções de acionar o eletrodo e controlar elementos como vazão de gás e água, e a energia elétrica fornecida ao eletrodo. Ele é acionado por um motor de corrente contínua independente da fonte. A velocidade de alimentação do arame (eletrodo), que vem enrolado em bobinas, está diretamente relacionada à intensidade da corrente de soldagem fornecida pela máquina de solda, conforme as características da fonte e do processo.

Para ser movimentado, o eletrodo é passado por um conjunto de roletes de alimentação, que pode estar próximo ou afastado da tocha de soldagem.



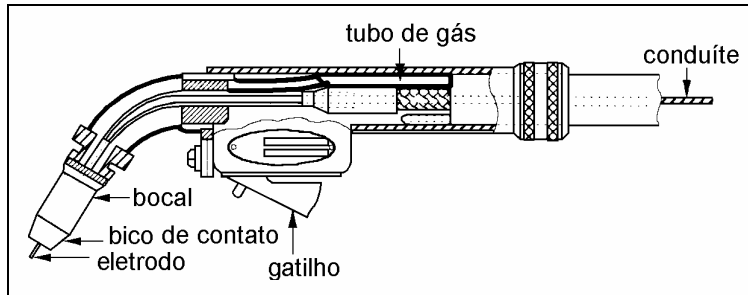
A **tocha de soldagem** conduz simultaneamente o eletrodo, a energia elétrica e o gás de proteção a fim de produzir o arco de soldagem. Suas funções são:

- guiar o eletrodo de modo que o arco fique alinhado com a junta a ser soldada;

- fornecer a corrente de soldagem ao eletrodo;
- envolver o arco e a poça de fusão com o gás de proteção.

Ela consiste basicamente de:

- um bico de contato que faz a energização do arame-eletrodo;
- um bocal que orienta o fluxo do gás;
- um gatilho de acionamento do sistema.



As tochas de soldagem podem ser refrigeradas por água ou pelo próprio gás de proteção que conduzem. Isso depende dos valores de corrente usados e do ciclo de trabalho do equipamento. Assim, por exemplo, correntes de trabalho mais elevadas (acima de 220 A) e ciclos de trabalho superiores a 60% recomendam a refrigeração com água.

A **fonte de gás** consiste de um cilindro do gás ou mistura de gases de proteção dotado de regulador de pressão (manômetro) e/ou vazão (fluxômetro).

Todo esse conjunto tem um custo inicial maior do que o equipamento necessário para a execução da soldagem por eletrodos revestidos. Além disso, ele também exige mais cuidados de manutenção no decorrer de sua vida útil. Isso porém é compensado pelo alto nível de produtividade proporcionado pela utilização da soldagem MIG/MAG.

Consumíveis e suas especificações

Como em quase todo processo de soldagem ao arco elétrico, além do equipamento, é necessário o emprego dos consumíveis.

Na soldagem MIG/MAG, os consumíveis são o eletrodo (também chamado de arame) ou metal de adição; o gás de proteção e, em alguns casos, um líquido para a proteção da tocha e das regiões adjacentes à solda contra a adesão de respingos.

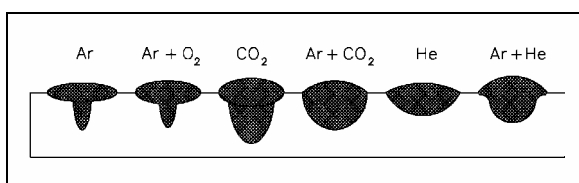
Os **eletrodos** para soldagem MIG/MAG são fabricados com metais ou ligas metálicas como aço inoxidável, aço com alto teor de cromo, aço carbono, aços de baixa liga, alumínio, cobre, níquel, titânio e magnésio. Eles apresentam composição química, dureza, superfície e dimensões controladas e normalizadas. A norma é a da AWS (**American Welding Society**) e a classificação para aço-carbono é feita por meio de um conjunto de letras e algarismos: **ER XXXY-ZZ**.

Nesse conjunto, temos:

- As letras **ER** são usadas sempre juntas e se referem ao consumível aplicável em processos de soldagem TIG, MIG, MAG e arco submerso.
- Os próximos dois ou três dígitos referem-se à resistência à tração mínima do metal depositado em 10^3 PSI.
- O dígito **Y** pode ser um **S** para arame sólido, **T** para arame tubular e **C** para arames indicados para revestimentos duros.
- O **Z** indica a classe de composição química do arame e outras características.

Deve-se reforçar ainda a importância dos cuidados necessários ao armazenamento e manuseio dos eletrodos. Eles devem ser armazenados em um local limpo e seco para evitar a umidade. Para evitar a contaminação pelas partículas presentes no ambiente, a bobina deve retornar à embalagem original quando não estiver em uso.

O tipo de gás influencia nas características do arco e na transferência do metal, na penetração, na largura e no formato do cordão de solda, na velocidade máxima da soldagem.



Os gases inertes puros são usados principalmente na soldagem de metais não-ferrosos como o alumínio e o magnésio. Os gases ativos puros ou as misturas de gases ativos com inertes são usados principalmente na soldagem dos metais ferrosos. As misturas de gases ativos com gases inertes em diferentes proporções permitem a soldagem com melhor estabilidade de arco nos metais ferrosos.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

5. Responda às seguintes perguntas.

- a) Além da fonte de energia e do sistema de alimentação do eletrodo, que outros itens são necessários para a realização da soldagem MIG/MAG?
- b) Quais são as principais funções da tocha de soldagem? Descreva-as nas sentenças abaixo:
 1. guiar o eletrodo de modo que o arco fique com a a ser soldada.
 2. fornecer a corrente de ao
 3. envolver o e a de fusão com o gás de proteção.
- c) Quais são os tipos de consumíveis utilizados na soldagem MIG/MAG?
- d) Os eletrodos para soldagem MIG/MAG são fabricados com metais ou ligas metálicas. Cite ao menos quatro tipos desses metais.
- e) O que indicam as letras abaixo que normalizam e classificam os tipos de eletrodos?
As letras **ER**, juntas, se referem a
- f) Qual a importância dos gases na soldagem MIG/MAG?

Transferência de metal

Na soldagem MIG/MAG, o metal fundido na ponta do eletrodo tem que se transferir para a poça de fusão. O modo como essa trans-

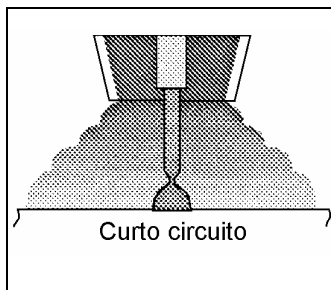
ferência acontece é muito importante. Ele é influenciado principalmente pelo valor da corrente de soldagem, pela tensão, pelo diâmetro do eletrodo, e pelo tipo de gás de proteção usado.

Por outro lado, o modo como essa transferência ocorre influi, na estabilidade do arco, na aplicabilidade em determinadas posições de soldagem e no nível de geração de respingos.

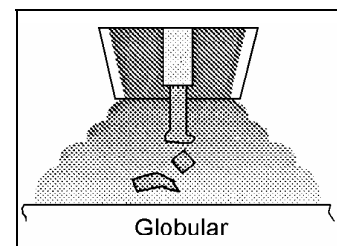
Para simplificar, pode-se dizer que a transferência ocorre basicamente de três formas básicas, a saber:

1. Transferência por curto-circuito.
2. Transferência globular.
3. Transferência por "spray", ou pulverização axial.

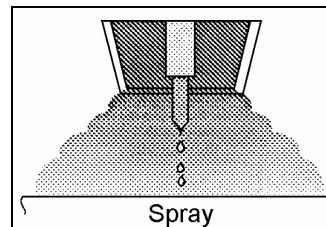
A transferência por **curto-circuito** ocorre com baixos valores de tensão e corrente. O curto-circuito acontece quando a gota de metal que se forma na ponta do eletrodo vai aumentando de diâmetro até tocar a poça de fusão. Este modo de transferência pode ser empregado na soldagem fora de posição, ou seja, em posições diferentes da posição plana. É usado também na soldagem de chapas finas, quando os valores baixos de tensão e corrente são indicados.



A transferência **globular** acontece quando o metal do eletrodo se transfere para a peça em gotas com diâmetro maior do que o diâmetro do eletrodo. Essas gotas se transferem sem direção, causando o aparecimento de uma quantidade elevada de respingos. Essa transferência, é indicada para a soldagem na posição plana.



A transferência **por spray** ocorre com correntes de soldagem altas, o que faz diminuir o diâmetro médio das gotas de metal líquido. Esse tipo de transferência produz uma alta taxa de deposição, mas é limitado à posição plana.



Etapas, técnicas e parâmetros do processo

Para soldar peças pelo processo de soldagem MIG/MAG, o soldador segue as seguintes etapas:

1. Preparação das superfícies.
2. Abertura do arco.
3. Início da soldagem pela aproximação da tocha da peça e acionamento do gatilho para início do fluxo do gás, alimentação do eletrodo e energização do circuito de soldagem.
4. Formação da poça de fusão.
5. Produção do cordão de solda, pelo deslocamento da tocha ao longo da junta, com velocidade uniforme.
6. Liberação do gatilho para interrupção da corrente, da alimentação do eletrodo, do fluxo do gás e extinção do arco.

O número de passes é função da espessura do metal e do tipo da junta.

O estabelecimento do procedimento de soldagem deve considerar variáveis como: tensão, corrente, velocidade, ângulo e deslocamento da tocha, tipo de vazão do gás, diâmetro e comprimento da extensão livre do eletrodo ("stick out"). Essas variáveis afetam a penetração e a geometria do cordão de solda.

Assim, por exemplo, se todas as demais variáveis do processo forem mantidas constantes, um aumento na corrente de soldagem, com conseqüente aumento da velocidade de alimentação do eletrodo, causa aumento na penetração e aumento na taxa de deposição.

Sob as mesmas condições, ou seja, variáveis mantidas constantes, um aumento da tensão produzirá um cordão de solda mais largo e mais chato.

A baixa velocidade de soldagem resulta em um cordão de solda muito largo com muito depósito de material. Velocidades mais altas produzem cordões estreitos e com pouca penetração.

A vazão do gás deve ser tal que proporcione boas condições de proteção. Em geral, quanto maior for a corrente de soldagem, maior será a poça de fusão e, portanto, maior a área a proteger, e maior a vazão necessária.

O comprimento da extensão livre do eletrodo é a distância entre o último ponto de contato elétrico e a ponta do eletrodo ainda não fundida. Ela é importante porque, quanto maior for essa distância, maior será o aquecimento do eletrodo (por causa da resistência elétrica do material) e menor a corrente necessária para fundir o arame.

O quadro a seguir mostra problemas comuns de soldagem, suas causas e medidas corretivas.

Tipos de descon-tinuidade	Causas	Prevenções
Poros Visíveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidade de soldagem muito alta. 2. Distância excessiva entre bocal e peça. 3. Tensão (voltagem) alta. 4. Metal de base sujo de óleo, tintas, oxidação ou molhado. 5. Corrente de ar. 6. Fluxo de gás incorreto. 7. Arames e guias sujos. 8. Respingos de solda no bocal. 9. Vazamento nas mangueiras e na tocha. 10. Preparação inadequada de junta. 11. Preparação inadequada de junta. 12. Metal de base impuro ou defeituoso. 13. Tocha muito inclinada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuir a velocidade de soldagem. 2. Manter a distância correta entre o bocal e a peça. 3. Reduzir a tensão (voltagem) caso ela esteja alta. 4. Limpar o metal de base por meios apropriados, antes da soldagem. 5. Proteger as peças de corrente de ar, para não prejudicar a proteção gasosa. 6. Regular a vazão de gás: se a vazão de gás estiver baixa, aumente para proteger a poça de fusão; se a vazão estiver alta, é melhor reduzir para evitar turbulência. (8 a 101/min - arco curto e 12 a 201/m - arco longo). 7. Limpar a guia com ar comprimido; usar sempre arames isentos de graxa, resíduos ou umidade. 8. Limpar os respingos de solda do bocal, que podem alterar o fluxo de gás, provocando turbilhonamento e aspiração de ar. 9. Verificar sempre as mangueiras, conexões, juntas e pistola para evitar aspiração de ar pelo furo. 10. Dimensionar a rede adequadamente. 11. Obter uma abertura constante e dentro dos limites da posição de trabalho. 12. Rejeitar o metal de base. 13. Posicionar a tocha corretamente.

Continuação:

Falta de Penetração ou de Fusão na Raiz.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abertura muito pequena ou mesmo inexistente, ou abertura irregular. 2. Ângulo do chanfro muito pequeno. 3. Presença de “nariz” ou “nariz” muito grande. 4. Falha no manuseio da tocha. 5. Falta de calor na junta. 6. Passe de raiz com convexidade excessiva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar e realizar a montagem, respeitando sempre a fresta mínima em função do chanfro e da posição de soldagem. 1. Procurar tornar a fresta a mais constante possível, através de um potenciamento adequado. 2. Utilizar ângulo entre 40 e 60°. 3. Verificar se é realmente necessária a existência de “nariz”. 3. Procurar tornar o “nariz” o mais constante possível e sempre menor do que o máximo permitido para o tipo de chanfro e posição de soldagem definidos. 4. Quando for necessário, parar a soldagem antes do término do cordão de raiz e realizar as retomadas / reacendimentos de forma correta. 5. Aumentar o par tensão X velocidade do arame (amperagem). 5. Reduzir a velocidade de soldagem pois ela pode estar muito alta, porém é preferível manter o arco na frente da poça de fusão. 5. Preaquecer a peça de trabalho. 5. Soldar em posição vertical ascendente. 6. Esmerilhar o passe de raiz, obtendo certa concavidade em sua superfície antes de executar o novo cordão.
Superfície Irregular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidade inadequada do arame (amperagem). 2. Manuseio incorreto da tocha. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar a velocidade do arame. 2. Aprimorar o manuseio da tocha para que o tecimento seja cadenciado e constante.
Desalinhamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pré-montagem mal executada. 2. Ponteamento deficiente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser caprichoso na preparação da junta a soldar. 2. Realizar um ponteamento, com soldas de fixação resistentes e dimensionadas de acordo com as partes a unir.
Respingos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tensão muito elevada. 2. Vazão de gás excessiva 3. Sujeira no metal de base. 4. Avanço do arame alto ou baixo em relação à tensão do arco. 5. Distância excessiva entre o bocal e a peça. 6. Altura excessiva do arco. 7. Controle inadequado da indutância. 8. Posição inadequada da tocha. 9. Mau contato entre cabos e peças. 10. Bico de contato danificado. 11. Bocal com respingos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduzir a tensão. 2. Regular a vazão do gás. 3. Limpar o metal de base, eliminando tintas, óxidos, graxas e outras impurezas que provocam isolamento entre o arame e o metal de base. 4. Regular o avanço do arame. 4. Controlar a condição ideal pelo tamanho/volume da gota na ponta do arame, que deve ter aproximadamente o mesmo diâmetro do arame. 5. Manter a distância correta entre o bocal e a peça. 6. Reduzir a altura do arco. 7. Controlar a indutância adequadamente. 8. Usar a técnica de arco quente (aramé sobre a poça de fusão) para melhorar a estabilidade do arco e reduzir os respingos. Não inclinar muito a tocha e procurar manter, onde for possível, o arco perpendicular à linha da solda. 9. Limpar as superfícies de contato a fim de evitar instabilidade no arco. 10. Trocar o bico de contato. 11. Limpar ou trocar o bocal com respingo.

Como você pôde perceber a soldagem MIG/MAG é um processo bastante versátil em termos de aplicabilidade às mais variadas

ligas metálicas e espessuras de material, podendo ser usada em todas as posições. Além disso, por ser semi-automática, ele apresenta uma produtividade muito elevada. Isso a torna uma alternativa bastante viável quando comparada à soldagem com outros processos.

Por todos esses motivos, preparamos esta aula para você. Não se esqueça de que ainda há muito o que aprender. Se o assunto pareceu interessante, procure ler mais sobre ele. Você só tem a ganhar, porque o profissional que sabe mais tem o futuro nas mãos.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

Assinale com um **X** a alternativa correta nas questões abaixo:

6. Considerando que o modo de transferência do metal fundido para a poça de fusão na soldagem MIG/MAG, responda:
- a) A transferência por **curto circuito** ocorre:
1. () com altos valores de tensão e corrente.
 2. () com baixos valores da tensão e corrente.
 3. () com correntes elevadas ou estáveis.
 4. () com tensões e correntes estáveis.
- b) A transferência **globular** acontece quando:
1. () o metal do eletrodo se transfere para a peça em gotas maior que o diâmetro do eletrodo.
 2. () o metal do eletrodo se transfere para a peça em gotas menor que o diâmetro do eletrodo.
 3. () o metal do eletrodo se transfere direcionando, com pequena qualidade de respingos.
 4. () o metal do eletrodo se transfere sem direção, causando o aparecimento de bolhas.

- c) A transferência por **spray** ocorre com:
1. () corrente e tensões altas produzindo baixa taxa de deposição.
 2. () correntes de soldagem baixas produzindo altas taxas de deposição.
 3. () correntes de soldagem altas, produzindo alta taxa de deposição.
 4. () correntes de soldagem altas, produzindo baixas taxas de deposição.
7. Ordene seqüencialmente as etapas para o desenvolvimento da soldagem pelo processo MIG/MAG.
- a) () Formação da poça de fusão.
 - b) () Abertura do arco.
 - c) () Liberação do gatilho para interrupção da corrente da alimentação do eletrodo, do fluxo do gás e extinção do arco.
 - d) () Produção do cordão de solda, pelo deslocamento da tocha ao longo da junta, com velocidade uniforme.
 - e) () Início da soldagem pela aproximação da tocha da peça e acionamento do gatilho para início do fluxo do gás.
 - f) () Preparação das superfícies.
8. Responda às seguintes perguntas:
- a) Qual a influência da baixa velocidade de soldagem no formato do cordão?
 - b) O que determina a quantidade de passes em uma junta?
 - c) Cite algumas variáveis estabelecidas durante o procedimento de soldagem que afetam a penetração e a geometria do cordão de solda.
 - d) Por que é importante considerar o comprimento da extensão livre do eletrodo que é a distância entre o último ponto de contato elétrico e a ponta do eletrodo ainda não fundida?

Gabarito

1. a) (3) b) (3) c) (1)
2. a) A soldagem MIG/MAG usa eletrodos não-revestidos; e a alimentação do eletrodo é feita mecanicamente.
b) MIG: gases inertes, ou mistura de gases inertes; MAG: gases ativos ou mistura de gases ativos com inertes.
3. a) Ferrosos, não-ferrosos
b) Na manutenção, recuperação de peças e revestimento de superfícies.
4. a) 1) (V) 2) (V) 3) (F) 4) (V) 5) (V)
5. a) Tocha/pistola de soldagem, suprimento de gás de proteção com regulador de pressão e fluxômetro e um sistema de refrigeração de água.
- b) 1. alinhado, junta
2. soldagem, eletrodo
3. arco, poça
- c) Eletrodo ou metal de adição; gás de proteção.
- d) - aço inoxidável.
- aço-carbono.
- aços de baixa liga.
- alumínio, cobre, níquel etc.
- e) Eletrodos enrolados em bobinas, aplicados em processos de soldagem TIG/MIG MAG e arco submerso.
- f) Permitir a proteção da poça de fusão da contaminação atmosférica e melhorar a estabilidade de arco.
6. a) (2) b) (1) c) (3)
7. a) (6) b) (5) c) (2)
d) (1) e) (4) f) (3)

8. a) Resulta em cordão muito largo, com muito depósito de material.
- b) Espessura e tipo de junta.
- c) Tensão, correntes, ângulo de deslocamento da tocha.
- d) Quanto maior a distância, maior será o aquecimento do eletrodo e menor a corrente necessária para fundir o arame.

Não é desodorante, mas dá mais proteção

A globalização da economia colocou dois grandes desafios para a indústria: a produtividade e a qualidade. Para vencer a concorrência é preciso produzir muito, barato e com qualidade.

Os processos de soldagem que estudamos até agora, nem sempre contemplam esses dois aspectos. Por serem predominantemente manuais, são lentos e dependem muito da habilidade do soldador para que o resultado do trabalho tenha a qualidade esperada.

A possibilidade de automatização surge como uma solução para a produtividade e a manutenção do nível da qualidade em patamares que se possa controlar.

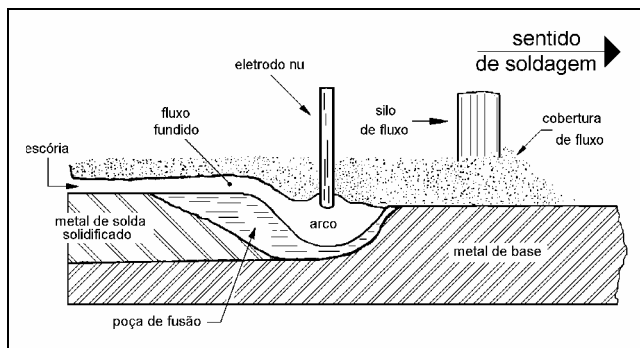
Nesta aula, você vai conhecer um processo que é totalmente automatizado e que, portanto, apresenta as muitas vantagens que esse fato pode trazer. Mas, será que ele tem só vantagens? Bem, isso você só vai ficar sabendo se estudar esta aula. Portanto, mãos à obra!

Protegendo a solda

Nos processos de soldagem por fusão, o fato de se usar calor torna inevitável a presença de modificações tanto na estrutura quanto na superfície do material que está sendo soldado. Isso traz como consequência a modificação das propriedades mecânicas da junta soldada.

Portanto, um dos desafios tecnológicos da soldagem é justamente diminuir o mais possível esses fenômenos, de modo que a peça possa apresentar todas as características necessárias para seu uso de maneira mais produtiva possível.

Nesta aula, vamos estudar um processo de soldagem por fusão chamado soldagem ao arco submerso. Nele, a união entre os metais acontece por aquecimento e fusão obtidos por meio de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico sem revestimento e a peça que se quer soldar. A grande “sacada” desse método é que o arco se forma sob uma camada protetora de material granular, ou seja, em forma de grãos, chamado de fluxo e que é colocada sobre a região da solda. Essa proteção impede a contaminação da solda pela atmosfera.



Uma vez aberto o arco, tanto o eletrodo quanto o fluxo são alimentados continuamente para a região do arco enquanto a tocha é deslocada. O eletrodo, parte da camada de fluxo e o metal de base fundem sob o calor do arco formando a poça de fusão.

O cordão de solda é formado pelo metal fundido solidificado. A parte fundida do fluxo forma uma camada de escória que protege o cordão da solda e que é facilmente removível. A parte do fluxo que não se funde pode ser reutilizada em novas operações.

A soldagem por arco submerso é um processo estável que gera poucos fumos de soldagem e quase nenhum respingo. Como resultado são obtidos cordões uniformes com bom acabamento. As soldas resultantes apresentam boas propriedades mecânicas.

As principais vantagens desse processo são o rendimento, pois não há praticamente perdas por respingos, e a alta taxa de deposição. É um processo rápido, pois exige apenas um terço do tempo normalmente necessário para outros processos, e econômico, por causa de sua alta produtividade. Os cordões de solda obtidos são de alta qualidade.

A principal limitação do processo é a posição de soldagem, ou seja, ela pode ser realizada apenas nas posições plana e horizontal, quando se trata de soldagem em juntas de ângulo.

A soldagem ao arco submerso é utilizada em estaleiros, caldeirarias de médio e grande porte, mineradoras, siderúrgicas e fábricas de perfis e estruturas metálicas, principalmente em trabalhos com aço-carbono, carbono-manganês, aços de baixa liga e aços inoxidáveis. Pode também ser empregado no revestimento e recuperação de peças desgastadas, com a deposição de metais resistentes à oxidação e ao desgaste.

Exercícios

1. Resolva às seguintes questões.

- a) Pelo fato de se usar calor nos processos de soldagem por fusão, modificações na estrutura e na superfície do material que está sendo soldado tornam-se inevitáveis. Descreva as conseqüências que isso traz para a peça que está sendo soldada.
- b) Como se chama o processo de soldagem por fusão em que a união entre os metais ocorre por aquecimento e fusão obtidos por meio de um arco elétrico protegido por fluxo e estabelecido entre um eletrodo metálico sem revestimento e a peça que se quer soldar?
- c) Que tipo de processo gera poucos fumos de soldagem e quase nenhum respingo, no qual se obtém cordões com acabamento uniforme e quase não se nota a diferença entre a superfície da solda e do metal de base?
- d) Cite algumas aplicações da soldagem ao arco submerso.

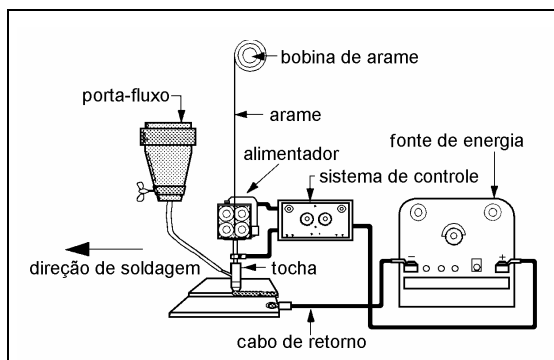
2. Assinale com um **X** a resposta correta nas alternativas abaixo:

a) As principais vantagens da soldagem por arco submerso são:

1. () gera poucos fumos de soldagem e muitos respingos.
2. () obtém-se cordões com acabamento uniforme, gerando muitos fumos de soldagem.
3. () baixa taxa de deposição, num processo lento.
4. () alta taxa de deposição, sem perdas por respingos, processo rápido e econômico.

Equipamentos necessários

Para realizar soldagem ao arco submerso, são necessários os seguintes equipamentos:



- uma fonte de energia,
- uma tocha de soldagem,
- um sistema alimentador
- de eletrodo,
- um sistema de controle,
- dispositivos para alimentação
- e recuperação de fluxo.

A fonte de energia para a soldagem ao arco pode ser de três tipos:

- transformador (CA),
- transformador-retificador (CC),
- motor-gerador (CC).

Os diferentes tipos de correntes fornecidos pelas fontes produzem tipos diferentes de cordões de solda, a saber:

1. A corrente contínua (CC) possibilita a melhor abertura do arco e permite melhor controle da forma do cordão, da profundidade de penetração e da velocidade de soldagem.
2. A corrente contínua com eletrodo positivo (CC+) permite maior penetração e controle do cordão.

3. A corrente contínua com eletrodo negativo (CC-) é a que fornece a maior taxa de deposição, por isso é ideal para revestimentos e soldagem de chapas finas.
4. A corrente alternada (CA) tem uma penetração intermediária entre os dois tipos de polaridade da corrente contínua. Além disso, a corrente alternada minimiza o sopro magnético.

A tocha de soldagem tem um bico de contato deslizante, feito de cobre e ligas, responsável pela energização do eletrodo. Ela tem, também, um sistema para fixação do cabo de saída da fonte e um suporte isolante.

O sistema de alimentação do eletrodo é formado por um suporte para a bobina do eletrodo, um motor de corrente contínua com controle de velocidade e um conjunto de roletes de alimentação. Esse sistema é muito importante para a qualidade da soldagem porque o deslocamento da tocha é independente e não há como detectar falha na soldagem durante o processo, já que a solda fica coberta pelo fluxo.

A alimentação do fluxo é feita por um conjunto formado por um porta-fluxo, mangueiras condutoras e um bocal de saída. A recuperação do fluxo é feita por dispositivos que aspiram os grãos não fundidos e os devolvem ao porta-fluxo.

O alimentador de eletrodo, o alimentador de fluxo e a tocha de soldagem são montados no cabeçote de soldagem, ou seja, um carro acionado por um motor elétrico, com velocidade ajustável que se desloca sobre um trilho colocado em um suporte.

Eletrodos e fluxos de soldagem

A combinação do metal de base com o procedimento de soldagem, o eletrodo e o fluxo de soldagem adequados determina as propriedades mecânicas do cordão de solda.

Normalmente, os eletrodos para soldagem ao arco submerso são arames sólidos, fornecidos em carretéis e bobinas, com diâmetros

que variam entre 1,6 e 6,4 mm. Eles permitem soldagem com elevadas densidades de corrente, dependendo do tipo e quantidade de soldas a realizar. Eles são produzidos por trefilação e podem ser revestidos superficialmente com cobre. Em aplicações especiais, eles podem ter a forma de fita ou de tubo.

A especificação dos arames pode ser feita de acordo com a composição química. Por essa classificação, os arames-eletrodos são divididos em três grupos: baixo (L), médio (M) e alto (H) teor de manganês.

Além disso, os eletrodos de cada grupo podem apresentar diferentes teores de carbono e altos ou baixos teores de silício. Os eletrodos com maiores teores de carbono, manganês e silício produzem cordões com maior resistência e dureza. Os eletrodos com maior teor de silício são adequados para os cordões obtidos com elevadas velocidades de soldagem, porque o silício aumenta a fluidez da poça de fusão.

A soldagem ao arco submerso não pode ser realizada sem o fluxo de soldagem que, como já vimos, recobre o arco, protegendo a solda da contaminação atmosférica. Assim, no processo, ele tem ainda outras funções, a saber:

1. estabilizar o arco;
2. fornecer elementos de liga ao metal de solda;
3. minimizar a ação das impurezas no metal de solda;
4. formar escória com propriedades físicas e químicas capazes de influenciar nas características do cordão de solda.

O outro consumível indispensável para a realização da soldagem ao arco submerso é o fluxo. O fluxo de soldagem é um composto granulado formado por uma mistura de óxidos e outros minerais e, eventualmente, ferro-ligas.

Dependendo da quantidade relativa de óxidos presentes no fluxo, ele pode ser classificado como ácido, neutro ou básico. De um modo geral, os fluxos mais básicos tendem a reduzir os teores de oxigênio, enxofre e fósforo no metal depositado, o que melhora as propriedades mecânicas, como a resistência à fratura frágil.

Os fluxos também podem ser classificados de acordo com sua capacidade de alterar a composição química do metal da solda. Nesse caso, eles são classificados em ativos ou neutros.

O tamanho da partícula que compõe o fluxo é um dado importante, porque ele afeta o nível de corrente usada. Em geral, uma corrente mais alta é usada com um fluxo mais fino a fim de que se obtenha um arco estável e soldas mais largas e planas. Outras variáveis que influenciam na escolha do tamanho da partícula são o tipo do fluxo, a velocidade de soldagem e o tipo de solda que se quer obter.

A escolha de um fluxo é sempre feita em combinação com a escolha do arame eletrodo. Essa combinação é que define as propriedades finais do metal depositado. Ambos são especificados de acordo com normas da AWS (American Welding Society): a A 5.17-80 (para eletrodos de aço doce e fluxos compatíveis) e a A 5.23-80 (para eletrodos de aço de baixa liga e fluxos correspondentes).

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Faça corresponder os diferentes tipos de correntes fornecidos pelas fontes com os diferentes tipos de cordão de solda.

A - Tipos de corrente

- a) () CC+ (corrente contínua com eletrodo positivo).
b) () CC- (corrente contínua com eletrodo negativo).

B - Tipos de solda

1. Fornece a maior taxa de deposição, ideal para revestimento e soldagem de chapas finas.
2. Permite melhor penetração e controle do cordão.

4. Assinale com um **X** as respostas corretas.
- a) O que determina as propriedades mecânicas do cordão de solda é:
1. () a combinação do metal de base com o procedimento de soldagem, a composição química e a corrente.
 2. () o eletrodo e o fluxo de soldagem com o tipo de eletrodo para arco submerso.
 3. () a combinação do metal de base, procedimento de soldagem, o eletrodo e o fluxo de soldagem adequados.
 4. () a combinação química e a especificação dos arames.
5. Assinale **F** ou **V** conforme sejam falsas ou verdadeiras as alternativas abaixo:
- a) () Os eletrodos para soldagem ao arco submerso são produzidos por trefilação com diâmetros que variam entre 2,6 e 6,4 mm.
- b) () Os eletrodos com maiores teores de carbono, manganês e silício produzem cordões com menor resistência, mas com maior dureza.
- c) () Os eletrodos com maior teor de silício são adequados para os cordões obtidos com elevadas velocidades de soldagem.
- d) () A soldagem ao arco submerso não pode ser realizada sem o fluxo de soldagem que, como já vimos, recobre o arco, protegendo a solda da contaminação.
- e) () O fluxo é outro consumível indispensável para realização da soldagem ao arco submerso.
- f) () A classificação como ácido, neutro ou básico depende da quantidade relativa de óxidos presentes no fluxo.
- g) () Os fluxos se classificam em ativos e neutros, de acordo com sua capacidade de alterar a composição química do metal de solda.
- h) () A escolha de um fluxo nem sempre é feita em combinação com a escolha do arame eletrodo, pois, ambos são especificados de acordo com normas de AWS.

Parâmetros e etapas do processo

A soldagem ao arco elétrico sempre pressupõe a consideração de uma série de parâmetros. Com a soldagem ao arco submerso, não poderia ser diferente.

Durante as várias fases do processo, é necessário compatibilizar todas as variáveis envolvidas. Assim, por exemplo, na fase de projeto, tomam-se em consideração o tipo e espessura do metal de base e as propriedades requeridas para a junta soldada.

Na fase de produção, consideram-se o tipo de equipamento disponível, o projeto da junta, o posicionamento da peça e do eletrodo. São muito relevantes, também, os parâmetros primários tais como: corrente, tensão, velocidade de soldagem, polaridade, combinação eletrodo-fluxo, diâmetro do eletrodo, distância entre o bico e a ponta do eletrodo ou extensão livre do eletrodo, distribuição e altura da camada de fluxo.

Uma vez estabelecidos esses parâmetros, passa-se à realização da soldagem propriamente dita que envolve as seguintes etapas:

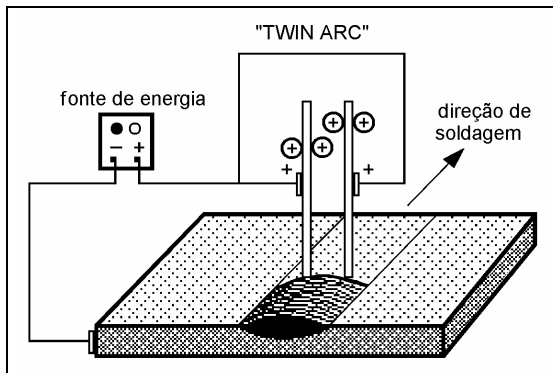
1. Preparação da junta que necessita de uma limpeza adequada no material a soldar. Além disso, poderá haver necessidade de preparação do chanfro, de cobre-junta e de chapas para a abertura e extinção do arco.
2. Alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta.
3. Posicionamento do cabeçote no local de início da operação.
4. Abertura do arco.

Dica tecnológica

Na abertura do arco, é importante evitar a sobrecarga na fonte (quando se usa fonte do tipo corrente constante) ou o agarramento do eletrodo na poça de fusão. Para isso, pode-se facilitar a abertura do arco por meio da colocação de uma pequena quantidade de lã de aço entre o eletrodo e a peça. O ideal é usar equipamentos dotados de sistemas especiais para a abertura do arco.

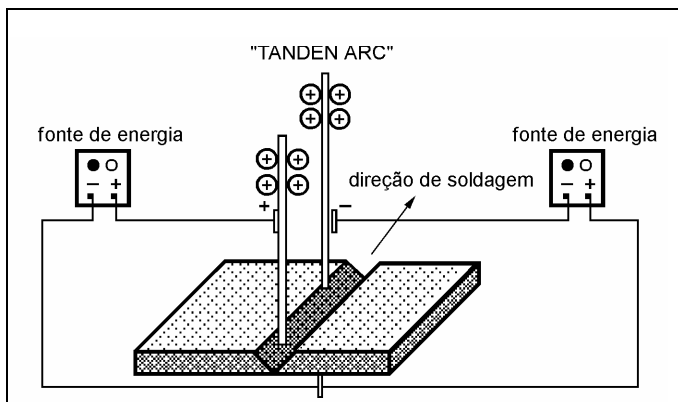
5. Supervisão da operação, por parte do operador. Isso inclui a verificação e eventual correção dos parâmetros de soldagem e do alinhamento do cabeçote.
6. Extinção do arco.
7. Limpeza da camada de escória e preparação para a deposição dos passes seguintes, se for o caso.

A fim de aumentar a produtividade e facilitar operações específicas existem variantes do processo de soldagem ao arco submerso. São elas:

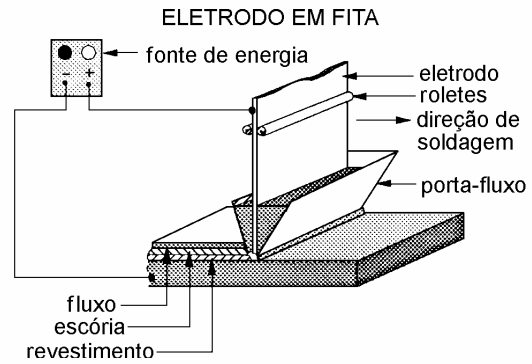


“**Twin arc**” (que quer dizer arcos gêmeos) trabalha com um ou mais eletrodos, usando uma ou mais fontes de energia soldando simultaneamente. Essa variante fornece menor penetração, baixa diluição e alta taxa de deposição. É empregado na execução de revestimentos e soldagem de chanfros largos com mata-junta.

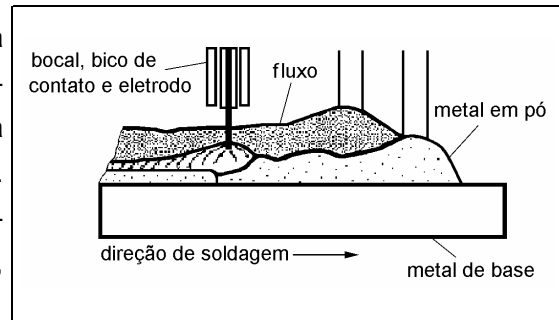
“**Tandem arc**” (que quer dizer arcos em série) usa dois ou mais eletrodos soldando em linha e simultaneamente e cada um tem sua fonte de energia e controles separados. Devido aos problemas criados por efeito de campos magnéticos, os eletrodos “re-bocados” possuem fontes de CA. Assim, é comum que o eletrodo “guia” trabalhe com CC+, que garante melhor penetração, e que os demais eletrodos trabalhem com CA, o que garante o enchimento e o melhor acabamento do cordão.



Eletrodo em fita é a variante na qual o eletrodo é substituído por uma fita metálica de 0,5 mm de espessura e 30 a 120 mm de largura. Nela, a diluição é muito baixa e o cordão de solda tem aproximadamente a largura da fita. Esse fato indica o processo para revestimento de grandes áreas.



Adição de pó metálico é a variante na qual uma camada de pó de ferro (mais comum) é depositada antes do fluxo com a função de aumentar a taxa de deposição. Nessa variante, o arco elétrico funde o arame-eletrodo, o metal de base e o pó, formando uma junta única.



Outras variantes são a soldagem com elevado “stick out”, que permite aumentar a taxa de deposição através do efeito Joule, e a soldagem em chanfro estreito (“narrow gag”), que permite a soldagem de componentes de grande espessura com pequena abertura de raiz e ângulo de soldagem com inclinação entre 5 e 10º com o uso de cabeçotes especiais.

Com estas informações terminamos mais esta aula. Mas, você ainda tem muito o que estudar. Releia esta parte da lição e faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

6. Ordene, numerando, as etapas do processo de soldagem ao arco submerso.
 - a) () abertura do arco.
 - b) () preparação da junta que envolve a preparação, a colocação da cobre-junta e de chapas para a extinção do arco, limpeza etc.

- c) () posicionamento do cabeçote no local de início da operação.
- d) () alinhamento da direção de deslocamento do equipamento com a direção da junta.
- e) () extinção do arco.
- f) () limpeza da camada de escória e preparação para a deposição das passadas seguintes, se for o caso.
- g) () supervisão da operação, por parte do soldador, incluindo a verificação e eventual correção dos parâmetros de soldagem e do alinhamento do cabeçote.

7. As variantes do processo de soldagem ao arco submerso que existem a fim de aumentar a produtividade e facilitar operações específicas são:

- a) “Twin arc” (arcos gêmeos)
- b) “Tandem arc” (arcos em série)
- c) Eletrodo em fita
- d) Adição de pó metálico

Faça corresponder cada variante com suas operações específicas, relacionadas abaixo:

- 1. () essa variante tem a função de aumentar a taxa de deposição.
- 2. () nessa variante, o eletrodo “guia” trabalha com CC+, que garante melhor penetração, e os demais eletrodos trabalham com CA garantindo o enchimento e o melhor acabamento do cordão.
- 3. () essa variante fornece melhor penetração, baixa diluição e alta taxa de deposição. É empregado na execução de revestimento e soldagem de chanfros largos com mata-junta.
- 4. () nessa variante, a diluição é muito baixa onde o processo é indicado para revestimento de grandes áreas.

Gabarito

1. a) Modificação das propriedades mecânicas da junta soldada.
b) Arco submerso.
c) Arco submerso.
d) Estaleiros, caldeirarias de médio e grande porte, mineradoras, siderúrgicas, fábricas de perfis etc.

2. a) (4)

3. 1) (b) 2) (a)

4. a) (3)

5. a) (F) b) (F) c) (V) d) (V)
e) (V) f) (V) g) (V) h) (F)

6. a) 4; b) 1; c) 3; d) 2;
e) 6; f) 7; g) 5.

7. 1) (d) 2) (b) 3) (a) 4) ©

Versatilidade, ainda que tardia!

O limite da curiosidade do ser humano é o horizonte. Como a gente nunca chega ao horizonte, porque ele está sempre bastante longe, não há limite para essa curiosidade. Só que o caminho da curiosidade leva sempre à criatividade. Por causa disso, não há meios de limitar a criatividade humana. E o que isso significa para o desenvolvimento tecnológico dos processos de fabricação? Tudo!

Assim, caro aluno, para cada processo conhecido, em períodos de tempo cada vez mais reduzidos, surgem variações mais e mais avançadas tecnologicamente. Ou, então, criam-se novos processos na tentativa de suprir falhas e limitações dos processos existentes. Tudo isso em nome da competitividade, da produtividade e da qualidade.

Na soldagem, não poderia ser de outra maneira. Então, nesta aula, vamos estudar um processo de soldagem que usa um princípio diferente dos que estudamos até agora. É a soldagem por resistência. Vamos a ela!

A ordem é versatilidade!

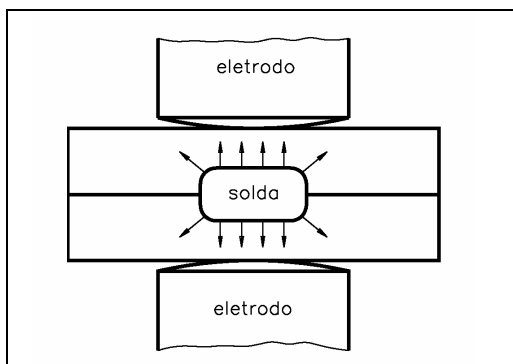
A soldagem por resistência é um dos métodos mais versáteis de união de metais que existe. Essa versatilidade se refere ao tipo de peças a serem soldadas, com relação a espessura, formato, materiais etc. Refere-se, também, ao equipamento que, com pequenas alterações, pode ser adaptado à soldagem de diferentes tipos de peças.

Mas, o que é exatamente a soldagem por resistência? Uma das primeiras coisas a aprender em relação a esse processo, é que o calor gerado não vem de uma fonte como um arco elétrico ou a chama de um gás. Basicamente, é um processo de soldagem baseado na pressão e na resistência elétrica.

Vamos trocar isso em miúdos: a soldagem por resistência compreende um grupo de processos pelos quais a união das peças acontece em superfícies sobrepostas ou em contato topo a topo, por meio do calor gerado pela resistência à passagem da corrente elétrica (Efeito Joule) e pela aplicação de pressão.

Efeito Joule é o resultado da transformação da energia elétrica em energia térmica. É pelo efeito Joule que a resistência do chuveiro aquece a água do nosso banho.

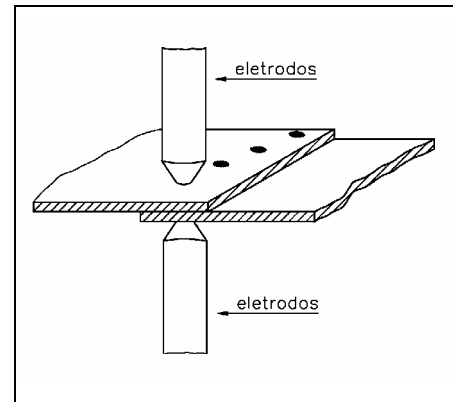
Esse fenômeno acontece da seguinte maneira: um par de eletrodos conduz a corrente elétrica até a junta; a resistência que a junta, ou as partes a serem soldadas oferecem à passagem da corrente elétrica gera o aquecimento das superfícies em contato da junta, formando a solda. O aquecimento provoca uma pequena fusão das peças a serem unidas. A aplicação da pressão garante a continuidade do circuito elétrico. Ela também permite a obtenção de soldas com baixo nível de contaminação, porque a união das partes impede a contaminação proveniente da atmosfera.



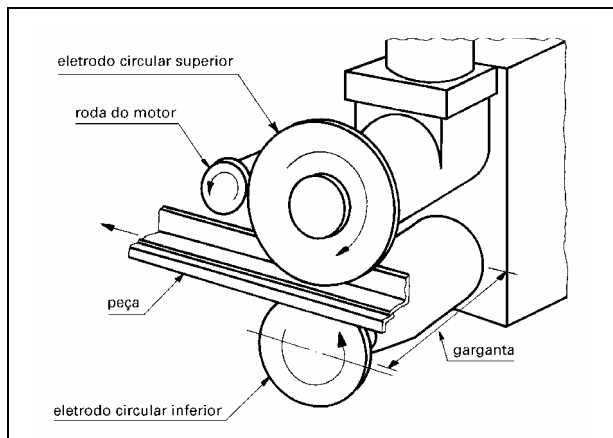
Como já foi dito antes, esse princípio está presente em um grupo de processos de soldagem, ou seja, todos eles envolvem a aplicação coordenada de pressão e passagem de corrente elétrica

com intensidade e duração adequadas. Os processos mais comuns de soldagem por resistência são:

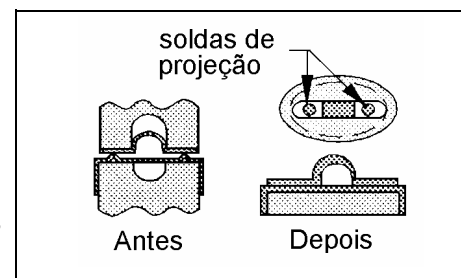
A **soldagem por pontos**, na qual as superfícies são unidas por um ou mais pontos pelo calor gerado pela resistência à corrente elétrica que passa através das peças mantidas em contato por pressão. Essa região é aquecida por um reduzido espaço de tempo, enquanto dura a passagem da corrente. Quando ela cessa, a pressão é mantida enquanto o metal se solidifica. Os eletrodos são afastados da superfície depois que se obtém cada ponto.



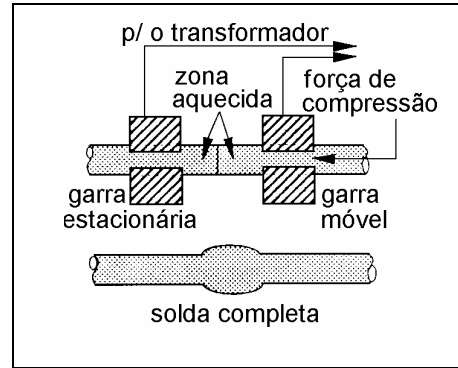
A **soldagem por costura**, na qual dois eletrodos circulares, ou um eletrodo circular e outro em barra transmitem a corrente combinada com a pressão e produzem a costura de solda que, por sua vez, consiste em uma série de pontamentos sobrepostos. A série de pontos de solda é obtida sem a retirada dos eletrodos, embora também seja possível avançar os eletrodos de forma intermitente.



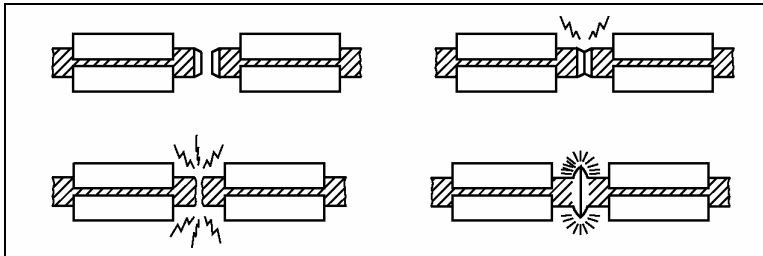
A **soldagem por projeção**, que é semelhante à soldagem por pontos, ocorre em uma parte de uma das peças, na qual existe uma projeção ou saliência obtida por meio de estampagem ou forjamento. Esse processo é empregado em chapas finas (entre 0,5 e 3,2 mm),



A **soldagem de topo**, que apresenta duas variantes: por resistência e por centelhamento. Na soldagem de topo por resistência, a união é produzida em toda a área de contato das partes a serem soldadas. As duas partes são pressionadas uma contra a outra até que o calor gerado pela passagem da corrente seja suficiente para que a união ocorra.



Na soldagem por centelhamento, a união é feita também em toda a área de contato entre as partes a serem soldadas. A diferença está no fato de que as peças são previamente energizadas, e suas faces são aproximadas até que ocorra o centelhamento. Esse processo é repetido até que a temperatura de forjamento seja atingida. Então as faces são pressionadas fortemente uma contra a outra, gerando uma considerável deformação plástica, que consolida a união.



Os processos de soldagem por resistência permitem a soldagem de diferentes metais cuja soldabilidade é controlada pela **resistividade**, pela **condutividade térmica**, pela **temperatura de fusão** e por suas características metalúrgicas. Assim, metais com elevada resistividade, baixa condutividade térmica e ponto de fusão também relativamente baixo, como as ligas não-ferrosas, são facilmente soldáveis por esses processos. Além disso, as características metalúrgicas também devem ser levadas em consideração. Por exemplo, certos aços, como aqueles com maior teor de carbono, podem necessitar de tratamentos térmicos após a soldagem para ajuste de suas propriedades mecânicas.

Resistividade é a resistência específica, ou seja, a resistência elétrica de um corpo de seção transversal uniforme com área unitária.

O quadro da a seguir resume as aplicações, vantagens e desvantagens de cada um desses processos.

Processo	Aplicações/Materiais	Vantagens	Desvantagens
Por pontos	União de chapas de até 3mm, de aço-carbono, aço inoxidável, alumínio, cobre, magnésio, níquel e ligas.	Alta velocidade de soldagem e facilidade de automação. Menor exigência quanto à habilidade do soldador.	Aumento de consumo de material e de peso por causa da sobreposição da junta. Menor resistência à tração e à fadiga.
Por costura	Juntas contínuas impermeáveis a gases e líquidos em tanques de combustíveis de autos, cilindros de extintores, tubos.	Menor largura da solda e menor sobreposição em relação à soldagem por pontos ou por projeção.	As soldas devem ser retas ou com curvaturas constantes. Comprimento das juntas longitudinais é limitado pelo percurso da máquina. Menor resistência à fadiga.
Por projeção	União de pequenas peças estampadas, forjadas ou usinadas de aço-carbono, aço inoxidável e ligas de níquel.	Possibilidade de produção de várias soldas simultâneas em um único ciclo.	O formato das projeções pode exigir mais uma operação. Em soldagens múltiplas, necessidade de controle preciso da altura e do alinhamento das peças para igualar a pressão e a corrente de soldagem.
De topo por resistência	União de arames, tubos, anéis e tiras de mesma seção transversal.		Impossibilidade de bom contato em peças de grande seção ou com formatos irregulares.
De topo por centelhamento	Barras, trilhos e tubos para oleodutos e gasodutos.	Possibilidade de soldagem de peças de formato irregular e complicado ou de grande seção.	Intenso centelhamento e conseqüente necessidade de proteção do operador e de partes do equipamento.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale com um **X** a alternativa correta nas questões abaixo:

a) O processo de soldagem por resistência corresponde:

1. () a união de peças em superfícies paralelas por meio de calor gerado por arco elétrico.
2. () a união de peças em superfícies fundidas por meio de calor gerado por chama de gás.
3. () a união de peças em superfícies estampadas por meio de calor gerado por arco elétrico com eletrodos revestidos.
4. () a união de peças em superfícies sobrepostas ou em contato topo a topo por meio de calor gerado pela resistência do metal à passagem de corrente elétrica.

b) A soldagem por pontos é um processo de soldagem por resistência no qual:

1. () as superfícies são unidas pela transmissão de calor em pontos variados da peça.
2. () as superfícies são aquecidas e posteriormente resfriadas em pontos alterados.
3. () as superfícies são unidas por um ou mais pontos pelo calor gerado pela resistência à passagem da corrente elétrica.
4. () as superfícies são unidas por vários pontos e locais determinados e intermitentes geradas pela resistência do material.

c) A soldagem por costura é um processo no qual:

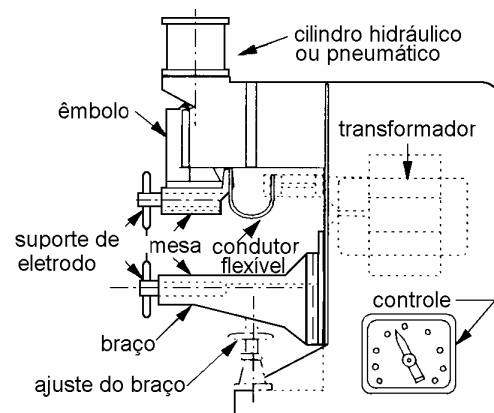
1. () a corrente combinada linearmente une duas ou mais superfícies por pressão.
2. () os eletrodos se alternam e preenchem os pontamentos sobrepostos em linha.
3. () a pressão é feita sobre uma saliência em que os eletrodos sobrepõem cada série de pontos de forma intermitente.
4. () dois eletrodos circulares, ou um eletrodo circular e outro em barra transmitem corrente combinada com pressão e produzem a costura de solda com pontamentos sobrepostos.

- d) A soldagem por projeção consiste em:
1. () unir superfícies por meio de caldeamento em chapas com espessura entre 5 e 8 mm.
 2. () unir chapas finas por meio de estampagem ou calor transmitidos por corrente elétrica.
 3. () soldar duas superfícies, de modo semelhante à soldagem por pontos, porém em uma parte de uma das peças com uma proteção obtida por meio de estampagem ou forjamento empregados em chapas finas entre 0,5 e 3,2 mm.
 4. () unir duas peças de topo em projeção por meio de estampagem ou forjamento empregado em chapas com espessuras entre 0,8 a 3,5 mm.
- e) Na soldagem de topo, as variantes são:
1. () por resistência e centelhamento.
 2. () por forjamento e centelhamento.
 3. () por prensagem e resistência.
 4. () por centelhamento e estampagem.

Equipamentos

No processo de soldagem por resistência, o equipamento é basicamente constituído por:

1. Sistema elétrico;
2. Sistema mecânico;
3. Sistema de controle.



O **sistema elétrico** consiste de uma fonte de energia, eletrodos e conexões. As **fontes de energia** mais eficientes são as formadas por um transformador de corrente contínua e um circuito retificador trifásico que apresentam menor consumo com capacidade mais elevada. Nas máquinas de soldagem por centelhamento, o sistema elétrico apresenta, ainda, um dispositivo para provocar o centelhamento entre as peças a serem unidas.

Os **eletrodos** são feitos de materiais que se caracterizam por elevada condutibilidade térmica e elétrica, por baixa resistência de contato para prevenir a queima das superfícies de contato, e por resistência mecânica suficiente para resistir à deformação decorrente da alta pressão mecânica e da alta temperatura de operação. Os materiais com essas características são as ligas à base de cobre.

Na soldagem por costura, os eletrodos são circulares, em forma de discos, que permitem a formação de pontos de solda sobrepostos, de modo a produzir uma solda contínua.

Nos processos de soldagem por resistência, os eletrodos não são consumíveis. Porém, são peças que se desgastam e devem ser substituídas sempre que necessário.

O **sistema mecânico** é composto por um chassi que suporta o transformador e os outros componentes dos sistemas elétrico e de controle, e por dispositivos para a fixação das peças e aplicação de pressão.

A aplicação de pressão pode ser feita de duas formas:

- manualmente, por meio de um motor elétrico, quando a produção é variável e há necessidade de alterar as condições ou os parâmetros da soldagem,
- por meio de dispositivos pneumáticos ou hidráulicos, nos sistemas automatizados nos quais a produção é homogênea e não necessita de ajustes.

Parâmetros, variáveis e etapas do processo

Como em todo o processo de soldagem, a realização da soldagem por resistência deve considerar uma série de variáveis. As mais importantes são:

1. Corrente de soldagem, que deve ter um valor mínimo, por sua vez, dependente da área de contato entre os eletrodos em relação as peças e das peças entre si, do material a ser soldado e de sua espessura.

2. Resistência elétrica do circuito de soldagem que corresponde à soma das resistências dos eletrodos, do contato eletrodo-peça, da resistência interna das peças e do contato entre as peças.
3. Formato e preparação dos eletrodos e a força exercida neles. Embora isso não exerça influência no calor gerado, quanto maior for a força aplicada, maior será o contato e menor será a resistência na interface peça-peça. Por outro lado, a aplicação de uma força muito pequena causa flutuação na qualidade dos pontos obtidos devido à flutuações na resistência de contato.

Em trabalhos em série, é muito importante a uniformidade das condições de soldagem. Variações nas condições das superfícies das peças ou na força aplicada podem causar defeitos nas soldas.

A escolha dos parâmetros de soldagem é feita em função do material e da espessura das peças a serem unidas. Os parâmetros típicos estão reunidos em tabelas encontradas em manuais especializados.

Atualmente, os equipamentos para soldagem por resistência estão em constante evolução o que permite a introdução de novos métodos de controle de parâmetros. Isso permite um melhor nível de controle do processo e crescente automação das etapas de soldagem.

Como o processo de soldagem por resistência engloba um grupo de variantes, vamos apresentar como exemplo, as etapas específicas da soldagem por centelhamento. Elas são:

1. Aproximação inicial e contato entre as peças para pré-aquecimento por efeito Joule;
2. Afastamento e reaproximação das peças para início do centelhamento;
3. Manutenção do centelhamento com aproximação progressiva das peças;

4. Compressão final das peças, quando as superfícies em contato sofrem deformação plástica;
5. Interrupção da passagem da corrente elétrica.

Depois da última etapa, a junta soldada pode passar por um tratamento térmico por meio de aquecimento gerado pela passagem da uma corrente elétrica de valor inferior àquela usada para pré-aquecimento e para soldagem.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

2. Preencha as lacunas com as alternativas corretas nas questões abaixo:
 - a) O sistema elétrico de um equipamento no processo de soldagem por resistência consiste de uma, eletrodos e
 1. () fonte de calor, conduítes
 2. () fonte de energia, conexões
 3. () fonte de calor, transmissores
 - b) Os eletrodos são feitos de materiais que se caracterizam por suacondutibilidade térmica elétrica e baixade contrato.
 1. () baixa, resistência
 2. () alta, pressão
 3. () elevada, resistência
 - c) O sistema mecânico é composto por um chassi que suporta um e os outros componentes dos sistemase de controle.
 1. () gerador, hidráulicas
 2. () transformador, elétrica
 3. () gerador, mecânicos

3. Assinale com um **X** as alternativas corretas nas questões abaixo:

A realização da soldagem por resistência de considerar uma série de variáveis, as mais importantes são:

1. () corrente de soldagem, resistência elétrica e tensão térmica.
 2. () corrente de soldagem resistência térmica e formato e preparação dos eletrodos.
 3. () resistência elétrica, tensão térmica, corrente de soldagem.
 4. () corrente de soldagem, resistência elétrica do circuito e preparação e formato dos eletrodos.
4. Ordene, numerando de 1 a 5, as etapas específicas da soldagem por centelhamento.
- a) () afastamento e reaproximação dos picos para início do centelhamento.
 - b) () manutenção do centelhamento com aproximação progressiva das peças
 - c) () interrupção da passagem da corrente elétrica
 - d) () compressão final dos picos, quando as superfícies em contato sofrem deformação plástica.
 - e) () aproximação inicial e contato entre as peças para pré-aquecimento por efeito Joule.

Gabarito

1. a) (4) b) (3) c) (4)
 d) (3) e) (1)
2. a) (2) b) (3) c)(2)
3. a) (4)
4. a) 2; b) 3; c) 5;
 d) 4; e) 1

Apesar do emprego das mais variadas fontes de calor e da utilização de diferentes técnicas de trabalho, todos os processos de soldagem que você estudou até agora tinham uma coisa em comum: eram processos de soldagem com fusão.

Não, caro aluno, não queremos dizer que os processos são “confusos”. O que esperamos que você tenha aprendido, é que esses processos têm em comum o fato de que os metais de base sempre atingem a temperatura de fusão no local onde se realiza a soldagem. É importante que você tenha aprendido, também, quais são as conseqüências desse calor na estrutura do metal e, conseqüentemente, nas propriedades do material soldado.

Nesta aula, você vai estudar um conceito novo, mas ao mesmo tempo muito velho, de soldagem. Na verdade, antes do desenvolvimento da maioria dos processos de soldagem atuais, o processo que estudaremos foi um método de união amplamente empregado.

Que método é esse? Quais são suas características, vantagens, desvantagens, aplicações? Isso você só vai ficar sabendo se estudar esta aula com atenção. Vamos a ela.

Soldagem sem fusão

Acabou-se a “com fusão”. O processo de união, que estamos começando a estudar agora, tem como principal característica o fato de que a união dos metais é obtida com o uso de um metal

de adição que tem uma temperatura de fusão superior a 450°C, porém menor do que a temperatura de fusão do metal de base. Ele é chamado de **brasagem**.

Mas, esta não é a única característica da brasagem. Além de não haver fusão do metal de base, a união é formada pelo metal de adição que preenche a junta por **capilaridade**, ou seja, esse metal em estado líquido preenche os espaços vazios que existem entre as superfícies a serem soldadas.

A brasagem requer também, e na maioria dos casos, o uso de um **fluxo** cuja função é a remoção das impurezas da superfície do metal de base. Essa providência garante que o metal de adição fundido tenha contato direto com as superfícies das juntas. Como a fluidez do metal de adição é muito maior que do que a do fluxo, o material de adição desloca o fluxo e substitui-o na junta. Após o resfriamento, o metal de adição solidificado preenche a junta e o fluxo se distribui pela periferia da junta.

A ligação entre o metal de adição e o metal de base é sólida e resistente. Ela se dá por difusão por meio da formação de ligas intermetálicas na região de contato entre as duas superfícies. Para que isso aconteça, é necessário que o contato entre o metal de adição e o metal de base seja perfeito. Isso é conseguido se as superfícies estiverem completamente isentas de qualquer traço de sujeira, óxidos, graxa etc. A limpeza é feita por meios químicos ou mecânicos. Mesmo assim, os metais precisam ser protegidos durante o aquecimento por um fluxo ou uma atmosfera adequada.

A brasagem pode ser feita em atmosfera ativa, inerte ou sob vácuo. O uso de atmosferas protetoras elimina a necessidade de limpeza após a operação, para eliminar da junta as substâncias corrosivas provenientes dos fluxos.

Esse processo, também chamado de **brasagem forte**, tem múltiplas aplicações; de modo geral, é empregado na união de metais diferentes, de peças de pequena espessura, de metais tratados termicamente e em uniões de metal com cerâmica.

A brasagem forte apresenta algumas vantagens em relação aos processos de soldagem por fusão:

- requer menor calor de modo que a soldagem se realiza mais rapidamente;
- o metal de adição apresenta baixa tensão residual e sua ductilidade permite posterior usinagem;
- as uniões apresentam resistência mecânica adequada para várias aplicações;
- o equipamento usado é simples e de fácil manuseio;
- possibilidade de união de materiais frágeis, como o ferro fundido cinzento, sem pré-aquecimento em temperaturas altas.

Por outro lado, há algumas desvantagens, tais como:

- resistência da união limitada à resistência do metal de adição;
- temperatura de serviço limitada ao ponto de fusão do metal de adição;
- possibilidade de ocorrência de corrosão galvânica na junta;
- todo o conjunto a ser brasado deve ser aquecido.

O processo de brasagem tem variantes que são classificadas de acordo com a fonte de calor ou método de aquecimento usados.

O quadro a seguir ilustra essa classificação.

Vantagens	Fonte de calor	Metal de adição	Proteção
Por chama	Maçaricos de oxi-gás (acetileno, propano etc.)	Colocado previamente ou alimentado manualmente, em forma de fitas, varetas, pó.	Por fluxo
Em forno	Forno elétrico, a gás ou a óleo, contínuos ou intermitentes.	Colocado previamente.	Por fluxo, por atmosfera controlada e por vácuo.
Por indução	Fonte de energia + bobina de indução.	Colocado previamente.	Por fluxo.
Por resistência	Corrente passando por eletrodos metálicos ou de carvão (brasagem ao arco).	Colocado previamente.	Por fluxo ou por atmosfera controlada.
Por imersão em banho químico	Resistência elétrica ou maçarico a gás.	Colocado previamente.	Por fluxo ou pelo próprio banho.
Por imersão em metal fundido	Forno para pré-aquecimento das peças e cadinho.	Compõe o banho de metal fundido.	Pelo próprio banho.
Por raios infravermelhos	Fontes de radiação infravermelha: lâmpadas de quartzo de alta intensidade + refletores para concentrar a radiação.	Colocado previamente.	Por fluxo.

Um processo de união que utiliza o mesmo princípio da brasagem é a **soldabrasagem**. Nele, o metal de adição tem a temperatura de fusão também superior a 450°C, porém **não** preenche a junta por ação capilar. Tanto o desenho da junta quanto a forma de deposição do metal de adição se assemelham aos da soldagem por fusão. As fontes de calor para a soldabrasagem podem ser maçaricos de oxi-gás e arcos TIG ou plasma.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Preencha as lacunas com a alternativa correta.
 - a) Quando a união de metais é obtida com o uso de metal de adição com uma temperatura de fusão superior a porém menor do que a temperatura de fusão do metal base, chamamos esse processo de
 1. () 480°C, soldagem
 2. () 450°C, caldeamento
 3. () 420°C, brasagem
 4. () 350°C, soldagem
 - b) Para que a ligação entre o e o sejam perfeitas é necessário que as superfícies estejam completamente isentas de sujeira.
 1. () metal ferroso, metal de adição
 2. () metal de adição, metal não-ferroso
 3. () metal de adição, metal de base
 4. () metal de base, metal ferroso
 - c) A brasagem pode ser feita em atmosfera., ou
 1. () neutra, ativa, sob vácuo
 2. () ativa, neutra, inerte
 3. () ativa, inerte, ou sob vácuo
 4. () ativa, neutra, sob vácuo

- d) Complete o quadro que classifica o processo de brasagem em função de suas variantes.

Vantagens	Fonte de calor	Proteção
1) Brasagem em forno		por fluxo
2) Brasagem por indução	colocados previamente	
3) Brasagem por resistência		por fluxo e atmosfera controlada
4) Brasagem por imersão em metal fundido	Compõe o banho de metal fundido	
5) Brasagem por raios infravermelhos		por fluxo

2. Cite pelo menos três vantagens e duas desvantagens da brasagem.

Consumíveis

Como já vimos na primeira parte desta aula, para a realização da brasagem, é imprescindível o uso de metal de adição e, na maioria dos casos, de fluxos protetores.

Para obter uma junta com características adequadas a sua aplicação, é importante a escolha certa do material de adição. Essa escolha é feita em função do metal de base, do método de aquecimento, do desenho da junta e do tipo de proteção escolhido.

Além disso, o metal de adição deve apresentar características como:

- temperatura de fusão adequada;
- boa molhabilidade, ou seja, capacidade de expansão espontânea da fase líquida de um metal sobre uma superfície sólida. Para isso é importante que exista afinidade entre o sólido e o líquido;
- boa fluidez;
- propriedades mecânicas compatíveis com a aplicação.

Os metais de adição para brasagem são normalizados pelas normas AWSA 5.7-77 e AWS A5.8-81. O quadro a seguir apre-

senta algumas das ligas de metais de adição mais comuns, juntamente com os metais de base aos quais se aplicam e respectivo método de aquecimento.

Metal de adição	Metal de base	Método de aquecimento
Ligas à base de prata	Metais ferrosos e não-ferrosos exceto alumínio e magnésio.	Todos
Ligas de níquel	Aços inoxidáveis (série 300 e 400), aço carbono, aços de baixa ligas. Ligas de níquel e cobalto.	Variados
Ligas de cobalto	Metais à base de cobalto	Forno com atmosfera protetora.
Ligas alumínio-silício	Alumínio e suas ligas.	Em fornos e por imersão. Em certos casos, por chama.
Ligas de ouro	Ferro, ligas de níquel, ligas de cobalto.	Por forno em atmosfera redutora, a vácuo, por resistência.
Ligas de cobre e cobre-zinco	Metais ferrosos e não-ferrosos em juntas sobrepostas ou de topo.	Variados
Cobre puro	Metais ferrosos, níquel e ligas cobre-níquel.	Por forno
Liga de cobre-fósforo	Cobre e suas ligas.	Cobre e suas ligas.
Magnésio	Ligas de magnésio.	Por chama, por imersão.

Quando você estudou os materiais para a construção mecânica, aprendeu que os metais, uns mais, outros menos, **sempre** reagem com o ambiente. O grau de reação vai depender do metal e das condições do ambiente. A temperatura, por exemplo, pode levar à formação de óxidos, que são prejudiciais ao processo de brasagem e ao desempenho da junta.

Para impedir a formação de óxidos e facilitar a remoção de camadas já existentes, é necessário empregar os fluxos. Essa função protetora necessita que o fluxo apresente algumas características:

- viscosidade na temperatura de operação, a fim de que o metal de adição possa expulsar o fluxo para a periferia de junta e, então, preenchê-la;
- tensão superficial do fluxo, que deve facilitar a molhabilidade do metal de base e o deslocamento do metal de adição dentro da junta.

Em geral, os fluxos são constituídos de cloretos, fluoretos, fluoboratos, boratos, bórax, ácido bórico, agentes umectantes e água. A maioria deles é composta por uma combinação de alguns desses constituintes misturados em proporções adequadas à utilização.

Não existe um fluxo universal, ou seja, adequado a todas as situações. A especificação do fluxo depende do tipo de metal de base, do metal de adição e da temperatura de trabalho. A classificação normalizada pela AWS divide os fluxos em seis grupos. Veja tabela a da próxima página.

Classe AWS	Metal de base	Metal de adição	Temperatura de trabalho (°C)	Constituintes	Apresentação
1	Ligas de alumínio	Alumínio-silício	371 - 643	Cloretos e fluoretos	Pó
2	Ligas de magnésio	Magnésio	482 - 649	Cloretos e fluoretos	Pó
3A	Todas, exceto os listados em 1, 2 e 4	Cobre-fósforo Prata	566 - 871	Ácido bórico Boratos, fluoretos Fluorboratos	Pó Pasta Líquido
3B	Todos, exceto os listados em 1, 2 e 4	Cobre puro Cobre-fósforo Prata, ouro Cobre-zinco níquel	732 - 1149	Ácido bórico Boratos, fluoretos Fluorboratos	Pó Pasta Líquido
4	Bronze-alumínio Latão alumínio Ferro ou ligas de níquel com alumínio, titânio ou ambos	Prata Cobre-fósforo (apenas para ligas à base de cobre)	566 - 871	Cloretos Fluoretos Boratos	Pó Pasta
5	Todos, exceto os listados em 1, 2 e 4	Os mesmos que 3B, exceto Ag-1 e Ag-7	760 1204	Bórax Ácido bórico Boratos	Pó Pasta Líquido

Alguns metais de adição são autofluxantes, ou seja, desempenham também o papel do fluxo em certas ligas. É o caso, por exemplo, do constituinte Cu_3P do cobre-fósforo que funciona como fluxo quando usado em cobre e suas ligas.

Etapas do processo

Basicamente dois tipos de juntas são usados em brasagem: as sobrepostas e as de topo. Na formação da junta, o espaçamento entre as peças tem influência primordial sobre suas características mecânicas. É por meio do espaçamento que a ação da capilaridade se torna efetiva.

Assim, se o espaçamento entre as peças for muito pequeno, o preenchimento da junta fica muito lento e pode ser apenas parcial. Se ele for excessivo, o tempo de preenchimento também será longo, podendo acarretar a formação de bolhas de gás e as inclusões de fluxo e óxidos na solda.

O espaçamento entre as peças varia em função da temperatura de trabalho. Essa informação é encontrada em livros especializados.

Para a realização da brasagem, o operador deve seguir as seguintes etapas:

1. Limpeza adequada da superfície a ser brasada.
2. Aplicação do fluxo.
3. Posicionamento das peças antes que o fluxo “seque”.
4. Brasagem.
5. Remoção do fluxo, geralmente com água quente ou com agentes químicos ou mecânicos.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Preencha as lacunas com a alternativa que complete corretamente a sentença abaixo.

a) A escolha do material de adição para realização de brasagem é feita em função do metal de base do de do da e do tipo de proteção escolhida.

1. () método resfriamento, desenho junta
2. () processo fusão, método fusão
3. () método aquecimento, processo aplicação
4. () método aquecimento, desenho junta

4. Assinale **F** ou **V** conforme sejam falsas ou verdadeiras as afirmativas abaixo:

O material de adição para realização da brasagem deve apresentar as seguintes características.

- a) () boa fluidez
- b) () capacidade de expansão da fase sólida de um metal sobre uma superfície aquecida
- c) () temperatura de fusão adequada
- d) () propriedades mecânicas compatíveis com a aplicação
- e) () boa molhabilidade
- f) () boa afinidade sobre o sólido e o líquido
- g) () capacidade de fusão compatível com o sólido e o líquido para soldagem

5. Complete o quadro indicando os metais de base e seus respectivos métodos de aquecimento em função dos metais de adição apresentados abaixo:

Metais de adição	Metais de base	Métodos de aquecimento
a) Ligas a base de prata		todos
b) Ligas de níquel	aços inox (série 300 e 400), aços carbono, aços de baixa liga, ligas de metal e cobalto	
c) Ligas de cobalto		fornos com atmosfera protetora
d) Ligas de alumínio-silício	Alumínio - suas ligas	1
e) Cobre puro		por forno
f) Ligas de cobre e cobre-zinco		variados
g) Magnésio	Ligas de magnésio	

6. Preencha as lacunas com a alternativa que complete corretamente as questões a seguir.

- a) Para que o metal de adição possa expulsar o fluxo para a periferia a na de operação é fundamental.

1. () densidade, temperatura
2. () viscosidade, velocidade
3. () viscosidade, temperatura
4. () temperatura, velocidade

- b) Para facilitar a molhabilidade do metal de base e o deslocamento do metal de adição é importante considerar a superficial do

1. () temperatura, metal
() tensão, fluxo
3. () resistência, fluxo
4. () tensão, metal

7. Ordene numerando as etapas para realização da brasagem:

- a) () posicionamento das peças antes que o fluxo seque.
- b) () limpeza adequada da superfície a ser brasada.
- c) () brasagem.
- d) () aplicação do fluxo.
- e) () remoção do fluxo.

Gabarito

1. a) (2) b) (3) c) (3) d) 1. Forno elétrico, a gás ou a óleo; 2. por fluxo; 3. corrente passando por eletrodos metálicos ou de carvão; 4. pelo próprio banho; 5. fontes de radiação infravermelha: lâmpadas de quartzo de alta intensidade mais refletores para concentrar a radiação.
2. **Vantagens:** requer menor calor; o metal de adição apresenta baixa tensão residual e sua quantidade permite posterior usinagem; o equipamento usado é simples e de fácil manuseio.
Desvantagens: resistência da solda limitada à resistência do metal de adição; possibilidade de ocorrências de corrosão galvânica na junta
3. a) (4)
4. a) (V) b) (F) c) (V) d) (V)
e) (V) f) (V) g) (F)
5. a) Metais ferrosos e não-ferrosos.
b) Metais à base de cobalto.
c) Em fornos e por imersão e em certos casos por chama.
d) Metais ferrosos, níquel, ligas, cobre-níquel.
e) Metais ferrosos e não ferrosos em juntas sobrepostas ou de topo.
f) Por chama, por imersão.
6. a) (3) b) (2)
7. 1) (b) 2) (d) 3) (a)
4) (c) 5) (e)

Atualmente, acredita-se que, de cada dez robôs trabalhando nas indústrias, seis estão envolvidos em operações de soldagem, principalmente nos processos por resistência elétrica, mais conhecido como “soldagem a ponto”, e na soldagem ao arco elétrico, principalmente o processo MIG, que você já estudou em aulas anteriores.

Mas, que máquinas são essas e por que será que o robô se adaptou tão bem aos processos de soldagem, a ponto de se tornar o principal campo de aplicação dessas máquinas maravilhosas? Essas são perguntas interessantes que, com certeza, você gostaria de ver respondidas.

Nesta aula, vamos satisfazer sua curiosidade. Aqui você vai saber não só os “porquês”, mas também os “comos” da soldagem feita com auxílio de robôs. Prepare-se.

O robô industrial

É impossível falar em automação do processo de soldagem sem se referir a um tipo muito especial de máquina: o robô industrial. Mas o que é um robô industrial, afinal de contas?

Os livros e filmes de ficção científica transformaram os robôs em seres criados à imagem e semelhança do homem, normalmente por um cientista louco e que, quase sempre, revoltavam-se contra seu criador, acabando por destruí-lo. Uma idéia bastante aterrorizante. Outras vezes, eram máquinas inteligentes e engraçadi-

nhas, que andavam com pernas ou esteiras, apitando e piscando luzinhas coloridas.

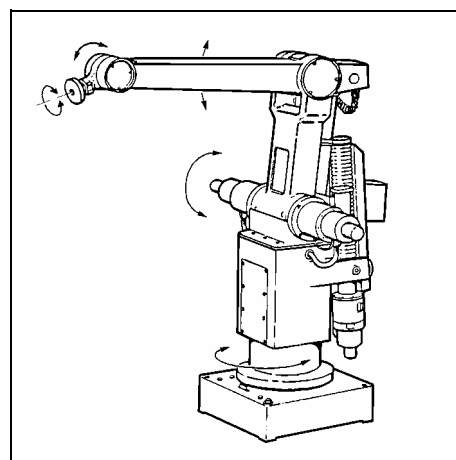
Talvez isso o decepcione um pouco: nenhuma das idéias transmitidas pelos escritores de ficção científica ou pelos diretores dos filmes futuristas que você já viu, corresponde ao que é, na realidade, um robô. Pelo menos ao robô encontrado nas indústrias, limitado em sua inteligência e desempenho pela tecnologia atual, ainda distante da imaginação dos roteiristas dos filmes da série **Guerra nas Estrelas**.

Robôs industriais são máquinas controladas por computador e destinadas a realizar uma grande variedade de tarefas. Ou seja, são máquinas flexíveis, adaptáveis a serviços diferentes, bastando que para isso mudemos a ferramenta com que ela trabalha e seu programa (um tipo de “receita de bolo” que diz ao robô, passo a passo como a tarefa deve ser feita, numa linguagem que ele seja capaz de entender).

Assim, um mesmo robô pode ser capaz de pintar gabinetes de máquinas de lavar roupa com uma pistola de pintura a ar comprimido, rebarbar peças numa fundição ou soldar estruturas de automóveis numa linha de montagem. Basta que mudemos seu programa de operação e a ferramenta que ele deve segurar.

Por exemplo: um tipo de robô industrial, conhecido como robô articulado ou angular pode ser visto na figura a seguir.

Ele é composto por uma série de peças (corpo, braço, antebraço etc.) articuladas e acionadas por motores elétricos. O conjunto de posições de cada peça num certo momento determina a posição da extremidade (ou punho) do robô onde é fixada a ferramenta com a qual ele irá trabalhar. Para cada motor elétrico que aciona cada parte do robô, existe pelo menos um sensor de posição que detecta a localização de cada uma daquelas peças.



Os motores e os sensores estão ligados ao computador que controla o robô. Por meio do programa, o computador compara as ordens que você deu ao robô com a sua posição atual, conhecida por intermédio dos sensores. Se a posição em que o robô se encontra é diferente daquela que você desejava, o computador se encarrega de realizar as correções necessárias.

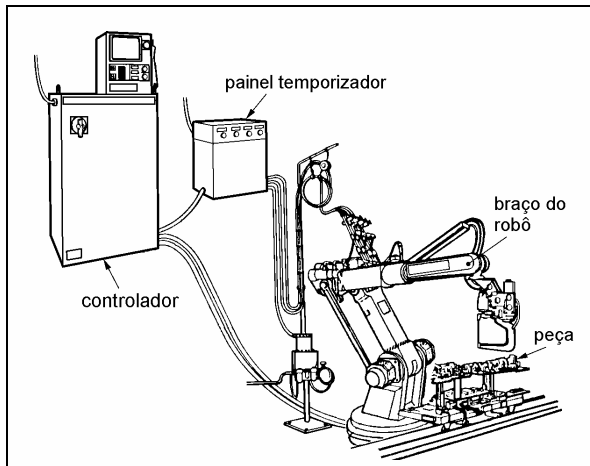
Os robôs soldadores

O primeiro robô industrial apareceu por volta de 1960. Suas primeiras tarefas foram as de carregar e descarregar peças em máquinas. Entretanto, o tempo mostrou que esta não seria a ocupação mais importante dessas máquinas, e a soldagem se tornou seu principal campo de aplicação. Vários fatores contribuíram para que isso acontecesse:

- Os postos de soldagem apresentam um ambiente inseguro e pouco confortável ao trabalho humano, pois nele estão presentes as radiações térmica e luminosa, os gases e as fagulhas metálicas.
- Em muitas operações de soldagem, o soldador é obrigado a manejar equipamentos e colocar-se em posições desconfortáveis para que possa efetuar a tarefa num ponto específico da peça.
- A repetição constante de um mesmo tipo de tarefa leva o soldador à fadiga física e compromete a qualidade do serviço. Num robô, ao contrário, a repetibilidade e precisão dos movimentos é constante durante toda sua vida útil.

A figura a seguir mostra um robô equipado com uma pistola de soldagem MIG. Observe que ele está cercado por uma série de equipamentos necessários à realização de seu trabalho. Chamamos o conjunto formado por todos esses equipamentos de célula de produção.

Nesta figura, podemos ver o equipamento de solda MIG com o alimentador automático de arame de solda, o dispositivo de fixação da peça a ser soldada – cujos movimentos também são, geralmente, controlados por computador – , e o computador que controla o robô. Além disso, temos uma cerca de proteção que isola a área de trabalho, protegendo o pessoal de operação e manutenção que, acidentalmente, poderia entrar na área de alcance da máquina durante sua operação automática.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale com um **X** a alternativa correta abaixo:

a) Os robôs industriais são:

1. () máquinas inteligentes criadas à semelhança do homem.
2. () máquinas controladas por computador, flexíveis, adaptadas para realizar uma grande variedade de tarefas.
3. () máquinas para verificação e medição automática em linhas de soldagem.
4. () equipamentos programados para facilitar o movimento de peças nas linhas de montagem.
5. () dispositivos criados para realizar trocas de ferramentas e instrumentos por intermédio do comando de computador.

2. Escreva (F) ou (V) conforme sejam falsas ou verdadeiras as alternativas abaixo:
- a) Vários fatores contribuíram para que os robôs substituíssem o homem nas operações de soldagem. Entre eles destacamos:
1. () O fato dos postos de soldagem apresentarem um ambiente insalubre, pois além das radiações térmicas e luminosas são pouco confortáveis para o trabalho.
 2. () Às vezes o soldador é obrigado a manejar equipamentos pesados e colocar-se em posições desconfortáveis para que possa efetuar trabalhos específicos em determinados pontos da peça.
 3. () Em certas circunstâncias, a operação de soldagem limita-se a pequenas correções em componentes e máquinas operatrizes.
 4. () A fadiga física que compromete a qualidade do serviço em razão da repetição constante de um mesmo tipo de tarefa.
 5. () As várias posições em que se vê obrigado a ficar, leva o operador a substituir seus componentes de trabalho alterando sua rotina.

Afinal, prá que computador?

Nos primeiros robôs industriais desenvolvidos na década de 60, a seqüência de movimentos era controlada por meio de relês e chaves fim-de-curso. Esses recursos da eletricidade e da eletrônica limitavam tanto a velocidade quanto a quantidade e precisão de operações e movimentos que o robô podia fazer.

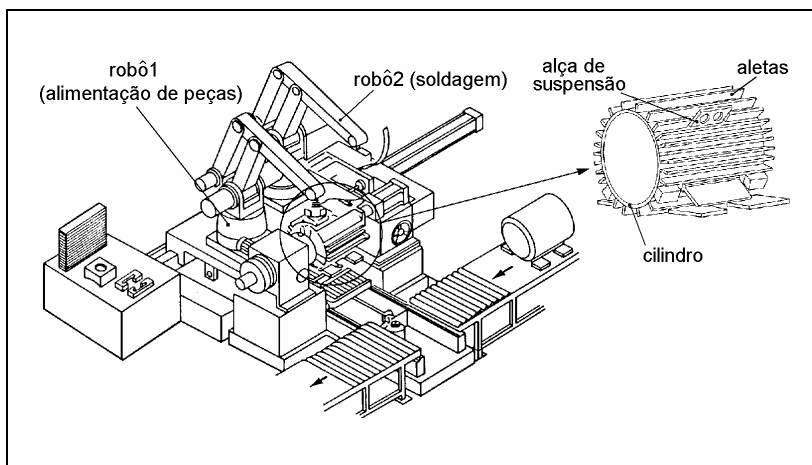
Atualmente, utilizam-se computadores com grande capacidade de armazenamento de dados e elevada velocidade de realização de cálculos matemáticos. Esses computadores permitem que os robôs tenham mais movimentos e possam executá-los com um grau de precisão da ordem de $\pm 0,05$ mm. Ainda é uma precisão pobre quando a comparamos com as necessárias em operações de

usinagem, porém é considerada satisfatória nas operações típicas de robôs como soldagem e pintura.

Na soldagem ao arco elétrico, por exemplo, esses computadores controlam os movimentos do robô, de modo que este mantenha uma distância constante entre o eletrodo e a peça, assegurando a formação de um arco voltaico satisfatório. Além disso, controlam as velocidades do braço do robô e de alimentação do arame do eletrodo, de modo que garanta um cordão de solda de boa qualidade.

Se não bastasse tudo isso, o computador ainda “toma conta” dos outros equipamentos que fazem parte da célula de produção e, muitas vezes, se comunica com os computadores que controlam outros robôs de modo que todos eles possam trabalhar em harmonia, sem riscos de colisões e com o máximo aproveitamento de sua capacidade produtiva.

Vejamos um exemplo: a figura a seguir mostra esquematicamente os componentes de uma carcaça de motor elétrico e uma célula de produção para a soldagem desses componentes.



Para soldar os componentes (aletas, alças de suspensão, caixa de ligação etc.) no cilindro da carcaça, essa célula trabalha com dois robôs. O robô da esquerda (robô 1) tem a função de pegar o componente a ser soldado que se encontra sobre uma bancada, posicioná-lo sobre o cilindro da carcaça do motor e segurá-lo enquanto o robô da direita (robô 2) solda o componente.

O cilindro da carcaça chega à célula por uma esteira transportadora e é preso pelas extremidades num dispositivo de fixação giratório. Após a soldagem de todos os componentes, a carcaça é retirada da célula também por meio de uma esteira transportadora.

Nesse caso, além dos movimentos do robô, o computador deve controlar as tarefas de:

- alimentar o cilindro por meio da esteira;
- fixar o cilindro no dispositivo;
- girar o dispositivo de fixação;
- chamar o robô de posicionamento ou o de soldagem;
- retirar a carcaça pronta da célula.

Como você percebeu, para realizar todas essas tarefas com precisão e segurança, são necessários computadores poderosos.

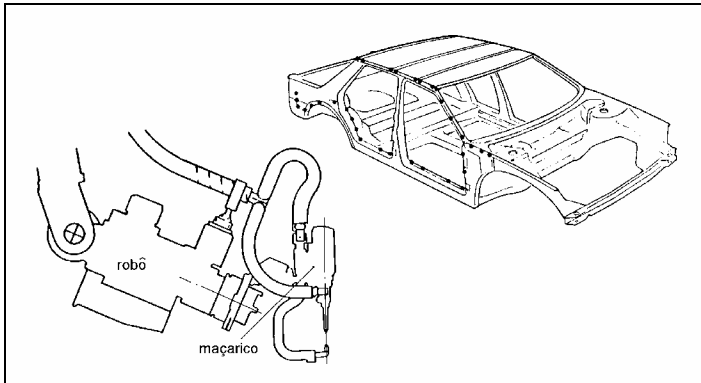
Ensinando o robô

Como já dissemos, os robôs industriais necessitam de um programa para que possam realizar sua tarefa. Esse programa pode ser escrito numa linguagem própria, capaz de ser entendida pelos robôs, e em seguida ser introduzido na memória do computador que vai controlar seus movimentos.

No entanto, em vez de descrever esse programa, adotou-se um método que se tornou bastante popular na indústria: a programação conhecida como “Teaching” ou “Ensino”.

Quando estamos ensinando uma criança a escrever, costumamos pegá-la pela mão e fazê-la descrever com um lápis o contorno de uma determinada letra. Fazemos isso várias vezes, para tentar acostamá-la com os movimentos para que possa, em seguida, realizá-los sozinha. Para programar robôs pelo método “Teaching”, fazemos uma coisa bastante parecida.

Suponhamos que desejamos fazer com que o dispositivo de solda a ponto mostrada a seguir, montado na extremidade de um robô, execute os pontos de solda na estrutura do automóvel.



Com o auxílio de um painel de controle, chamado de “Teaching Box” ou “Caixa de Ensino”, movimentamos manualmente o robô, fazendo com que o dispositivo de soldagem passe por todos os pontos desejados, um de cada vez. A cada ponto, pelo painel de controle, fazemos com que o computador de controle do robô memorize sua posição.

Após completar essa fase de ensino, o robô estará então preparado para executar, desta vez sozinho e automaticamente, toda a tarefa.

Como você pode ver, o robô foi mesmo uma mão na roda para as tarefas repetitivas e perigosas da soldagem. Além disso, ele veio atender às necessidades de produtividade e de regularidade nos resultados da soldagem, imprescindíveis para a manutenção de níveis de qualidade que tornem uma indústria competitiva em um mundo de economia globalizada desse fim de século XX.

E você, caro telealuno, que está terminando este primeiro livro do Módulo de Processos de Fabricação, agora sabe um pouquinho mais sobre Fundição, Processos de Conformação Mecânica e sobre Soldagem. Isso, com certeza, vai prepará-lo melhor para ser um verdadeiro profissional do século XXI. Por isso, livro na mão e... muito estudo!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Complete as frases com a alternativa correta nas questões abaixo.
- a) A precisão de $\pm 0,1$ mm é considerada nas operações típicas de e pintura executada por robôs.
1. () insatisfatória, usinagem
 2. () satisfatória, soldagem
 3. () aceitável, montagem
- b) Os computadores os movimentos do robô de modo que a distância entre o eletrodo e a peça sejam na soldagem a arco elétrico.
1. () variam, alternados
 2. () controlam, constantes
 3. () garantem, alternados
- c) Para trabalhar com segurança e harmonia com o máximo aproveitamento, os de uma de produção são controladas pelo
1. () equipamento, célula, homem
 2. () robôs, célula, computador
 3. () operadores, linha, robô
4. Responda às seguintes perguntas:
- a) Em uma célula de produção para a soldagem, quais são as tarefas do computador?
- b) Qual o método de programação do computador que comanda o robô de soldagem e que substitui os métodos de programação tradicionais?
- c) Como funciona esse método?

Gabarito

1. a) (2)

2. a) 1) (V) 2) (V) 3) (F)
 4) (V) 5) (V)

3. a) (2) b) (2) c) (2)

4. a) Elas são: alimentar o cilindro por intermédio da esteira; fixar o cilindro no dispositivo; girar o dispositivo de fixação; chamar o robô de posicionamento ou o de soldagem; retirar a carcaça pronta da célula.

b) "Teaching" ou Ensino.

c) Funciona pelo sistema de memorização, por meio de movimento manual, fazendo com que o dispositivo de soldagem passe por todos os pontos desejados, após o que o robô estará preparado para executar automaticamente a tarefa.

Já estamos no segundo livro do módulo Processos de Fabricação e você deve estar se perguntando “Quando é que eu vou pôr a mão na massa?” Você tem razão em sua dúvida. Na verdade, até agora você estudou processos predominantemente metalúrgicos de fabricação e não processos **mecânicos**.

A explicação para isso é que queremos que você tenha uma visão bem ampla dos processos de fabricação, de modo que seja possível perceber em que parte desse processo você vai estar entrando. Assim, até agora estudamos processos que **preparam** a matéria-prima que vai ser usada na **usinagem**, a maior “família” dos processos de fabricação mecânica que se conhece.

A partir desta aula, você vai ver que depois que o material é fundido, laminado, ou forjado, quase que necessariamente, ele terá de passar por uma operação de usinagem para se transformar no produto final.

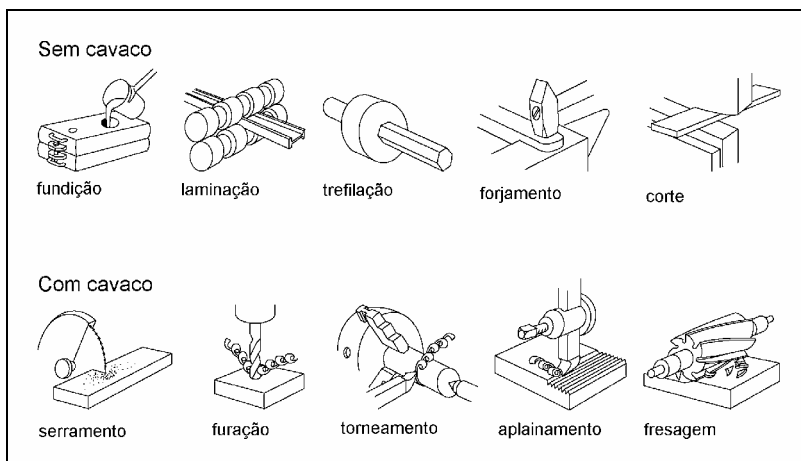
“Mas, o que é essa tal de usinagem?” Se você quer mesmo saber, estude esta aula com atenção.

Com cavaco ou sem cavaco?

Todos os conjuntos mecânicos que nos cercam são formados por uma porção de peças: eixos, anéis, discos, rodas, engrenagens, juntas, suportes, parafusos, carcaças... Para que essas peças sirvam às necessidades para as quais foram fabricadas, elas de-

vem ter exatidão de medidas e um determinado acabamento em sua superfície.

A maioria dos livros sobre processos de fabricação diz que é possível fabricar essas peças de dois modos: **sem** a produção de cavacos, como nos processos metalúrgicos (fundição, laminação, trefilação etc.), e com produção de cavacos, o que caracteriza todos os processos de usinagem.



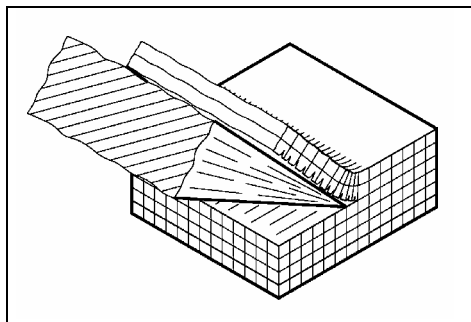
Na maioria dos casos, as peças metálicas fabricadas por fundição ou forjamento necessitam de alguma operação posterior de usinagem. O que acontece é que essas peças geralmente apresentam superfícies grosseiras que precisam de melhor acabamento. Além disso, elas também deixam de apresentar saliências, reentrâncias, furos com rosca e outras características que só podem ser obtidas por meio da produção de cavacos, ou seja, da usinagem. Isso inclui ainda as peças que, por questões de produtividade e custos, não podem ser produzidas por processos de fabricação convencionais.

Assim, podemos dizer que a usinagem é todo o processo pelo qual a forma de uma peça é modificada pela remoção progressiva de cavacos ou aparas de material metálico ou não-metálico. Ela permite:

- acabamento de superfície de peças fundidas ou conformadas, fornecendo melhor aspecto e dimensões com maior grau de exatidão;
- possibilidade de abertura de furos, roscas, rebaxos etc.;

- custo mais baixo porque possibilita a produção de grandes quantidades de peças;
- fabricação de somente uma peça com qualquer formato a partir de um bloco de material metálico, ou não-metálico.

Do ponto de vista da estrutura do material, a usinagem é basicamente um processo de cisalhamento, ou seja, ruptura por aplicação de pressão, que ocorre na estrutura cristalina do metal.



Como já foi dito, a usinagem é uma enorme família de operações, tais como: *torneamento, aplainamento, furação, mandrilamento, fresamento, serramento, brochamento, roscamento, retificação, brunimento, lapidação, polimento, afiação, limagem, rasquetamento*.

Essas operações são realizadas manualmente ou por uma grande variedade de máquinas-ferramenta que empregam as mais variadas ferramentas. Vamos falar um pouco sobre essas ferramentas e como elas cortam, mas só na próxima parte da aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda:

- a) Cite ao menos três processos de fabricação pelos quais uma peça pode passar antes de ser usinada.
- b) Cite os dois modos de se fabricar peças para conjuntos mecânicos.
- c) Cite pelos menos cinco tipos de operações executadas na usinagem.
- d) Do ponto de vista da estrutura do material, o que é a usinagem?

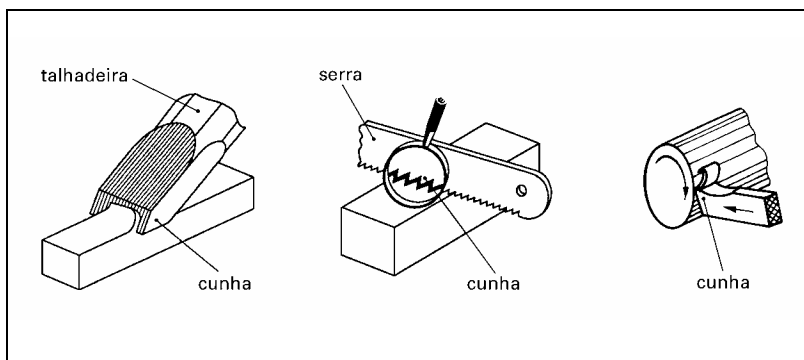
2. Complete.

- a) A produção de peças pode ocorrer a formação de cavacos, como nos processos metalúrgicos e a formação de cavacos, como nos processos de
- b) Usinagem é todo processo pela qual uma peça é modificada pela de cavacos ou aparas de material.
- c) Por meio da remoção progressiva de cavacos, o processo de usinagem possibilita o acabamento de superfícies de peças ou mecanicamente, melhorando o aspecto e mais exatas.
- d) A usinagem possibilita a produção de grandes quantidades de com variados a partir de um bloco de material metálico ou não-metálico, com mais baixos.

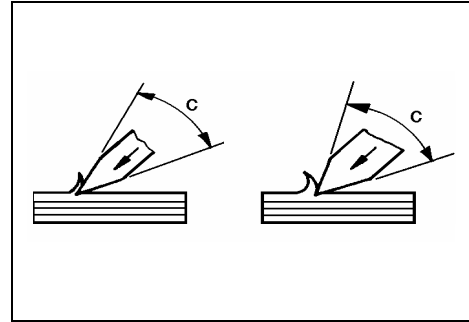
Corta!

Algumas das operações que citamos na outra parte da lição podem ser feitas tanto manualmente como com o auxílio das máquinas operatrizes ou das máquinas-ferramenta. Um exemplo de usinagem manual é a operação de limar. Tornear, por sua vez, só se faz com uma máquina-ferramenta denominada torno.

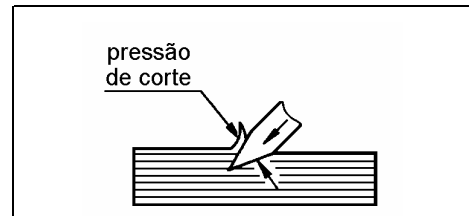
Quer seja com ferramentas manuais como a talhadeira, a serra ou a lima, quer seja com ferramentas usadas em um torno, uma fresadora ou uma furadeira, o corte dos materiais é sempre executado pelo que chamamos de princípio fundamental, um dos mais antigos e elementares que existe: a **cunha**.



Observe que a característica mais importante da cunha é o seu **ângulo de cunha** ou **ângulo de gume (c)**. Quanto **menor** ele for, **mais facilidade** a cunha terá para cortar. Assim, uma cunha mais aguda facilita a penetração da aresta cortante no material, e produz cavacos pequenos, o que é bom para o acabamento da superfície.



Por outro lado, uma ferramenta com um ângulo muito agudo terá a resistência de sua aresta cortante diminuída. Isso pode danificá-la por causa da pressão feita para executar o corte.

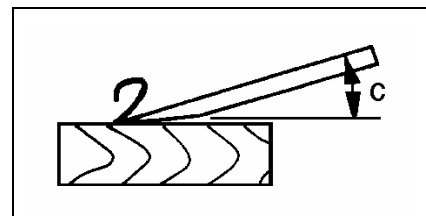


Outra coisa que a gente tem de lembrar é que qualquer material oferece certa **resistência ao corte**. Essa resistência será tanto maior quanto maiores forem a **dureza** e a **tenacidade** do material a ser cortado. Por isso, quando se constrói e se usa uma ferramenta de corte, deve-se considerar a resistência que o material oferecerá ao corte.

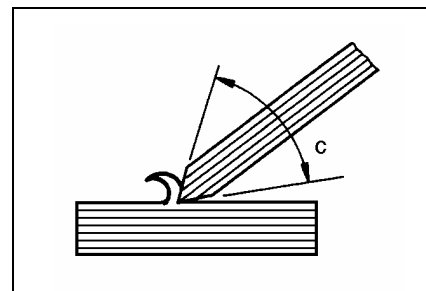
Dureza: é a capacidade de um material resistente ao desgaste mecânico.

Tenacidade: é a capacidade de um material de resistir à quebra.

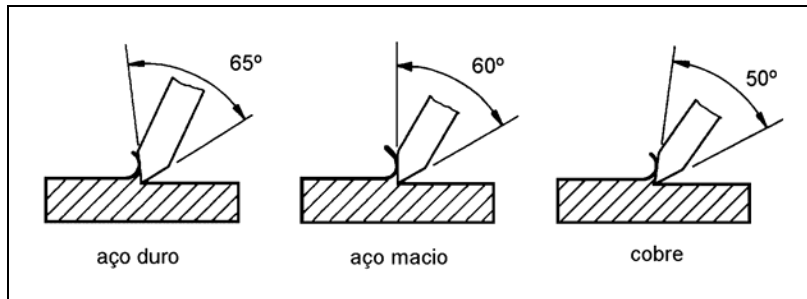
Por exemplo, a cunha de um formão pode ser bastante aguda porque a madeira oferece pouca resistência ao corte.



Por outro lado, a cunha de uma talhadeira tem um ângulo mais aberto para poder penetrar no metal sem se quebrar ou se desgastar rapidamente.

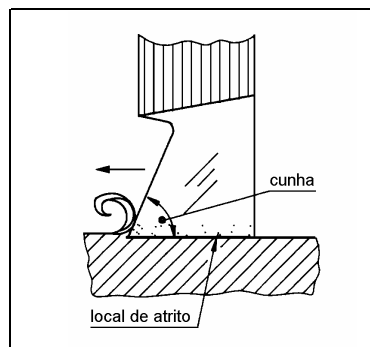


Iso significa que a cunha da ferramenta deve ter um ângulo capaz de vencer a resistência do material a ser cortado, sem que sua aresta cortante seja prejudicada.

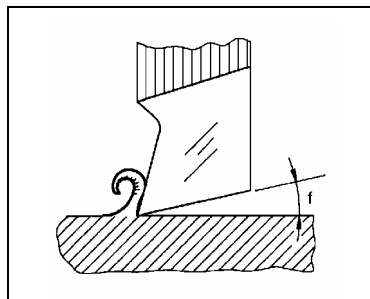


Porém, não basta que a cunha tenha um ângulo adequado ao material a ser cortado. Sua posição em relação à superfície que vai ser cortada também influencia decisivamente nas condições do corte.

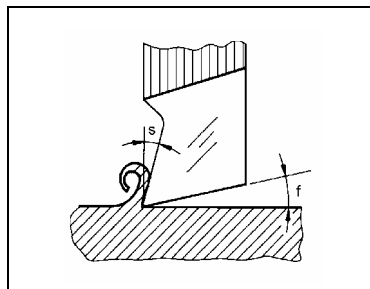
Por exemplo, a ferramenta de plaina representada no desenho ao lado possui uma cunha adequada para cortar o material. Todavia, há uma grande área de atrito entre o topo da ferramenta e a superfície da peça.



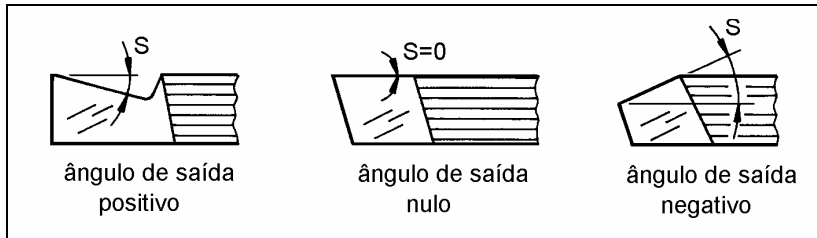
Para solucionar esse problema, é necessário criar **um ângulo de folga** ou **ângulo de incidência (f)** que elimina a área de atrito entre o topo da ferramenta e o material da peça.



Além do **ângulo de cunha (c)** e do **ângulo de folga (f)**, existe ainda um outro muito importante relacionado à posição da cunha. É o **ângulo de saída (s)** ou **ângulo de ataque**.



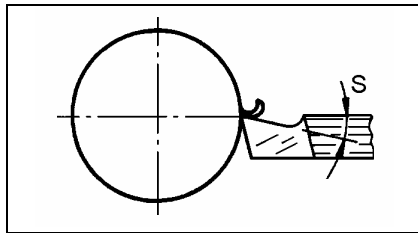
Do ângulo de saída depende um maior ou menor atrito da superfície de ataque da ferramenta. A consequência disso é o maior ou o menor aquecimento da ponta da ferramenta. O ângulo de saída pode ser positivo, nulo ou negativo.



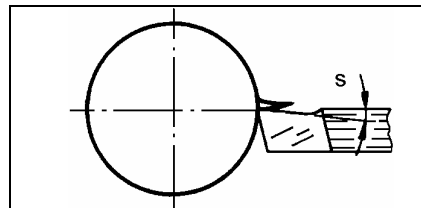
Dica tecnológica

Para facilitar seu estudo, os ângulos de cunha, de folga e de saída foram denominados respectivamente de **c**, **f** e **s**. Esses ângulos podem ser representados respectivamente pelas letras gregas β (lê-se beta), α (lê-se alfa) e γ (lê-se gama).

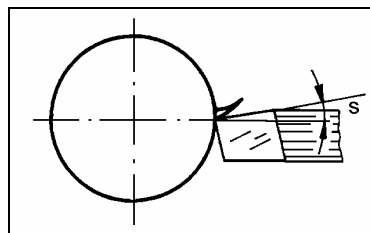
Para materiais que oferecem pouca resistência ao corte, o ângulo de cunha (c) deve ser mais agudo e o ângulo de saída (s) deve ser **maior**.



Para materiais mais duros a cunha deve ser mais aberta e o ângulo de saída (s) deve ser menor.



Para alguns tipos de materiais plásticos e metálicos com irregularidades na superfície, adota-se um ângulo de saída **negativo** para as operações de usinagem.



Todos esses dados sobre os ângulos representam o que chamamos de **geometria de corte**. Para cada operação de corte existem, já calculados, os valores corretos para os ângulos da ferra-

menta a fim de se obter seu máximo rendimento. Esses dados são encontrados nos manuais de fabricantes de ferramentas.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Complete as sentenças abaixo:

- a) As operações de usinagem são realizadas
ou com o auxílio de máquinas
- b) Um exemplo de operação manual é e um
exemplo de operação em máquinas é
- c) A característica mais importante de uma ferramenta é o
ângulo de
- d) Ao diminuir o ângulo de, estaremos diminuindo
a resistência da cortante.
- e) A resistência do material ao corte será tanto
quanto maiores forem a e a
.....do material cortado.
- f) Quando se constrói uma ferramenta, deve-se considerar
a que o material oferecerá ao
- g) A cunha de uma ferramenta deve ter um capaz
de vencer a do material a ser cortado.
- h) Além do ângulo de e do ângulo de folga,
existe o ângulo de ou de
- i) Do ângulo de depende um maior ou menor
atrito da superfície de da ferramenta.

4. Faça corresponder os ângulos de cunha, de folga e de saída com suas denominações e as letras gregas que os representam, respectivamente (veja o exemplo).

	Ângulo	Denominação	Letra grega
a)	cunha	c	β
b)	folga		
c)	saída		

5. Faça corresponder a resistência que os materiais oferecem ao corte com os ângulos da ferramenta numerando os parênteses:

tipos de ângulos de ferramenta

resistência dos materiais

- | | |
|---|---|
| a) () ângulo s negativo | 1. pouca resistência ao corte |
| b) () ângulo c mais agudo
ângulo s maior | 2. materiais de superfície
irregulares e plásticos |
| c) () ângulo c mais aberto
ângulo s menor | 3. materiais mais duro |

A ferramenta é feita de...

A geometria de corte é realmente uma informação muito importante que o profissional de mecânica, principalmente o da área operacional, deve dominar. Mas, será que é só isso? Claro que não! E com certeza você já deve estar se perguntando: “Além da geometria de corte, o que mais essas tais de ferramentas de corte têm? Será que se eu pegar qualquer faquinha, já vou poder sair por aí usinando?”

Se você pensar em um conceito muito amplo de usinagem, realmente qualquer faquinha serve. Você duvida? Vamos retomar o conceito de usinagem: processo pelo qual se modifica a forma de um material pela remoção progressiva de cavacos ou aparas. Assim, se você entrar na cozinha e vir sua mulher ou sua mãe raspando a casca de um legume com uma faca serrilhada, ela estará executando uma operação de usinagem. Ao usar um apontador para fazer a ponta de um lápis, você está executando uma operação de usinagem. Lixar uma superfície de madeira para dar “aquele trato caprichado” com verniz, é uma operação de usinagem.

Mas, se o que você vai fazer envolve o trabalho em metal com o auxílio de uma máquina-ferramenta, aí a coisa muda de figura. E

a sua ferramenta vai ter que apresentar algumas características importantes. Vamos a elas.

A ferramenta deve ser **mais dura** nas temperaturas de trabalho que o metal que estiver sendo usinado. Essa característica se torna cada vez mais importante à medida que a velocidade aumenta pois com o aumento da velocidade de corte, a temperatura na zona de corte também aumenta, acelerando o processo de desgaste da ferramenta. A essa propriedade chamamos de **dureza a quente**.

A ferramenta deve ser feita de com um material que, quando comparado ao material a ser usinado, deve apresentar características que mantenham seu desgaste no nível mínimo. Considerando-se que existe um aquecimento tanto da ferramenta quanto do material usinado, por causa do atrito, o material da ferramenta deve ser resistente ao **encruamento** e à **microssoldagem**.

Encruamento: é o endurecimento do metal após ter sofrido deformação plástica resultante de conformação mecânica.

Microssoldagem: é a adesão de pequenas partículas de material usinado ao gume cortante da ferramenta.

A ferramenta deve ser dura, mas não a ponto de se tornar quebradiça e de perder resistência mecânica. Ela deve ser de um material compatível, em termos de custo, com o trabalho a ser realizado. Qualquer aumento de custo com novos materiais deve ser amplamente compensado por ganhos de qualidade, produtividade e competitividade.

Do ponto de vista do manuseio, a ferramenta deve ter o mínimo atrito possível com a peça, dentro da escala de velocidade de operação. Isso é importante porque influi tanto no desgaste da ferramenta quanto no acabamento de superfície da peça usinada.

Para que as ferramentas tenham essas características e o desempenho esperado, elas precisam ser fabricadas com o material adequado, que deve estar relacionado:

- à natureza do produto a ser usinado em função do grau de exatidão e custos;
- ao volume da produção;
- ao tipo de operação: corte intermitente ou contínuo, desbastamento ou acabamento, velocidade alta ou baixa etc.;
- aos detalhes de construção da ferramenta: ângulos de corte, e de saída, métodos de fixação, dureza etc.;
- ao estado da máquina-ferramenta;
- às características do trabalho.

Levando isso em consideração, as ferramentas podem ser fabricadas dos seguintes materiais:

1. **Aço-carbono:** usado em ferramentas pequenas para trabalhos em baixas velocidades de corte e baixas temperaturas (até 200°C), porque a temperabilidade é baixa, assim como a dureza a quente.
2. **Aços-ligas médios:** são usados na fabricação de brocas, machos, taraxas e alargadores e não têm desempenho satisfatório para torneamento ou fresagem de alta velocidade de corte porque sua resistência a quente (até 400°C) é semelhante à do aço-carbono. Eles são diferentes dos aços-carbonos porque contêm cromo e molibdênio, que melhoram a temperabilidade. Apresentam também teores de tungstênio, o que melhora a resistência ao desgaste.
3. **Aços rápidos:** apesar do nome, as ferramentas fabricadas com esse material são indicadas para operações de baixa e média velocidade de corte. Esses aços apresentam dureza a quente (até 600°C) e resistência ao desgaste. Para isso recebem elementos de liga como o tungstênio, o molibdênio, o cobalto e o vanádio.
4. **Ligas não-ferrosas:** têm elevado teor de cobalto, são quebradiças e não são tão duras quanto os aços especiais para ferramentas quando em temperatura ambiente. Porém, mantêm a dureza em temperaturas elevadas e são usadas quando se necessita de grande resistência ao desgaste. Um exemplo desse material é a estelite, que opera muito bem até 900°C e apresenta bom rendimento na usinagem de ferro fundido.

5. Metal duro (ou carboneto sinterizado): compreende uma família de diversas composições de carbonetos metálicos (de tungstênio, de titânio, de tântalo, ou uma combinação dos três) aglomerados com cobalto e produzidos por processo de sinterização. Esse material é muito duro e, portanto, quebradiço. Por isso, a ferramenta precisa estar bem presa, devendo-se evitar choques e vibrações durante seu manuseio. O metal duro está presente na ferramenta em forma de pastilhas que são soldadas ou grampeadas ao corpo da ferramenta que, por sua vez, é feito de metal de baixa liga. Essas ferramentas são empregadas para velocidades de corte elevadas e usadas para usinar ferro fundido, ligas abrasivas não-ferrosas e materiais de elevada dureza como o aço temperado. Opera bem em temperaturas até 1300°C.

Para você ter idéia de como são essas ferramentas, algumas delas estão exemplificadas na ilustração a seguir.



Ainda existem outros materiais usados na fabricação de ferramentas para usinagem, porém de menor utilização por causa de altos custos e do emprego em operações de alto nível tecnológico. Esses materiais são: cerâmica de corte, como a alumina sinterizada e o corindo, e materiais diamantados, como o diamante policristalínico (PCD) e o boro policristalínico (PCB).

Nesta altura da aula, você já tem bastante “material” para estudar, portanto, mãos à obra!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

6. Levando-se em conta o conceito amplo da usinagem e suas implicações que envolvem geometria de corte, complete com suas palavras algumas características importantes de uso das ferramentas de corte, segundo as condições abaixo:
- a) Ao aumentarmos a velocidade de corte, automaticamente elevaremos a temperatura na zona de corte, exigindo que a ferramenta tenha
 - b) Por causa do atrito, o material da ferramenta deve ser resistente ao
 - c) A ferramenta deve ser de um material compatível,
 - d) A ferramenta deve ter o mínimo atrito possível com a peça por causa de algumas implicações, tais como:
 - e) Para que as ferramentas tenham as características e desempenho esperados, devem ser fabricadas com o material adequado relacionado com o volume da produção, o estado da máquina
7. Considerando todas as características já vistas e estudadas nessa aula sobre uso e fabricação das ferramentas de corte, faça corresponder o tipo de aço e ligas com suas aplicações.

Tipos de aços e ligas

- a) () Ligas não-ferrosas
- b) () Metal duro
- c) () Aços rápidos
- d) () Cerâmica de corte
- e) () Aço-carbono

Aplicações

- 1. Empregados para velocidades de corte elevadas e usados para usinar ferro fundido, ligas abrasivas não-ferrosas e materiais de elevada dureza.
- 2. Empregadas para operações de baixa e média velocidades.
- 3. Utilizado para trabalhos em baixas velocidades e baixas temperaturas porque a dureza a quente é baixa.
- 4. Empregado em operações de alto nível tecnológico.
- 5. Usadas quando se necessita de grande resistência ao desgaste (ex: estelite).

Gabarito

1. a) Fundição, laminação, forjamento.
b) Sem a produção de cavacos e com a produção de cavacos.
c) Torneamento, aplainamento, furação, mandrilamento, fresamento (ou qualquer das operações citadas nesta aula).
d) Do ponto de vista da estrutura do material a usinagem é basicamente um processo de cisalhamento, ou seja, ruptura por aplicação de pressão que ocorre na estrutura cristalina do material.

2. a) Sem; com; usinagem.
b) Remoção.
c) Fundidas; conformadas; dimensões.
d) Peças; custos; formatos.

3. a) Manualmente; operatrizes/ferramenta.
b) Limar; tornear.
c) Cunha ou folga.
d) Cunha; aresta.
e) Maior; dureza; tenacidade.
f) Resistência; corte.
g) Ângulo; resistência.
h) Cunha; saída; ataque.
i) Saída; ataque.

4. b) f/α ; c) s/γ

5. a) 2 b) 1 c) 3

6. a) Maior dureza nas temperaturas de trabalho que o material a ser usinado.
b) Ao encruamento e à micro-soldagem.
c) Com o trabalho a ser realizado.
d) Desgaste da ferramenta, acabamento de superfície da peça usinada.
e) A natureza do produto a ser usinado, o tipo de operação, os detalhes da ferramenta e as características do trabalho.

7. a) 5 b) 1 c) 2 d) 4 e) 3

Parâmetros de corte

Na aula passada, você aprendeu que usinagem é todo o processo de fabricação pelo qual o formato de uma peça é modificado pela remoção progressiva de cavacos ou aparas de material. Você aprendeu, também, que peças metálicas brutas produzidas por outros processos como fundição e forjamento, normalmente passam por operações de usinagem que lhes conferem tanto exatidão de formas e de dimensões quanto acabamento de superfície.

Um bom exemplo disso é o bloco de motor, que é fundido e depois tem os alojamentos das camisas (dentro das quais se movimentarão os pistões), as faces e os mancais usinados com limites de exatidão muito rigorosos. Para que isso aconteça, uma ferramenta de corte em forma de cunha é forçada através do metal para remover cavaco da superfície. O resultado obtido são superfícies geometricamente perfeitas.

Mas (existe sempre um “mas”) dentro desse princípio aparentemente simples, muitas informações tecnológicas estão contidas. Por exemplo: vamos supor que em uma operação de furar algum material, o operador perceba que, ao retirar a broca do furo, ela mudou de cor. Ficou azulada. Quando a operação foi iniciada, ela estava perfeita. O que será que aconteceu?

Você só vai saber a resposta, se estudar esta aula.

Os parâmetros

Toda empresa, quando fabrica alguma coisa, visa lucro. Para que isso aconteça, é preciso que ela produza bem e barato. E produ-

zir bem e barato significa não só ter bons funcionários, boas instalações e maquinário moderno. É necessário que todo esse patrimônio seja usado da maneira mais produtiva possível. Um dos modos de garantir isso é aplicando o conhecimento tecnológico ligado ao processo de fabricação adotado.

Por exemplo, se a empresa produz peças por usinagem, muitos dados técnicos devem ser considerados para um bom resultado em termos de produto. A pergunta de nossa aula é “por que a broca ficou azulada”? Por enquanto não vamos dar a resposta, mas podemos adiantar que o erro do operador foi deixar de considerar uma série de dados antes de começar a operação. Esses dados são os **parâmetros de corte**.

Parâmetros de corte são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado, ao material a ser usinado e ao material da ferramenta. Os parâmetros ajudam a obter uma perfeita usinagem por meio da utilização racional dos recursos oferecidos por determinada máquina-ferramenta.

Para uma operação de usinagem, o operador considera principalmente os parâmetros:

- velocidade de corte, identificada por **vc**;
- avanço, identificado pelas letras **s**, ou **f**.

São esses os parâmetros que estudaremos com mais detalhes nesta aula.

Além desses, há outros parâmetros mais complexos tecnicamente e usados em nível de projeto. Eles são:

- profundidade de corte, identificada pela letra **a**. É uma grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, permitindo a remoção de uma certa quantidade de cavaco;
- área de corte, identificada pela letra **A**;
- pressão específica de corte, identificada pelas letras **Ks**. É um valor constante que depende do material a ser usinado do estado de afiação, do material e da geometria da ferramenta, da

área de seção do cavaco, da lubrificação e de velocidade de corte. É um dado de tabela;

- força de corte, identificada pela sigla **F_c**;
- potência de corte, ou **P_c**.

A determinação desses parâmetros depende de muitos fatores: o tipo de operação, o material a ser usinado, o tipo de máquina-ferramenta, a geometria e o material da ferramenta de corte.

Além disso, os parâmetros se inter-relacionam de tal forma que, para determinar um, geralmente, é necessário conhecer os outros. Como e quando determinar a velocidade de corte e o avanço da máquina é o assunto da próxima parte desta aula. Antes disso, leia esta primeira parte e faça os exercícios a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda.

- a) O que é necessário para uma empresa produzir bem e barato?
- b) O que o operador deve considerar antes de iniciar a operação de corte?
- c) O que são parâmetros de corte?
- d) Quais são os dois parâmetros que o operador **não** pode deixar de considerar ao realizar uma operação de usinagem?

2. Relacione a coluna **A** (parâmetros) com a coluna **B** (representação do parâmetros).

Coluna A	Coluna B
a) () Potência de corte	1. s ou f
b) () Área de corte	2. vc
c) () Avanço	3. P _c
d) () Força de corte	4. a
e) () Profundidade de corte	5. A
f) () Pressão específica de corte	6. F _c
g) () Velocidade de corte	7. K _s

Velocidade de corte

De certa forma, o corte dos materiais para construção mecânica se parece com o corte de uma fatia de pão. Para cortar o pão, a faca é movimentada para frente e para trás, e a cada “passada” penetra um pouco mais no pão até finalmente cortá-lo.

Na usinagem, o metal (ou outro material) é cortado mais ou menos do mesmo modo. Dependendo da operação, a superfície da peça pode ser deslocada em relação à ferramenta, ou a ferramenta é deslocada em relação à superfície da peça. Em ambos os casos, tem-se como resultado o corte, ou desbaste do material. E para obter o máximo rendimento nessa operação, é necessário que tanto a ferramenta quanto a peça desenvolvam **velocidade de corte** adequada.

Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando um material dentro de um determinado tempo. Uma série de fatores influenciam a velocidade de corte:

- tipo de material da ferramenta;
- tipo de material a ser usinado;
- tipo de operação que será realizada;
- condições de refrigeração;
- condições da máquina etc.

Embora exista uma fórmula que expressa a velocidade de corte, ela é fornecida por tabelas que compatibilizam o tipo de operação com o tipo de material da ferramenta e o tipo de material a ser usinado. Essas tabelas são encontradas no livro **Cálculo Técnico** do Telecurso 2000.

Quando o trabalho de usinagem é iniciado, é preciso ajustar a rpm (número de rotações por minuto) ou o gpm (número de golpes por minuto) da máquina-ferramenta. Isso é feito tendo como dado básico a velocidade de corte.

Recordar é aprender

Para calcular o número de rpm de uma máquina, emprega-se a fórmula:

$$\text{rpm} = \frac{vc \cdot 1000}{d \cdot \pi}$$

Para calcular o número de gpm, emprega-se a fórmula:

$$\text{gpm} = \frac{vc \cdot 1000}{2 \cdot c}$$

A escolha de velocidade de corte correta é importantíssima tanto para a obtenção de bons resultados de usinagem quanto para a manutenção da vida útil da ferramenta e para o grau de acabamento.

A velocidade de corte incorreta pode ser maior ou menor que a ideal. Quando isso acontece, alguns problemas ocorrem. Eles estão listados a seguir.

Velocidade maior

1. Superaquecimento da ferramenta, que perde suas características de dureza e tenacidade.
2. Superaquecimento da peça, gerando modificação de forma e dimensões da superfície usinada.
3. Desgaste prematuro da ferramenta de corte.

Velocidade menor

1. O corte fica sobrecarregado, gerando travamento e posterior quebra da ferramenta, inutilizando-a e também a peça usinada.
2. Problemas na máquina-ferramenta, que perde rendimento do trabalho porque está sendo subutilizada.

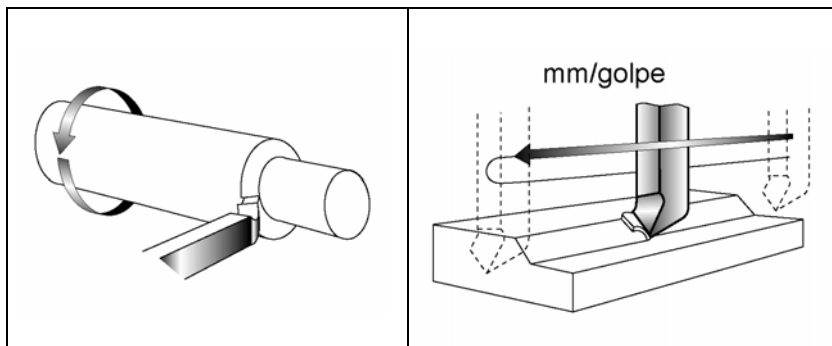
Mas, voltemos à broca do início da aula. Agora, você já pode arriscar um palpite sobre o motivo que fez a broca ficar azulada. Isso mesmo! A velocidade de corte usada era muito alta. Por isso, a temperatura de corte aumentou excessivamente e alterou as características de ferramenta, ou seja, ela perdeu a dureza.

Avanço

Voltemos ao exemplo inicial do corte da fatia de pão. Da mesma forma que não se pode obter a fatia do pão de um só golpe, o

trabalho de usinagem também não é realizado de uma só vez. Isso acontece porque a ferramenta é muito mais estreita que a superfície a ser trabalhada. Por isso, é necessário que a ferramenta percorra várias vezes seu trajeto, à pequena distância e paralelamente ao percurso anterior.

Assim, uma vez estabelecida a velocidade de corte, o operador deve compatibilizá-la com o **avanço** da ferramenta ou da peça. O avanço nada mais é que a velocidade de deslocamento de uma em relação à outra a cada rotação do eixo da máquina (mm/rotação). O avanço pode, também, se referir ao espaço em que a peça ou a ferramenta se desloca uma em relação à outra a cada golpe do cabeçote da máquina-ferramenta (mm/golpe).



Esses valores estão reunidos em tabelas, publicadas em catálogos fornecidos pelos fabricantes das ferramentas. Eles estão relacionados com o material a ser usinado, a ferramenta e a operação de usinagem.

É preciso lembrar que a primeira condição para a usinagem é que a ferramenta cortante seja mais dura do que o material usinado. Assim, usando a ferramenta de corte correta e os parâmetros adequados, não há como errar. Além disso, é necessário que o cavaco se desprenda de tal maneira que a superfície apresente as características de acabamento e exatidão de medidas adequados à finalidade da peça.

Você que está superligado nesta aula, deve ter percebido que o cavaco já foi citado algumas vezes. Ele é mesmo muito importante na usinagem. Por isso, ele vai ficar para a próxima parte desta aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Responda às seguintes perguntas.
 - a) O que é velocidade de corte?
 - b) Cite ao menos três fatores dos quais a velocidade de corte sofre influência.
 - c) Cite ao menos três problemas que ocorrem na usinagem por causa da velocidade de corte inadequada.

4. Complete as seguintes afirmações.
 - a) Bons resultados de usinagem como maior da ferramenta e melhor grau de da peça são obtidos com a escolha da de corte correta.
 - b) Na usinagem, a ferramenta deve ser sempre mais em relação ao usinado.
 - c) Avanço da ferramenta é o deslocamento da ou da, uma em relação à outra a cada rotação do eixo da máquina(...../.....), ou o espaço em que a peça ou a ferramenta se desloca uma em relação a outra a cada golpe da máquina (...../.....).

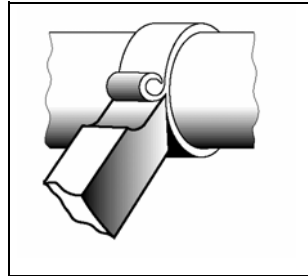
Olha o cavaco aí, gente!

O cavaco é o resultado da retirada do sobremetal da superfície que está sendo usinada. Pelo aspecto e formato do cavaco produzido, é possível avaliar se o operador escolheu a ferramenta com critério técnico correto e se usou os parâmetros de corte adequados. A quebra do cavaco é necessária para evitar que ele, ao não se desprender da peça, prejudique a exatidão dimensional e o acabamento da superfície usinada. Para facilitar a quebra do cavaco, é necessário que o avanço e a profundidade de corte estejam adequados.

Em condições normais de usinagem, a formação do cavaco ocorre da seguinte maneira:

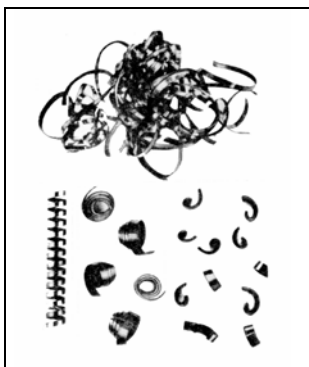
1. Durante a usinagem, por causa da penetração da ferramenta na peça, uma pequena porção de material, (ainda preso à peça) é recalçada, isto é, fica presa contra a superfície da saída da ferramenta.

2. O material recalçado sofre uma deformação plástica que aumenta progressivamente, até que as tensões de cisalhamento se tornam suficientemente grandes para que o deslizamento comece.



3. Com a continuação do corte, há uma ruptura parcial ou completa na região do cisalhamento, dando origem aos diversos tipos de cavacos.
4. Na continuação da usinagem e devido ao movimento relativo entre a ferramenta e a peça, inicia-se o desprendimento do cavaco pela superfície de saída da ferramenta. Simultaneamente outro cavaco começa a se formar.



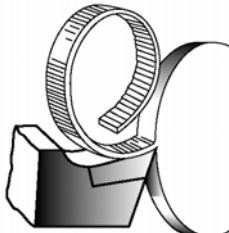
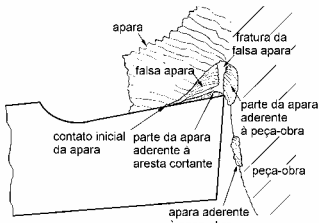
Os cavacos podem ser diferenciados por seu formato em quatro tipos básicos:



- a) cavaco em fita;
- b) cavaco helicoidal;
- c) cavaco espiral;
- d) cavaco em lascas ou pedaços.

O cavaco em fita pode provocar acidentes, ocupa muito espaço e é difícil de ser transportado. O formato de cavaco mais conveniente é o helicoidal.

Além do formato, quatro tipos básicos de cavacos podem ser formados de acordo com as características físicas do material e os parâmetros de corte usados. O quadro a seguir resume as informações sobre esses tipos.

Tipos de cavaco	Formação	Material
<p data-bbox="365 388 495 420">Cisalhado</p> 	<p data-bbox="657 378 1015 546">Forma-se na usinagem de materiais dúcteis e tenazes, com o emprego de grandes avanços e velocidades de corte geralmente inferiores a 100 m/min.</p>	<p data-bbox="1034 378 1307 409">Aços liga e aço-carbono</p>
<p data-bbox="357 604 503 636">De ruptura</p> 	<p data-bbox="657 604 1015 735">Forma-se na usinagem de materiais frágeis com avanço e velocidade de corte inferiores aos anteriores.</p>	<p data-bbox="1034 604 1372 661">Ferro fundido, bronze duro, latão</p>
<p data-bbox="381 835 503 867">Contínuo</p> 	<p data-bbox="657 831 1015 1029">Forma-se na usinagem de materiais dúcteis e homogêneos, com o emprego de avanço médio e pequeno da ferramenta, e com velocidade de corte geralmente superior a 60m/min.</p>	<p data-bbox="1034 831 1372 892">Aço com baixo teor de carbono e alumínio.</p>
<p data-bbox="305 1134 625 1192">Cavaco contínuo com aresta postiça (ou gume postiço)</p> 	<p data-bbox="657 1134 1015 1291">É constituída por um depósito de material da peça que adere à face de corte da ferramenta, e que ocorre durante o escoamento da avara contínua.</p>	<p data-bbox="1034 1134 1372 1186">Aço com baixo teor de carbono</p>

Embora inevitável, o cavaco se torna indesejável tão logo é produzido. Sua presença na região de corte pode danificar a ferramenta ou a superfície da peça usinada. Assim, por exemplo, a aresta postiça, ou falsa avara, que é um depósito de material aderido à face da ferramenta, torna-se uma falsa aresta cortante que varia constantemente durante a realização do corte. Ela é devida a um forte atrito entre o cavaco e a ferramenta, que produz o arrancamento de pequenas partículas de metal quente do cavaco e que acabam se soldando no gume da ferramenta.

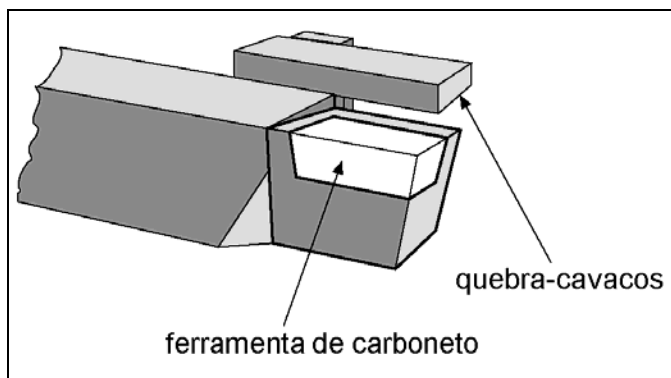
Na usinagem caracterizada por esse tipo de cavaco, a superfície da peça fica coberta de fragmentos adjacentes, compridos e parcialmente aderidos a essa superfície, que fica áspera. O grau de aspereza é tanto maior quanto maiores são os fragmentos. Esse tipo de cavaco pode ser evitado escolhendo-se adequadamente a espessura do cavaco, a temperatura de corte e ângulo de saída, a superfície de saída da ferramenta, e o lubrificante próprio.

O cavaco do tipo contínuo na maioria dos casos é indesejável, porque é muito grande e pode causar acidentes. Além disso, ele:

- prejudica o corte;
- provoca quebra da aresta de corte;
- dificulta a refrigeração direcionada;
- dificulta o transporte;
- faz perder o fluido de corte;
- prejudica o acabamento.

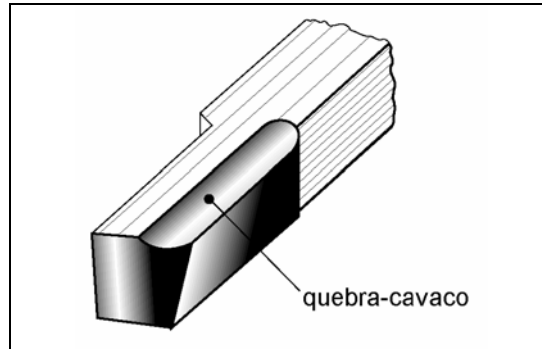
Para atenuar esses efeitos, empregam-se os **quebra-cavacos**, que são ranhuras formadas na face da ferramenta de corte. Ou, então, são peças de metal duro preso à ferramenta.

Na verdade, os quebra-cavacos não “quebram” os cavacos, mas os “encrespam” contra uma obstrução. Essa obstrução quebra os cavacos a intervalos regulares.

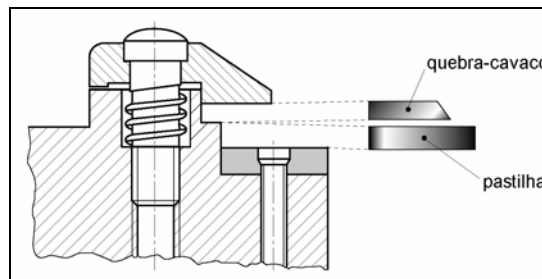


Os tipos mais comuns de quebra-cavacos são:

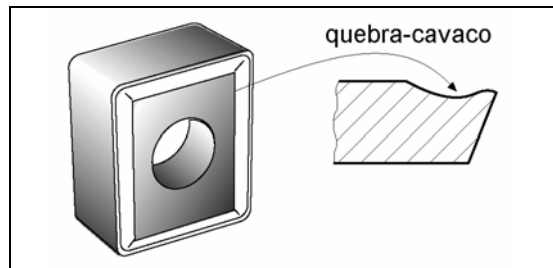
- a) quebra-cavaco usinado diretamente na ferramenta;



- b) quebra-cavaco fixado mecanicamente;



- c) quebra-cavaco em pastilha sinterizada.



Os quebra-cavacos reduzem o contato entre a peça quente e a ferramenta, reduzindo a transferência de calor para a ferramenta. Além disso, as aparas quebradas oferecem uma obstrução muito menor ao fluxo do fluido de corte sobre a aresta de corte. Outras vantagens do uso do quebra-cavacos são o menor risco de acidentes para o operador, a maior facilidade de remoção dos cavacos e sua manipulação mais econômica.

Uma vez estabelecidos os parâmetros de corte e controlado o problema da remoção dos cavacos, o bom resultado da usinagem passa a depender, então, da redução do atrito entre a ferramenta e o cavaco, e o calor gerado durante o corte. Essa é a função dos fluidos de corte. Mas essa é uma outra história que fica para a próxima aula. Por enquanto, fique com os nossos exercícios, e bom estudo!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

5. Responda às seguintes perguntas.
- a) O que é cavaco?
 - b) Que características do cavaco indicam se o operador usou os parâmetros de corte adequados?
 - c) Quanto ao formato, quais são os tipos de cavacos que existem?
 - d) Qual a função dos quebra-cavacos?
 - e) Cite ao menos duas vantagens do uso do quebra-cavaco.
6. Associe o tipo de cavaco (Coluna **A**) com sua formação e material que o produz (Coluna **B**).

Coluna A

- a) () contínuo
- b) () cisalhado
- c) () ruptura

Coluna B

- 1. Grandes avanços e vc inferior a 100m/min. Materiais dúcteis, ferro maleável, aço.
- 2. Avanço e vc pequenos. Materiais frágeis, ferro fundido, latão.
- 3. Depósito de material da peça que adere à ferramenta. Aço de baixo carbono.
- 4. Avanço médio e vc superior a 60 m/min. Materiais homogêneos, aço de baixo carbono e alumínio.

Gabarito

1. a) É necessário fazer com que funcionários, instalações e maquinário moderno sejam usados da maneira mais produtiva possível.
- b) Ele deve considerar os parâmetros de corte.
- c) Parâmetros de corte são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado ao material a ser usinado e ao material da ferramenta.
- d) Velocidade de corte e avanço.

2. a) 3; b) 5; c) 1; d) 6;
e) 4; f) 7; g) 2;
3. a) Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre, cortando o material dentro de um determinado tempo.
b) Material da ferramenta; material a ser usinado; tipo de operação.
c) Superaquecimento da ferramenta; superaquecimento da peça, corte sobrecarregado.
4. a) vida útil; acabamento; velocidade.
b) dura; material.
c) Ferramenta; peça; mm/rotação, mm/golpe.
5. a) Cavaco é o resultado da retirada do sobremetal da superfície que está sendo usinada.
b) O aspecto e o formato do cavaco.
c) Eles são: cavaco em fita; cavaco helicoidal, cavaco em espiral, cavaco em lascas ou pedaços.
d) O quebra-cavacos atenua os efeitos indesejáveis da formação do cavaco contínuo.
e) O uso do quebra-cavacos reduz o contato entre a peça quente e a ferramenta, reduzindo a transferência de calor para a ferramenta. Também oferece menor obstrução ao fluxo do fluido de corte.
6. a) 4 b) 1 c) 2

Não esquenta, não!

Agora você já sabe que usinar é, basicamente, produzir peças cortando qualquer material com o auxílio de uma ferramenta. O problema é que não existe corte sem atrito. E não existe atrito que não gere calor, por mínimo que seja. Você duvida? Vamos provar.

Todo mundo já viu, ao menos em filme, um índio acendendo fogo sem fósforo: ele esfrega um pedaço de madeira bem seca em outro pedaço de madeira também bastante seca envolto em palha igualmente seca. Um pouco de paciência e persistência e... eis o fogo! Qual é a mágica? É simples: o material está **seco**.

Observando esse exemplo, é possível imaginar o tamanho do estrago que o atrito pode fazer durante a usinagem, tanto na ferramenta quanto na peça: elas não pegam fogo, mas chegam bem perto, com todas as conseqüências negativas que isso pode trazer para as duas. Isso, sem lembrar que quanto maiores forem as velocidades de corte, maior será a temperatura gerada pelo atrito!

Você que é esperto e está ligado já deve ter achado a solução para esse problema. Seu raciocínio deve ter sido: se é possível conseguir fogo com material **seco**, se a gente "**molhar**" o local da usinagem, o problema estará resolvido! Foi o que o norte-americano F. W. Taylor pensou em 1894: jogando grandes quantidades de água na região formada pela peça-ferramenta-cavaco, ele conseguiu aumentar em 33% a velocidade de corte, sem prejuízo para a vida útil da ferramenta. Heureka! O problema estava resolvido!...

Mas, será que isso é assim tão simples? O calor é o único problema da usinagem? E a oxidação, como fica? Como sempre, não vamos responder agora. Você mesmo vai achar as repostas estudando esta aula.

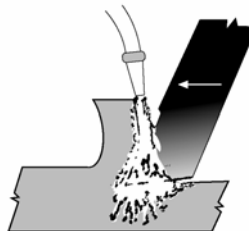
Agentes de melhoria da usinagem

Do ponto de vista dos custos de produção, nas operações de usinagem com máquinas-ferramenta, quanto maior for a velocidade de corte, maior será a produção e mais econômica ela será. Na procura de níveis cada vez mais altos de produtividade, a utilização de novos materiais para as ferramentas de corte permitiu atingir velocidades de corte inimagináveis alguns anos atrás.

Por outro lado, sabe-se que quanto maior é a velocidade de corte, maior é o atrito peça-ferramenta-cavaco, o que libera ainda mais calor. Em tese, isso prejudica a qualidade do trabalho, diminui a vida útil da ferramenta, ocasionando a oxidação de sua superfície e da superfície do material usinado. Diante desse dilema tecnológico, que fazer?

A resposta está na descoberta de Taylor. Ele começou com a água, mas logo deve ter percebido seus inconvenientes: corrosão na usinagem de materiais ferrosos, baixo poder umectante e lubrificante, e emprego em pequena faixa de temperatura. Todavia, ela abriu caminhos para a pesquisa e o uso de materiais que permitiram a usinagem mais eficiente, mais rápida e com melhor acabamento. Esses materiais são os agentes de melhoria da usinagem e que receberam o nome genérico de **fluidos de corte**.

Um fluido de corte é um material composto, na maioria das vezes, líquido, que deve ser capaz de: refrigerar, lubrificar, proteger contra a oxidação e limpar a região da usinagem.



Como **refrigerante**, ele atua sobre a ferramenta e evita que ela atinja temperaturas muito altas e perca suas características de

corde. Age, também, sobre o peça evitando deformações causadas pelo calor. Atua, finalmente, sobre o cavaco, reduzindo a força necessária para que ele seja cortado.

Como **lubrificante**, o fluido de corte facilita o deslizamento do cavaco sobre a ferramenta e diminui o atrito entre a peça e a ferramenta. Evita ainda o aparecimento da aresta postiça, reduz o coeficiente de atrito na região de contato ferramenta-cavaco e diminui a **solicitação dinâmica** da máquina.

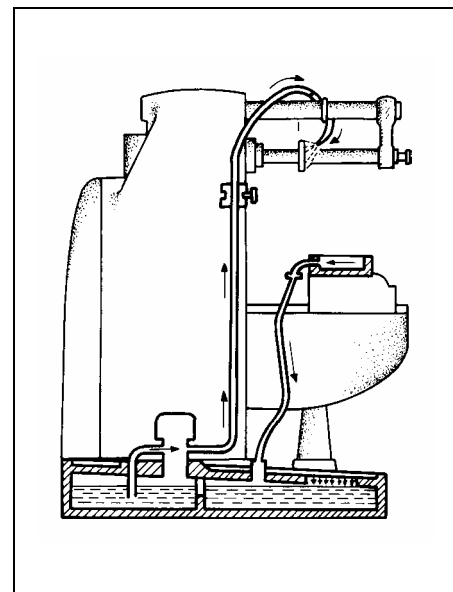
Solicitação dinâmica: é a força feita por uma máquina para realizar um determinado trabalho.

Como **protetor contra a oxidação**, ele protege a peça, a ferramenta e o cavaco, contribuindo para o bom acabamento e aspecto final do trabalho.

A ação de limpeza ocorre como consequência da aplicação do fluido em forma de jato, cuja pressão afasta as aparas deixando limpa a zona de corte e facilitando o controle visual da qualidade do trabalho.

O abastecimento do fluido de corte em uma máquina-ferramenta é geralmente feito por meio de uma bomba e conduzido por mangueiras até o ponto de aplicação. A figura a seguir mostra, em representação esquemática, uma fresadora e seu sistema de distribuição do fluido de corte.

O fluido, depois de refrigerar a ferramenta e a peça, cai para a mesa onde é recolhido por canais e levado, por meio de um tubo, para o reservatório. Do reservatório, a bomba aspira novamente o fluido para devolvê-lo sobre a ferramenta e a superfície de trabalho.



Observe que o reservatório, na base da máquina, está dividido em dois compartimentos, de modo que as aparas e a sujeira fi-

quem no fundo do compartimento da frente para que a bomba possa se alimentar de líquido limpo.

Você já tem informações importantes para estudar. Por isso, faça o exercício a seguir.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Responda às seguintes perguntas.

- a) O que acontece quando se tem atrito entre duas superfícies?
- b) Qual foi a descoberta de Taylor em 1894?
- c) Quais são os inconvenientes do uso da água como fluido de corte?
- d) Quais devem ser as características de um fluido de corte?

Sólido? Líquido? Ou gasoso?

No começo desta aula, falamos em **materiais** capazes de refrigerar, lubrificar, proteger e limpar a região da usinagem. Embora genericamente designados como “fluidos” de corte, os materiais que cumprem essas funções podem ser, na verdade, sólidos, líquidos e gasosos. A diferença entre eles é que enquanto os gases só refrigeram e os sólidos apenas reduzem o atrito, os líquidos refrigeram e reduzem o atrito, daí a preferência pelos últimos.

O uso dos agentes de corte gasosos visa principalmente à refrigeração, embora o fato de estar sob pressão auxilie também na expulsão do cavaco. Para essas finalidades, usa-se o **ar comprimido** em temperaturas abaixo de 0°C, o **CO₂** (dióxido de carbono ou gelo-seco) para altas velocidades de corte de ligas de difícil usinagem, e o **nitrogênio** para operações de torneamento.

Os sólidos visam somente à lubrificação no processo de usinagem. É o caso do grafite e do bissulfeto de molibdênio, aplicados

na superfície de saída da ferramenta antes que se inicie o processo de corte.

O grupo maior, mais importante e mais amplamente empregado é, sem dúvida, o composto pelos líquidos. Eles estão divididos em três grandes grupos:

1. O grupo dos **óleos de corte integrais**, ou seja, que não são misturados com água, formado por: óleos minerais (derivados de petróleo), óleos graxos (de origem animal ou vegetal), óleos compostos (minerais + graxos) e óleos sulfurados (com enxofre) e clorados (com cloro na forma de parafina clorada).
2. O grupo dos óleos emulsionáveis ou “solúveis”, formado por: óleos minerais solúveis, óleos solúveis de extrema pressão (EP).
3. Fluidos de corte **químicos**, ou fluidos **sintéticos**, compostos por misturas de água com agentes químicos como aminas e nitritos, fosfatos e boratos, sabões e agentes umectantes, glicóis e germicidas.

Os óleos minerais são a base da maioria dos fluidos de corte. A eles são adicionados os aditivos, ou seja, compostos que alteram e melhoram as características do óleo, principalmente quando ele é muito exigido. Os aditivos mais usados são os antioxidantes e os agentes EP.

Os antioxidantes têm a função de impedir que o óleo se deteriore quando em contato com o oxigênio do ar.

Quando as pressões e as velocidades de deslizamento aumentam, a película de óleo afina até se romper. Para evitar o contato metal com metal, é necessário usar um **agente EP**.

Os agentes EP são aditivos que reagem quimicamente com a superfície metálica e formam uma película que reduz o atrito. Entre os tipos de agentes EP pode-se citar:

- matéria graxa, constituída de ácidos graxos, indicada para trabalhos leves;
- enxofre, formando o óleo sulfurado, indicado para trabalhos pesados com aço e metais ferrosos. Durante o trabalho de corte,

forma sulfeto metálico de características anti-soldantes e lubrificantes;

- cloro, adicionado sob a forma de parafina clorada e também indicado para operações severas com aço;
- fósforo que combinado com o enxofre substitui o cloro. Tem propriedades antioxidantes.

Os óleos emulsionáveis ou solúveis são fluidos de corte em forma de emulsão composta por uma mistura de óleo e água. Isso é possível com a adição de agentes emulsificadores, ou seja, aqueles que ajudam a formar as gotículas de óleo que ficam dispersas na água. Quanto melhor for esse agente, menor será o tamanho da gota de óleo e melhor a emulsão. Exemplos desses agentes são sabões e detergentes.

Dica tecnológica

Para obter uma boa emulsão de óleo solúvel, o óleo deve ser adicionado à água, sob agitação, (e **nunca** o contrário) em uma proporção de uma parte de óleo para quatro partes de água. A mistura obtida pode então ser diluída na proporção desejada.

Em geral, além desses aditivos, adiciona-se aos fluidos de corte agentes biodegradáveis anticorrosivos, biocidas e antiespumantes.

Na verdade, não existe um fluido “universal”, isto é, aquele que atenda a todas as necessidades de todos os casos. Os óleos solúveis comuns e os EPs são os que cobrem o maior número de operações de corte. A diferença entre cada grupo está na composição e na aplicação que, por sua vez, dependerá do material a ser usinado, do tipo de operação de corte e da ferramenta usada.

A escolha do fluido com determinada composição depende do material a ser usinado, do tipo de operação de corte e da ferramenta usada. Os fluidos de corte solúveis e os sintéticos são indicados quando a função principal é **resfriar**. Os óleos minerais, graxos usados juntos ou separados, puros ou contendo aditivos especiais são usados quando a **lubrificação** é mais importante do que o resfriamento.

A seguir você tem dois quadros. O primeiro resume informações sobre os tipos de fluidos de corte. O segundo dá indicações sobre o uso dos vários fluidos de corte, relacionando-os com a operação e o grau de usinabilidade dos materiais metálicos para construção mecânica.

Tipos	Composição	Propriedades				
		Resfriamento	Lubrificação	Proteção contra a corrosão	EP	Resistência à corrosão
óleos minerais	Derivado de petróleo.		Ótima	Excelente		Boa
óleos graxos	óleos de origem vegetal ou animal.		Excelente	Boa	Boa	
óleos compostos	Mistura de óleos minerais e graxos.		Excelente	Excelente	Boa	Boa
óleos "solúveis"	óleos minerais + óleos graxos, soda cáustica, emulsificantes, água.	Ótimo	Boa	Ótima		Boa
óleos EP	óleos minerais com aditivos EP (enxofre, cloro ou fósforo).	Ótimo	Boa	Ótima	Excelente	Boa
óleos sulfurados e clorados	óleos minerais ou graxos sulfurados ou com substâncias cloradas.		Excelente	Excelente	Excelente	Ótima
Fluidos sintéticos	Água + agentes químicos (aminas, nitritos, nitratos, fosfatos), sabões, germicidas.	Excelente	Boa	Excelente	Excelente	Excelente

Fonte: Usinagem e fluidos de corte. Esso Brasileira de Petróleo S.A., s/d, pág. 36.

Grau de severidade	Operação	Material					
		Aços de baixo carbono aditivados	Aços-liga de médio carbono	Aços-liga de alto carbono	Aços-ferramenta e aços inoxidáveis	Alumínio magnésio, latão vermelho	Cobre, níquel, bronze de alumínio
1	Brochamento	A	A	A ou j	A ou K	D	C
2	Roscamento	A ou B	A ou B	A ou B	A ou B ou C	D ou G / H a K	D ou G / H a K
3	Roscamento com cossinete.	B ou C	B ou C	B ou C	B ou C	D ou H	D ou H
4	Corte e acab. de dentes de engrenagem.	B	B	B	A	G ou H	j ou K
4	Oper. c/ alargador.	D	C	B	A	F	G
5	Furação profunda.	E ou D	E ou C	E ou B	E ou A	E ou D	E ou D
6	Fresamento.	E, C ou D	E, C ou D	E, C ou D	C ou B	E, H a K	E, H a K
7	Mandrilamento.	C	C	C	C	E	E
7	Furação múltipla.	C ou D	C ou D	C ou D	C ou D	F	G
8	Torneamento em máquinas automáticas.	C ou D	C ou D	C ou D	C ou D	F	G
9	Aplainamento e torneamento.	E	E	E	E	E	E
10	Serramento, retificação.	E	E	E	E	E	E

Legenda:
A - óleo composto com alto teor de enxofre (sulfurado)
B - óleos compostos com médios teores de enxofre(sulfurado) ou substâncias cloradas (clorado)
C - óleos compostos com baixos teores de enxofre ou substâncias cloradas
D - óleo mineral clorado
E - óleos solúveis em água
F, G, H, J, K - óleo composto com conteúdo decrescente de óleo graxo de F a K

Esta parte da aula mostrou o quanto este conteúdo é importante para o profissional da área de mecânica. Estude tudo com muito cuidado, porque os exercícios vêm aí.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

2. Responda às seguintes perguntas.

- a) Que tipos de materiais podem ser usados como agentes de melhoria da usinagem?
- b) Qual a diferença de emprego que existe entre eles?
- c) Cite um exemplo de cada tipo de agente facilitador de corte.
- d) O que é um aditivo e qual sua função no fluido de corte.
- e) Dê três exemplos de aditivos usados em fluidos de corte.
- f) O que é um EP?

3. Faça corresponder a coluna **A** (fluido de corte) com a coluna **B** (composição).

Coluna A	Coluna B
a) () Fluidos sintéticos	1. óleos minerais + óleos graxos, soda cáustica, emulsificantes, água.
b) () Óleos EP	2. óleos minerais ou graxos sulfurados ou clorados.
c) () Óleos solúveis	3. água + agentes químicos, sabões, germicidas.
d) () Óleos minerais	4. óleos minerais com enxofre, cloro ou fósforo.
	5. derivados de petróleo.

4. Assinale a alternativa correta.

- a) A escolha do fluido de corte com determinada composição depende:
 1. () do aditivo, do material a ser usinado e da ferramenta usada.
 2. () do material a ser usinado, da operação de corte e do aditivo EP.
 3. () do material a ser usinado, do tipo de operação de corte e da ferramenta usada.

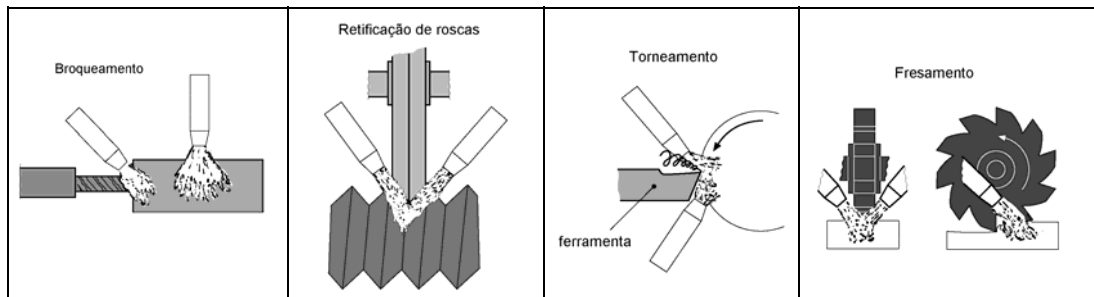
4. () da ferramenta usada, do tipo de operação e do poder de refrigeração.
 5. () do tipo de operação, do aditivo EP e do poder de refrigeração.
- b) Uma operação de torneamento de aços-liga exige fluidos de corte à base de:
1. () óleos solúveis.
 2. () óleos minerais clorados.
 3. () óleos compostos com baixos teores de enxofre e substâncias cloradas.
 4. () óleos compostos com médios teores de enxofre e substâncias cloradas.
 5. () todos os anteriores.
- c) Uma operação de fresamento de aços-liga de alto carbono exige fluidos de corte à base de:
1. () óleos solúveis.
 2. () óleos minerais clorados.
 3. () óleos compostos com baixos teores de enxofre e substâncias cloradas.
 4. () óleos compostos com médios teores de enxofre e substâncias cloradas.
 5. () todos os anteriores, exceto alternativa 4.

Manuseio dos fluidos e dicas de higiene

Os fluidos de corte exigem algumas providências e cuidados de manuseio que garantem seu melhor desempenho nas operações de usinagem. Vamos citar alguns exemplos.

1. Armazenamento – os fluidos devem ser armazenados em local adequado, sem muitas variações de temperatura. Além disso, eles devem ser mantidos limpos e livres de contaminações.
2. Alimentação – o fluido de corte deve ser aplicado diretamente à ponta da ferramenta com alimentação individual de cada ponta. A alimentação do fluido deve ser iniciada **antes** que a ferramenta penetre na peça a fim de eliminar o choque térmico.

co e a distorção. As ilustrações a seguir mostram a maneira adequada de aplicar o fluido em diversas operações de usinagem.



3. Purificação e recuperação – os fluidos de corte podem ficar contaminados por limalha, partículas de ferrugem, sujeiras diversas. Nesse caso, eles podem ser limpos por meio de técnicas de decantação e filtragem.
4. Controle de odor – os fluidos de corte em forma de emulsão, por conterem água, estão sujeitos à ação de bactérias presentes no ar, na água, na poeira e que produzem maus odores. Esse problema pode ser diminuído por meio da constante da limpeza da oficina, pelo arejamento e pelo tratamento bactericida da emulsão.

Os cuidados, porém, não devem se restringir apenas aos fluidos, mas também precisam ser estendidos aos operadores que os manipulam.

Embora os processos de produção dos fluidos de corte estejam cada vez mais aperfeiçoados para eliminar componentes indesejáveis, não só no que se refere ao uso, mas também aos aspectos relacionados à saúde do usuário, o contato prolongado com esses produtos pode trazer uma série de problemas de pele, genericamente chamados de **dermatite**.

Como o contato do operador com esses óleos é inevitável pelo tipo de trabalho realizado, torna-se indispensável que esse contato seja evitado, usando-se de luvas e uniformes adequados. Além disso, práticas de higiene pessoal são imprescindíveis para o controle e prevenção das dermatites.

O que acontece na dermatite, é que a combinação dos fluidos de corte com os resíduos que geralmente acompanham os trabalhos de usinagem forma compostos que aderem à pele das mãos e dos braços. Essas substâncias entopem os poros e os folículos capilares, impedindo formação normal do suor e a ação de limpeza natural da pele, o que causa a dermatite.

O controle desse problema é simplesmente uma questão de higiene pessoal e limpeza do fluido de corte. Para isso, algumas providências devem ser tomadas, a saber:

- Manter tanto o fluido de corte quanto a máquina-ferramenta sempre limpos.
- Instalar nas máquinas protetores contra salpicos.
- Vestir um avental à prova de óleo.
- Lavar as áreas da pele que entram em contato com os salpicos de fluido, sujeira e partículas metálicas ao menos duas vezes **durante** o dia de trabalho, usando sabões suaves ou pastas e uma escova macia. Enxugar muito bem com uma toalha de papel.
- Aplicar creme protetor nas mãos e nos braços antes de iniciar o trabalho e sempre depois de lavá-los.
- Tratar e proteger **imediatamente** cortes e arranhões.

Esta aula sobre fluidos de corte termina aqui. A informação básica você já tem. Vale lembrar mais uma vez que há muita coisa a ser aprendida ainda. Fique sempre de olho em catálogos, revistas técnicas e outras fontes que possam aumentar o seu conhecimento.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

5. Associe a coluna **A** (cuidados de manuseio) com a coluna **B** (providências).

Coluna A

- a) () Armazenamento
- b) () Alimentação
- c) () Purificação e recuperação
- d) () Controle de odor

Coluna B

- 1. Deve-se iniciar antes que a ferramenta penetre na peça.
- 2. Pode-se resolver com constante limpeza, arejamento e uso de bactericidas.
- 3. Pode-se evitar usando luvas e uniforme adequado.
- 4. Deve-se manter em local adequado sem muitas variações de temperatura.
- 5. Limpa-se por meio de técnicas de decantação e filtração.

6. Complete.

- a) O contato prolongado com os fluidos de corte sem os devidos cuidados pode causar problemas de pele chamados de
- b) O contato com os fluidos de corte pode ser evitado com o uso de e
- c) Para lavar as áreas da pele que entram em contato com os fluidos usa-se suaves ou e macia.
- d) Antes de iniciar o trabalho e após lavar as mãos deve-se usar

Gabarito

1.
 - a) O atrito gera calor.
 - b) Ele descobriu que a velocidade de corte podia ser aumentada em 33%, jogando grandes quantidades de água na região peça-ferramenta-cavaco.
 - c) Eles são: corrosão na usinagem de materiais ferrosos; baixo poder umectante e lubrificante; emprego em pequena faixa de temperatura.
 - d) Um fluido de corte deve: refrigerar, lubrificar, proteger contra a oxidação, e limpar a região da usinagem.

2.
 - a) Sólidos, líquidos, gasosos.
 - b) Gases só refrigeram, sólidos apenas reduzem o atrito, os líquidos refrigeram e reduzem o atrito.
 - c) Gás – CO₂; sólido: grafite; líquido: óleo de corte.
 - d) Um aditivo é um composto que altera e melhora as características do óleo.
 - e) Matéria graxa, cloro, fósforo.
 - f) EP é um aditivo que reage quimicamente com a superfície metálica e forma uma película que reduz o atrito.

3. a) 3; b) 4; c) 1; d) 5.

4. a) 3; b) 1; c) 5.

5. a) 4; b) 1; c) 5; d) 2.

6.
 - a) Dermatite.
 - b) Luvas e uniformes.
 - c) Sabões; pasta; escova.
 - d) Creme protetor para as mãos.

Antes prevenir do que remediar

Todo mundo já teve na vida um aparelho eletrônico que deixou de funcionar depois de muito uso. Quando isso acontece, e o aparelho vai parar na oficina eletrônica do bairro, o técnico muitas vezes pede o esquema com a disposição dos componentes do circuito que ele deve consertar. Isso facilita muito o trabalho dele.

Assim como o técnico precisa do desenho do circuito eletrônico para trabalhar, outros profissionais também usam algum tipo de esquema para o mesmo fim. Por exemplo, o engenheiro se vale das plantas para supervisionar a construção de um edifício. O electricista faz um esquema prévio da instalação que vai realizar.

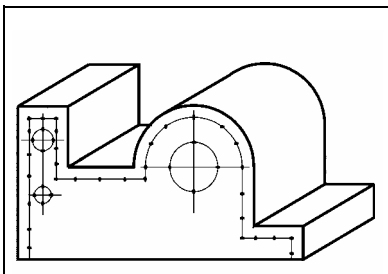
Na área de mecânica acontece o mesmo: se o trabalho é na manutenção, os esquemas mecânicos, hidráulicos e elétricos da máquina a ser recuperada são sempre bem-vindos. Se o trabalho é na produção, o mecânico precisa do desenho técnico para saber o que ele vai usinar, quanto vai tirar de sobremetal, que acabamento será dado à superfície etc.

Só que existem circunstâncias da produção mecânica em que é necessária uma etapa entre o desenho e a realização do trabalho. É o caso das peças em bruto produzidas por forjamento ou fundição ou peças pré-usinadas e que ainda terão de ser trabalhadas mecanicamente para a retirada do excesso de material que apresentam. Antes que a usinagem final seja iniciada, é necessário fazer uma operação que indique o local e a quantidade de material a suprimir. Essa operação é o assunto desta nossa aula. E para saber qual é, só estudando tudo com muita atenção.

Desenhando no material

Muitas vezes, dentro do processo de fabricação mecânica, é necessário prever se a peça em bruto ou pré-usinada resultará realmente na peça acabada que se deseja, isto é, se as dimensões da peça em bruto são suficientes para permitir a usinagem final. Isso geralmente acontece na produção de peças únicas, na fabricação de pequenas séries ou na produção de primeiros lotes de peças de uma grande série.

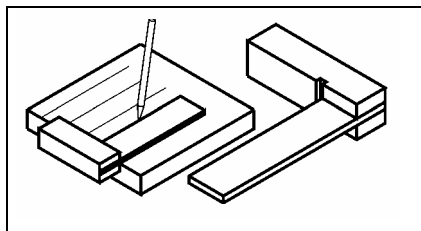
Para fazer isso, executa-se um conjunto de operações chamado de **traçagem**. Por meio da traçagem são marcadas na peça pré-usinada as linhas e os pontos que delimitam o formato final da peça após a usinagem. Com o auxílio da traçagem, são transportados para a peça os desenhos dos planos e outros pontos ou linhas importantes para a usinagem e o acabamento.



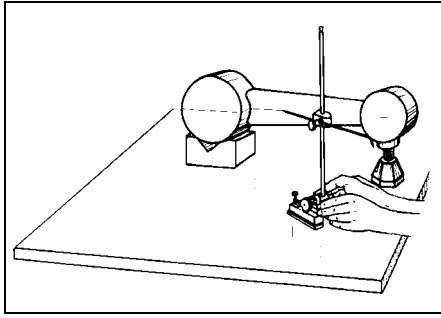
Como a traçagem consiste basicamente em desenhar no material a correta localização dos furos, rebaixos, canais, rasgos e outros detalhes, ela permite visualizar as formas finais da peça. Isso ajuda a prevenir falhas ou erros de interpretação de desenho na usinagem, o que resultaria na perda do trabalho e da peça.

O trabalho de traçagem pode ser classificado em dois tipos:

Traçagem plana, que se realiza em superfícies planas de chapas ou peças de pequena espessura.

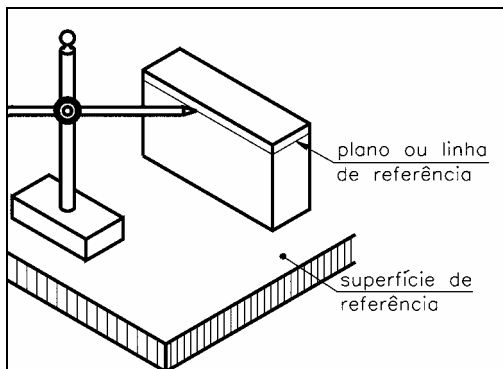


Traçagem no espaço, que se realiza em peças forjadas e fundidas e que não são planas. Nesse caso, a traçagem se caracteriza por delimitar volumes e marcar centros.

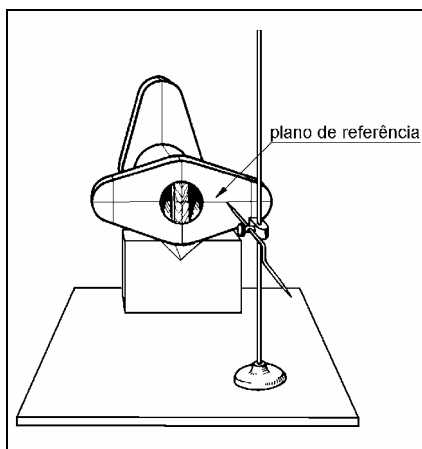


Na traçagem é preciso considerar duas referências:

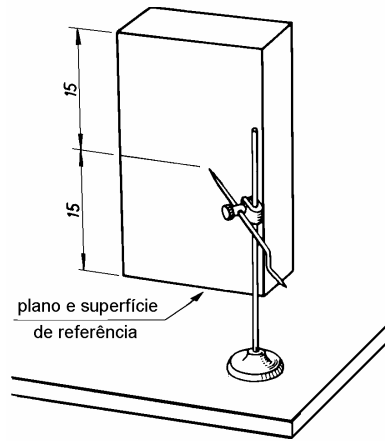
- a **superfície de referência**, ou seja, o local no qual a peça se apoia;
- o plano de referência, ou seja, a linha a partir da qual toda a traçagem da peça é orientada.



Dependendo do formato da peça, a linha que indica o plano de referência pode corresponder à linha de centro.



Da mesma forma, o plano de referência pode coincidir com a superfície de referência.



Os conceitos que você conheceu nesta primeira parte da aula são importantes. Dê uma parada para estudá-los.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

- 1 Responda às seguintes perguntas.
 - a) Para que é utilizada a traçagem?
 - b) Como é possível prevenir erros na usinagem e saber se o material em bruto possui dimensões suficientes?

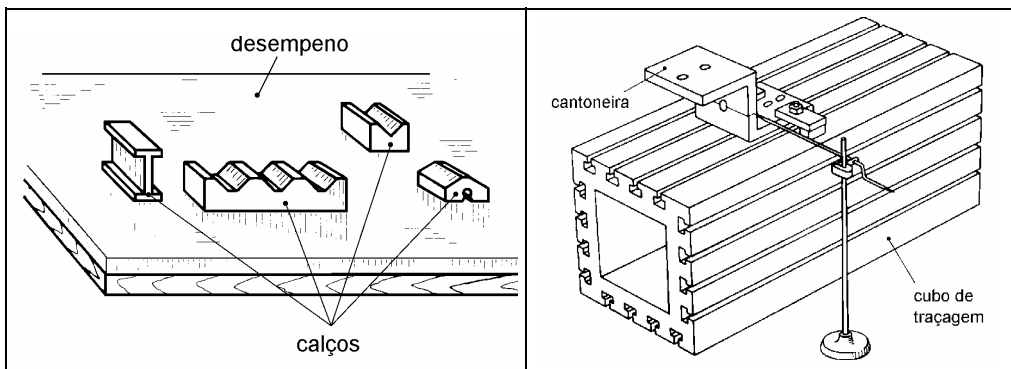
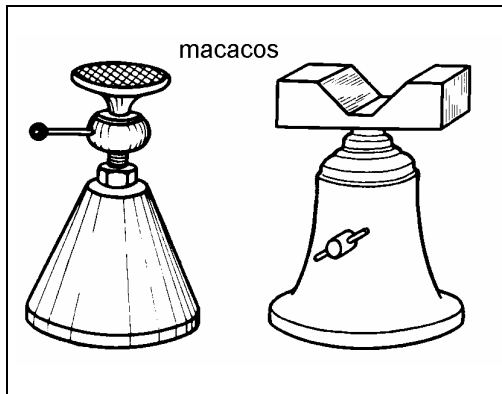
2. Complete com as expressões *traçagem plana* ou *traçagem no espaço*.
 - a) A é realizada em peças forjadas ou fundidas sem superfície de apoio a fim de delimitar volumes e marcar centros.
 - b) A é realizada em superfícies de chapas ou peças de pequena espessura.

- 3 Diga com suas palavras o que é:
 - a) Plano de referência.
 - b) Superfície de referência.

Instrumentos e materiais para traçagem

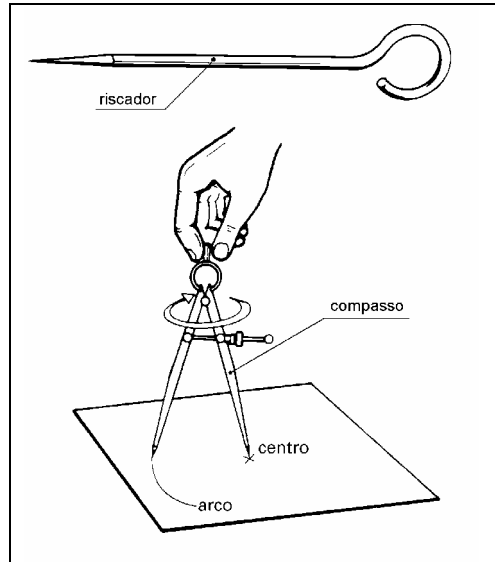
Para realizar a traçagem é necessário ter alguns instrumentos e materiais. Os instrumentos são muitos e variados: mesa de traçagem ou desempeno, escala, graminho, riscador, régua de traçar, suta, compasso, esquadro de centrar, cruz de centrar, punção e martelo, calços em V, macacos de altura variável, cantoneiras, cubo de traçagem.

Para cada etapa da traçagem um desses instrumentos ou grupo de instrumentos é usado. Assim, para apoiar a peça, usa-se a **mesa de traçagem** ou **desempeno**. Dependendo do formato da peça e da maneira como precisa ser apoiada, é necessário também usar **calços**, **macacos**, **cantoneiras** e/ou o **cubo de traçagem**.

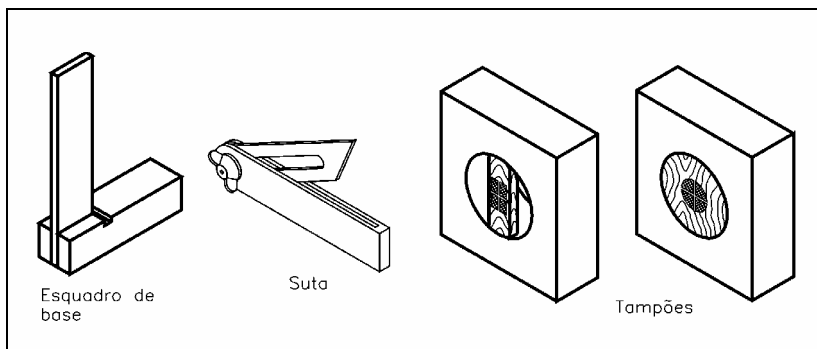


Para medir usam-se: **escala**, **goniômetro** ou **calibrador traçador**.

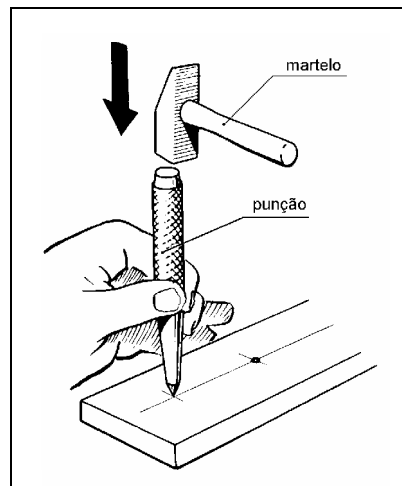
Para traçar, usa-se o **riscador**, o **compasso** e o **graminho** ou **calibrador traçador**.



Para auxiliar na traçagem usa-se régua, esquadros de base, o esquadro de centrar, a suta, tampões, gabaritos.



Para marcar usam-se um punção e um martelo.

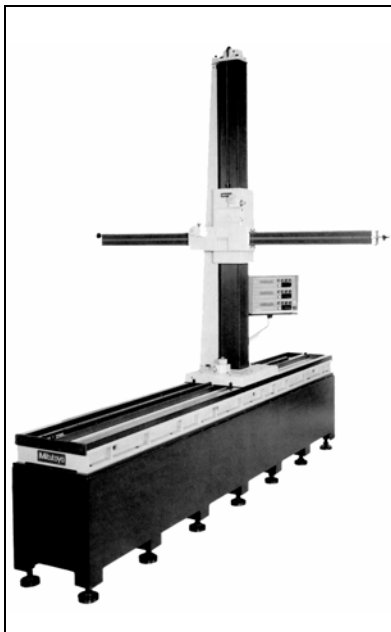


Para que o traçado seja mais nítido, as superfícies das peças devem ser pintadas com soluções corantes. O tipo de solução de-

pende da superfície do material e do controle do traçado. O quadro a seguir resume as informações sobre essas soluções.

Substância	Composição	Superfícies	Traçado
Verniz	Goma-laca, álcool, anilina	Lisas ou polidas	Rigoroso
Solução de alvaiade	Alvaiade, água ou álcool.	Em bruto	Sem rigor
Gesso diluído	Gesso, água, cola comum de madeira, óleo de linhaça, secante.	Em bruto	Sem rigor
Gesso seco	Gesso comum (giz)	Em bruto	Pouco rigoroso
Tinta	Já preparada no comércio.	Lisas	Rigoroso
Tinta negra especial	Já preparada no comércio	De metais claros	Qualquer

Quando há necessidade de realizar a traçagem em peças fundidas ou forjadas muito grandes, é possível fazê-lo em máquinas de traçagem.



Agora que você já conheceu quais os materiais e instrumentos necessários à traçagem, vamos estudar um pouco antes de aprender como essas operações são executadas.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

4. Relaciona a coluna **A** (o que fazer) com a coluna **B** (instrumentos).

Coluna A

- a) () Para medir
- b) () Para traçar
- c) () Para auxiliar
- d) () Para marcar

Coluna B

- 1. régua, esquadro de base e de centrar, suta, tampões, gabaritos.
- 2. riscador, compasso, graminho.
- 3. escala, graminho.
- 4. soluções corantes.
- 5. punção e martelo.
- 6. mesa de traçagem.

5. Responda às seguintes perguntas.

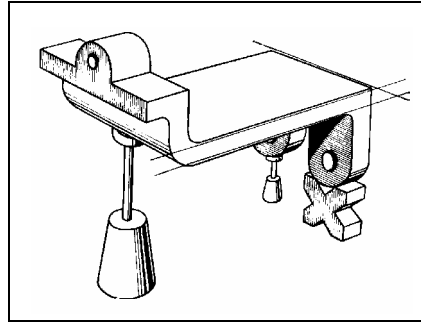
- a) O que se usa para apoiar a peça durante a traçagem?
- b) O que é usado para auxiliar no apoio de peças de formato irregular?
- c) Quais são os fatores que influenciam na escolha das soluções corantes?

Etapas da traçagem

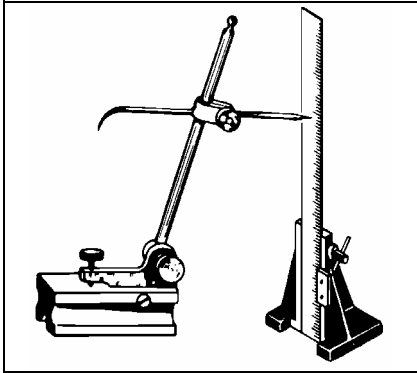
Como em qualquer outro tipo de operação, a traçagem é realizada em várias etapas. Elas são:

- 1. Limpeza das superfícies que estarão em contato, ou seja, a peça e a mesa de traçagem. Ambas devem estar livres de qualquer tipo de sujeira, tais como pó, graxa, óleo. Além disso, a peça deve ter sido previamente rebarbada.
- 2. Preparação da superfície com o material adequado, ou seja, aplicação de uma pintura especial que permita visualizar os traços do riscador.

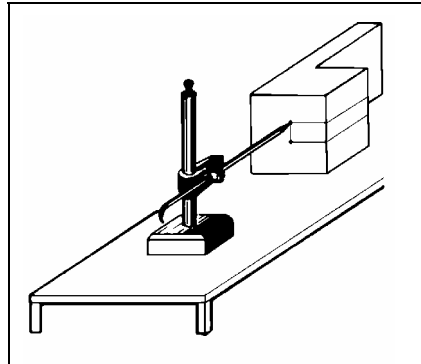
3. Posicionamento a peça sobre a superfície de referência. Se a peça não tiver uma superfície usinada que se possa tomar como plano de referência, ela deve ser posicionada com o auxílio de calços, macacos e/ou cunhas.



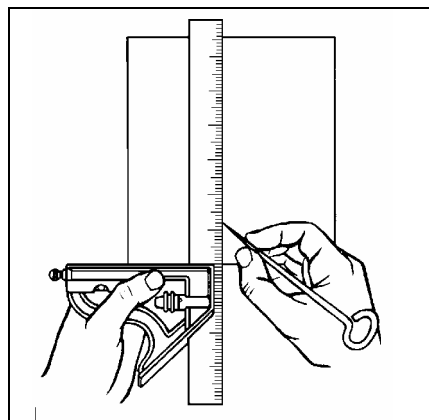
4. Preparação do graminho na medida correta.



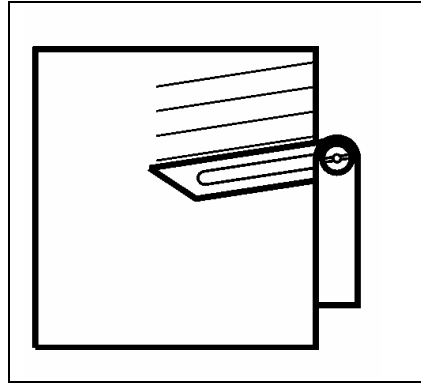
5. Traçagem, fazendo um traço fino, nítido, em um único sentido, ou seja, de uma vez só. Se os traços forem paralelos à superfície de referência, basta usar o graminho ou calibrador traçador.



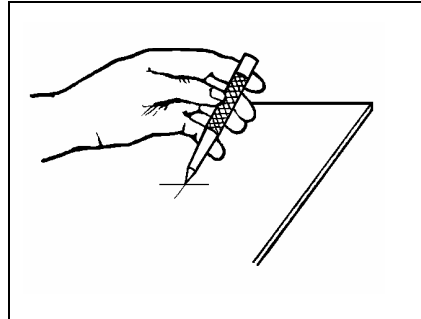
6. Para traçar linhas perpendiculares, usa-se o esquadro adequado.



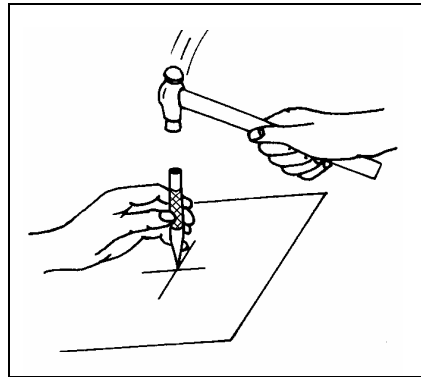
7. Para a traçagem de linhas oblíquas, usa-se a suta, que serve para transportar ou verificar o ângulo da linha oblíqua.



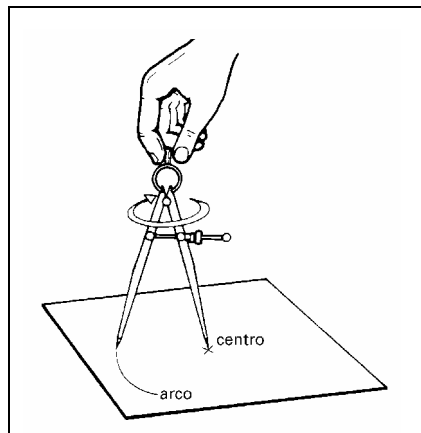
8. No caso de furos ou arcos de circunferência, marcar com punção e martelo. Esta operação é realizada colocando-se a ponta do punção exatamente na interseção de duas linhas anteriormente traçadas.



9. Em seguida, golpeia-se a cabeça do punção com o martelo. Como indicação prática, deve-se dar a primeira martelada com pouca força, verificar o resultado e dar um segundo golpe para completar a marcação.



10. Para a traçagem de arcos de circunferência, usa-se o punção para marcar o centro da circunferência e o compasso para realizar a traçagem.



Como você viu, traçagem é o desenho no próprio material que ajuda a visualizar o formato que a peça terá depois de usinada.

Ela ajuda a prevenir erros do operador. E como diz o velho ditado, é melhor prevenir do que remediar.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

6. Ordene a seqüência de etapas da traçagem, numerando os parênteses de 1 a 5.

- a) () Preparação do graminho na medida correta.
- b) () Traçagem.
- c) () Limpeza das superfícies que estarão em contato.
- d) () Posicionamento da peça sobre a superfície de referência.
- e) () Pintura da superfície com soluções corantes.

7. Associe a coluna **A** (tipos de traços) com a coluna **B** (instrumentos).

Coluna A

- a) () Traçagem de linhas paralelas
- b) () Traçagem de arcos.
- c) () Traçagem de linhas oblíquas.
- d) () Traçagem de linhas perpendiculares

Coluna B

- 1. Compasso
- 2. Esquadro
- 3. Graminho
- 4. Suta
- 5. Punção

8. Responda às seguintes perguntas.

- a) Como deve ser o traçado?
- b) Para que serve o puncionado?

Gabarito

1. a) A traçagem serve para desenhar no material a correta localização dos furos, rebaixos, canais, rasgos e visualizar as formas finais da peça.
b) Através da traçagem.
2. a) Traçagem no espaço.
b) Traçagem plana.
3. a) Resposta pessoal.
b) Resposta pessoal.
4. a) 3; b) 2; c) 1; d) 5.
5. a) Mesa de traçagem ou desempenho.
b) Calços, macacos, cantoneiras, cubo de traçagem.
c) Os fatores são: superfície do material e exatidão do traçado.
6. a) 4; b) 5; c) 1; d) 3; e) 2.
7. a) 3; b) 1; c) 4; d) 2.
8. a) Ele deve ser fino, nítido, em um único sentido e feito de uma só vez.
b) O puncionado serve para marcar furos ou centros de arcos de circunferência.

Mais que nunca é preciso cortar

Quando suas unhas estão compridas e é necessário apará-las, qual o modo mais rápido de fazê-lo? Lixando ou cortando?

Naturalmente, se você lixar, o acabamento será melhor. Porém, você gastará mais tempo nessa operação, certo? Portanto, se você tem pressa, vai recorrer à velha tesoura e as unhas estarão aparadas em um instante.

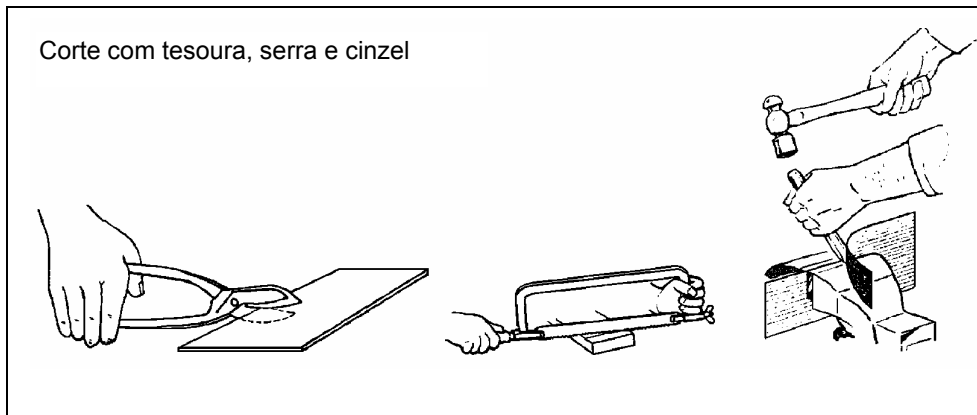
Na mecânica acontece algo parecido. Existem ocasiões em que é necessário retirar uma quantidade maior de material em um tempo menor, para facilitar a usinagem posterior. São operações intermediárias aparentemente simples, mas que são muito importantes na indústria mecânica. Você é capaz de dizer que operações são essas? Não? Então, estude esta aula cuidadosamente para conhecê-las.

Corte sem costura

Cortar pedaços de material é uma atividade muito comum no ambiente da mecânica. Ela compreende operações como **cortar** com tesoura ou com guilhotina, **serrar** manualmente ou com auxílio de máquinas e **cinzelar** com cinzel, também conhecido como talhadeira.

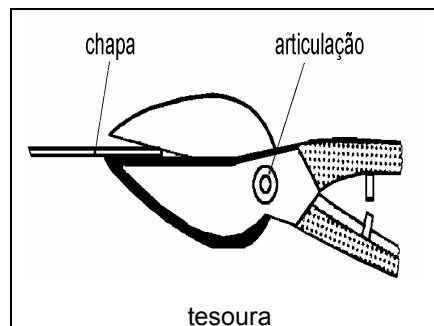
Por exemplo, o torneiro ou o fresador de produção não podem ficar preocupados com as dimensões da barra que eles vão trabalhar, nem perder tempo cortando o material no tamanho adequado. Do ponto de vista da empresa, é importante que não se des-

perdize matéria-prima. Isso leva à necessidade de cortar o material de maneira planejada, com as dimensões mínimas e suficientes para a execução da usinagem. É aí que o corte entra. Com máquinas, ferramentas e técnicas especiais para cada necessidade, algumas empresas têm até setores especializados no corte de materiais.



Assim, por exemplo, a preparação de barras em blocos menores para fresagem pode ser feita com o auxílio de máquinas de serrar. Para reparos, ajustes, formação de canais, corte de cabeças de rebites, o corte será feito manualmente com a ajuda de um cinzel, e no caso de chapas são usadas tesouras e guilhotinas.

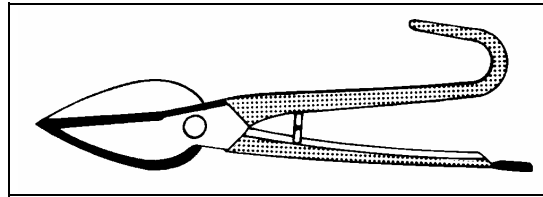
Dentre as operações de corte manual, a que economiza mais tempo e material é a de corte com tesoura, quando comparado com o corte com serra e com cinzel. Ela é empregada para cortar chapas finas de até 1 mm de espessura.



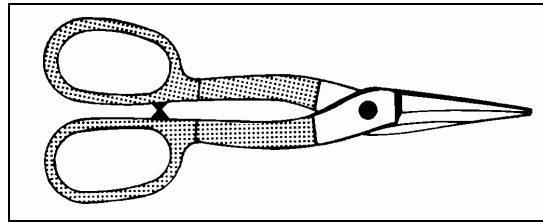
A tesoura funciona como um conjunto de duas alavancas articuladas. Como consequência, o corte se faz mais facilmente quando a chapa é encostada mais próximo da articulação, o que exige menos força para o corte. O resultado da operação de corte são bordas sem rebarbas, mas com cantos vivos.

Para essa operação, existem vários tipos de tesouras que se diferenciam uma das outras principalmente pela forma das lâminas, pelas dimensões e pela aplicação. Elas são:

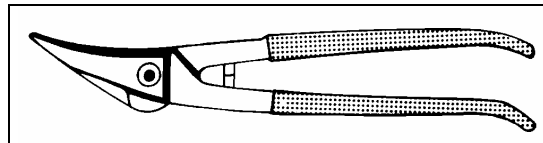
Tesoura manual reta para cortes retos de pequeno comprimento.



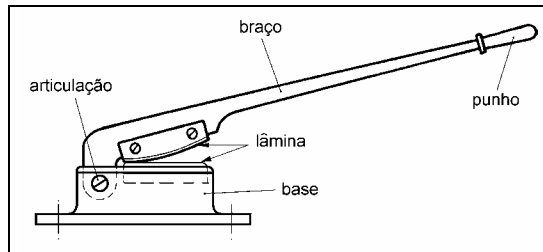
Tesoura manual reta de lâminas estrelas para cortes em curva de pequeno comprimento.



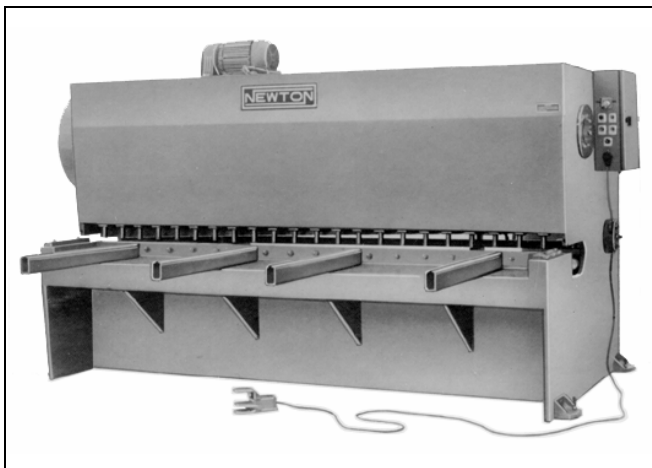
Tesoura manual curva para corte em de raios de circunferência côncavos e conexos.



Tesoura de bancada para chapas de maior espessura (entre 1 e 1,5mm).



Para chapas ainda mais espessas (± 3 mm) e maiores usam-se guilhotinas mecânicas.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Associe a coluna **A** (operação) com a coluna **B** (instrumentos).

Coluna A	Coluna B
a) () Cortar	1. Com lâminas serrilhadas.
b) () Serrar	2. Com tesoura ou guilhotina.
c) () Cinzelar	3. Com cinzel ou talhadeira.

2. Responda.

- a) Como é possível evitar o desperdício de matéria-prima no corte?
- b) Qual é a operação de corte adequada para a preparação de barras em blocos menores para fresagem?

3. Associe a coluna **A** (instrumento) com a coluna **B** (operação).

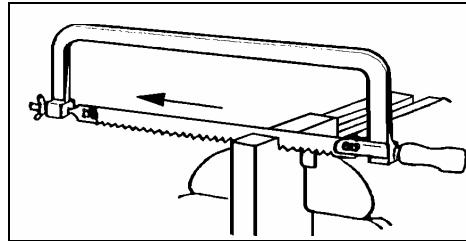
Coluna A	Coluna B
a) () Tesoura manual reta	1. Corte de raios.
b) () Tesoura manual reta de lâminas estreitas	2. Corte em curvas pequenas
c) () Tesoura manual curva	3. Pequenos comprimentos.
d) () Tesoura de bancada	4. Chapas de maior espessura (1 a 1,5mm).
e) () Guilhotinas mecânicas	5. Chapas mais espessas de ± 3 mm.

Tem dentes, mas não morde

Nem sempre na operação de corte, é possível fazê-lo com a tesoura ou a guilhotina. Isso acontece quando é preciso cortar materiais de maior volume em pedaços menores destinados à usinagem. A finalidade do corte também determina a escolha da operação. Assim, se é necessário fazer cortes de contornos internos ou externos, previamente traçados, abrir fendas e rebaixos, a operação indicada é o **serramento**, operação de corte de materiais

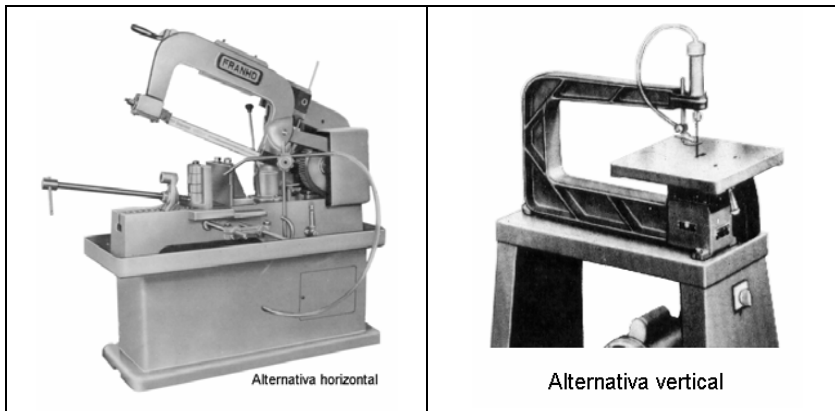
que usa a serra como ferramenta. O serramento pode ser feito manualmente ou com o auxílio de máquinas.

Para se fazer o serramento manual, usa-se um arco de serra no qual se prende a lâmina de serra.

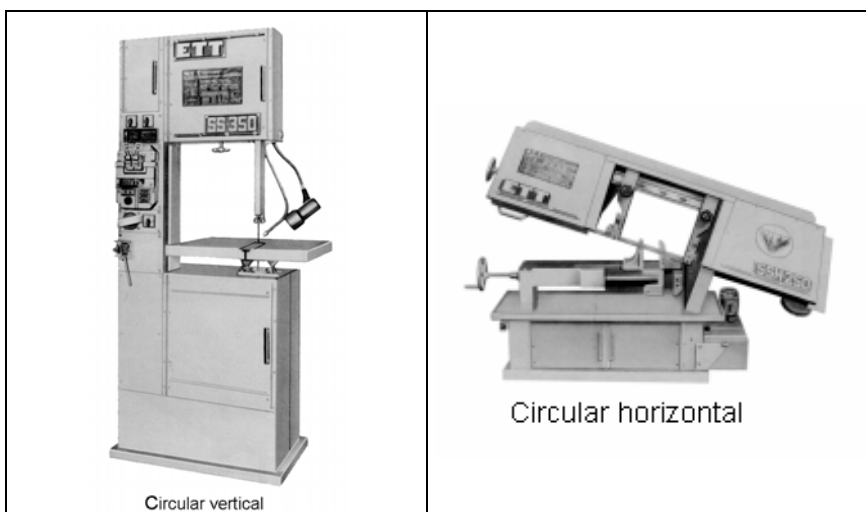


Para trabalhos em série, usam-se os seguintes tipos de máquinas de serrar:

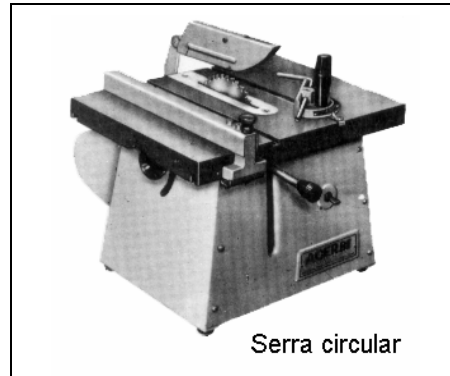
1. Máquina de serrar alternativa, horizontal ou vertical para cortes retos, que reproduz o movimento do serramento manual, isto é, de vaivém



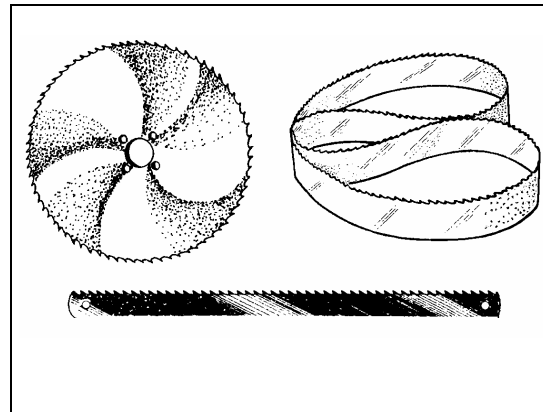
2. Máquina de serrar de fita circular, que pode ser vertical ou horizontal.



3. Máquina de serrar de disco circular.



Seja com arco, seja com máquinas, o item mais importante no serramento é a **lâmina de serrar** ou simplesmente serra. Por isso, o cuidado com a seleção das lâminas de serra tanto para trabalhos manuais quanto com máquinas é essencial.



O quadro a seguir resume as principais características das lâminas de serra.

Serras	Material	Número de dentes	Formato e dimensões
Lâminas para operações manuais	Aço rápido (rígidas e flexíveis) Aço alto carbono (rígidas)	14, 18, 24 e 32 por polegada.	Lâminas com 8, 10 ou 12" de comprimento por 1/2" de largura.
Lâminas para operações com máquinas	Aço alto carbono Aços-liga de molibdênio e cobalto	4, 6, 8 e 10 dentes por polegada	Lâminas de 12" x 1" a 40" x 5" Rolos de fita de dimensões variadas.
Discos de corte	Corpo de aço-carbono, e dentes de aço rápido, aço-cromo, metal duro, diamantados.	Varia de acordo com o diâmetro.	Circular com diâmetros de 4 a 40".

Dica tecnológica

Existem serras usadas para fazer furos de diâmetros maiores dos que os que se pode fazer com brocas comuns. Elas foram especialmente desenvolvidas para a furação de chapas de aço e outros metais, madeiras, fibras, plásticos, etc. São fabricadas em aço rápido bimetal e usadas em furadeiras. São chamadas de serra copo.

A escolha da lâmina de serra adequada ao trabalho dependerá do tipo de trabalho (manual ou por máquina), da espessura e do tipo do material. Além de considerar esses dados, é necessário compatibilizá-los com a velocidade de corte ou número de golpes (máquina alternativa). Os quadros a seguir reúnem essas informações.

Material	Espessura do Material						
	Até 6mm 1/4"	De 6mm a 13mm 1/4" a 1/2"	De 13mm 25mm 1/2" A 1"	Acima de 25mm 1"	Até 13mm 1/2"	De 13mm a 38mm 1/2" a 1 1/2"	Acima de 38mm 1 1/2"
	Número de dentes por polegadas				Velocidade (m/min)		
Aços comuns	24 - 18	14	10 - 8	6 - 4	60	50	40
Aço-cromo-níquel; aços fundidos e ferro fundido.	24 - 18	14	10	8 - 6	40	35	30
Aço rápido. Aço inoxidável e aços tipo RCC.	24 - 18	14	10	8	30	25	20
Perfilados e tubos (parede grossa).	24 - 18	14	10	8 - 6	60	55	50
Tubos (parede fina).	14	14	14	14	75	75	75
Metais não-ferro- sos. Alumínio An- timônio Latão e Magnésio.	10	8	6	4	500	400	300
Cobre e zinco.	14	8	6	4	300	250	200
Tubos de cobre. Alumínio ou latão com parede fina	18 - 14	18 - 14	18 - 14	18 - 14	600	500	400

Fonte: Adaptada do catálogo B 100 - Starret Tools

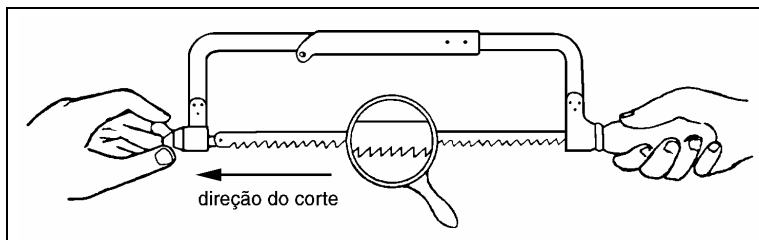
Material	Espessura do material				Golpes por minuto
	De 20mm (3/4")	De 20mm a 40mm (de 3/4" a 1 1/2")	De 40mm a 90mm (de 1 1/2" a 3 1/2")	Acima de 90mm (Acima de 3 1/2")	
	Número de dentes por polegadas				
Aços/níquel	14	10	6	4	70 a 85
Aços comuns					
Aços inoxidáveis					
Aços rápidos	14	10	6	4	75 a 90
Aços tipos RCC					
Perfilados tubos	14	-	-	-	75 a 90
Ferro fundido	14	10	6	4	90 a 115
Bronze	14	10	6	4	95 a 135
Cobre					
Alumínio/Latão	14	10	6	4	100 a 140

Não se esqueça de que esses quadros resumem bastante as informações. Para mais detalhes, o bom profissional não dispensa a consulta a manuais e catálogos de fabricantes.

Etapas do serramento

Para executar a operação de corte seguem-se as seguintes etapas:

1. Marcação das dimensões no material a ser cortado. No caso de corte de contornos internos ou externos, há necessidade de traçagem, observando a seqüência já estudada.
2. Fixação da peça na morsa, se for o caso.
3. Seleção da lâmina de serra de acordo com o material e sua espessura.
4. Fixação da lâmina no arco (manual) ou na máquina, observando o sentido dos dentes de acordo com o avanço do corte.



5. Regulagem da máquina, se for o caso.

6. Serramento. Se o serramento for manual, manter o ritmo (aproximadamente 60 golpes por minuto) e a pressão (feita apenas durante o avanço da serra). Usar a serra em todo o seu comprimento, movimentando somente os braços. Ao final da operação, diminuir a velocidade e a pressão sobre a serra para evitar acidentes. Essa recomendação é válida também para as máquinas de corte vertical.

Caso o corte seja feito com máquina, usar o fluido de corte adequado (normalmente óleo solúvel).

Para obter os melhores resultados no corte com máquina, deve-se manter o equipamento em bom estado de conservação. Além disso, algumas recomendações devem ser seguidas, a saber:

- a) Se a máquina possuir morsa, verificar se o material está firmemente preso.
- b) Escolher a lâmina de serra adequada ao trabalho.
- c) Verificar a tensão da lâmina de serra, que deve ser moderada. Após alguns cortes, fazer nova verificação e reajustar se necessário.
- d) Ao ligar a máquina, verificar se a lâmina está afastada do material.
- e) Usar avanço e velocidade de corte adequados à espessura e ao tipo de material a ser cortado.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

4. Responda.
 - a) Quando se usa o corte com serra?
 - b) Que tipos de operações de corte o serramento permite?
 - c) Quais os fatores que influenciam na escolha da lâmina de serra?
 - d) Quais são os cuidados necessários para um correto serramento manual?
 - e) Quais são as recomendações para se obter um bom rendimento no corte por serramento?

5. Associe a coluna **A** (máquinas) com a coluna **B** (lâmina).

Coluna A

- a) () Serra manual
- b) () Serra alternativa
- c) () Serra de fita
- d) () Serra circular

Coluna B

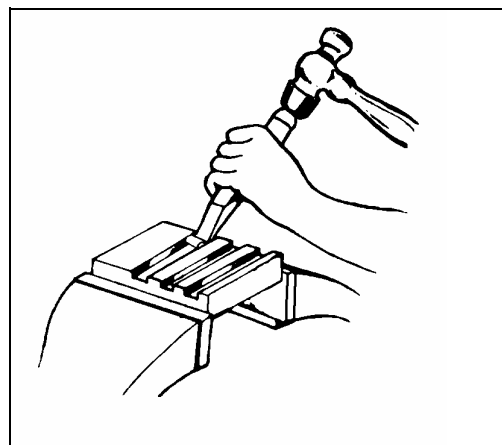
- 1. Lâminas circulares em rolos
- 2. Lâminas para furos em chapas
- 3. Lâminas em forma de discos
- 4. Lâminas retas montadas em arcos
- 5. Lâminas retas de 4, 6, 8, 10 dentes por polegada

6. Numere de 1 a 6 a seqüência correta do serramento com máquina.
- a) () Fixar a lâmina.
 - b) () Fixar a peça.
 - c) () Marcar ou traçar as dimensões no material a se cortar.
 - d) () Serrar.
 - e) () Selecionar a lâmina de serra.
 - f) () Regular a máquina.

Um pouquinho de cada vez

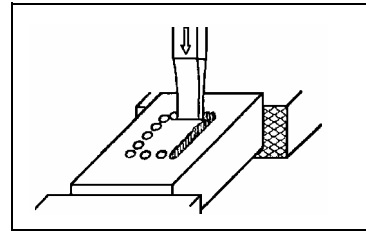
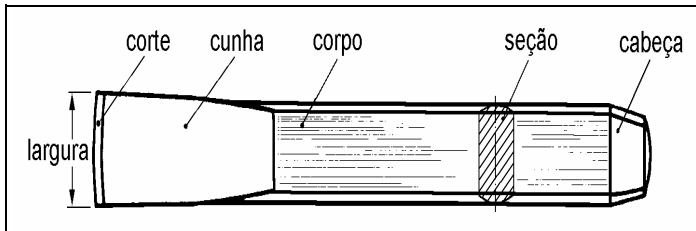
Existem operações de corte que não podem ser feitas nem com tesoura ou guilhotina, nem com serras manuais ou mecanizadas devido a dificuldades como espaço ou local para a realização da operação. São operações executadas pelo ajustador ou o mecânico de manutenção para abrir rasgos, cortar cabeças de rebites, fazer canais de lubrificação e cortar chapas.

É uma operação eminentemente manual que consiste em separar e cortar uma quantidade de material com o auxílio de uma ferramenta chamada de cinzel.

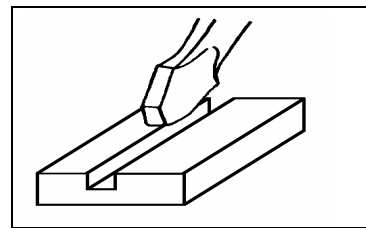
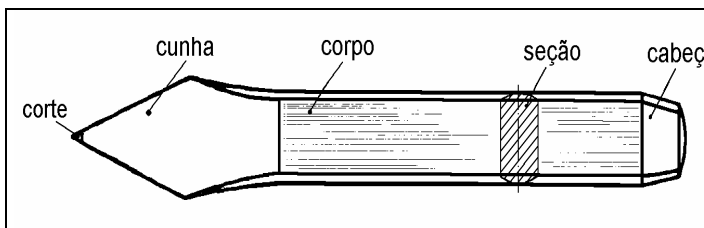


Para cinzelar são necessárias as seguintes ferramentas:

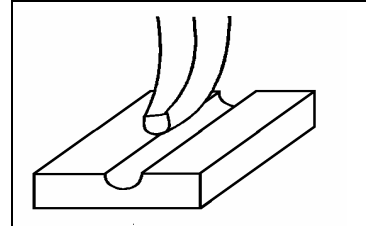
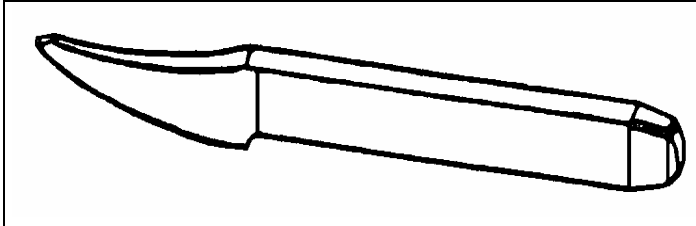
- a) Cinzel ou talhadeira para cortar chapas e desbastar superfícies planas. Com uma afiação adequada, o cinzel é usado para vazar furos próximos entre si.



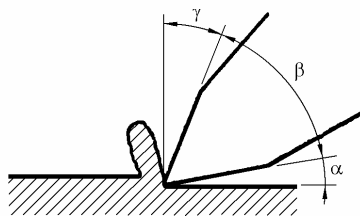
- b) Bedame, também chamado de buril, para produzir rasgos de chaveta.



- c) Bedame meia-cana para abrir canais para lubrificação.



A aresta cortante deve ter os ângulos convenientes de acordo com o material a ser trabalhado. Veja tabela a seguir.



α = ângulo de incidência
 β = ângulo de cunha
 γ = ângulo de saída ou ataque

Material	Ângulo de cunha (c ou β)
Alumínio	30°
Cobre	50°
Aço	65°
Ferro fundido	70°
Aços-liga	75° a 85°

Para facilitar o corte do material, o cinzelamento é muitas vezes feito após o serramento. O resultado da operação de cinzelamento é rústico. Por isso, ele só é

realizado quando não se dispõe de máquinas adequadas. É também usado em trabalhos de manutenção.

Como há o perigo de que os cavacos resultantes dessa operação atinjam o olho de quem a executa, é imprescindível que o profissional use óculos de segurança.

Os operações apresentadas nesta aula são simples, mas importantes. Agora, estude tudo com atenção para poder seguir em frente na próxima aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

7. Responda:

- a) Quais são as operações feitas por cinzelamento?
- b) Qual o cuidado que se deve tomar para proteger os olhos contra os cavacos resultantes do cinzelamento?

8. Associe a coluna **A** (ferramenta) com a coluna **B** (operação).

Coluna A	Coluna B
a) () Talhadeira	1. Fazer furos em chapas finas.
b) () Bedame ou buril	2. Para vazar furos, desbastar. superfícies planas,
c) () Bedame meia-cana	3. Abrir canais de lubrificação.
	4. Produzir rasgos do tipo chaveta.

Gabarito

1. a) 2 b) 1 c) 3

2. a) Isso é possível, cortando-se o material de maneira planejada, com as dimensões mínimas e suficientes para a execução da usinagem.
b) É o corte com máquinas de serrar.

3. a) 3 b) 2 c) 1 d) 4 e) 5

4. a) O corte com serra é usado quando é preciso cortar materiais em pedaços menores destinados à usinagem.
b) O serramento permite realizar contornos internos e externos, abrir fendas e rebaixos.
c) A escolha da lâmina de serra é influenciada pelo tipo do trabalho, espessura e tipo de material.
d) Eles são: manter o ritmo de 60 g/min; fazer pressão apenas durante o avanço; usar a serra em todo o seu comprimento; ao final da operação diminuir a velocidade e a pressão sobre a serra movimentando apenas os braços para evitar acidentes.
e) Elas são: verificar se o material está bem preso; escolher a lâmina de serra adequada ao trabalho; verificar a tensão da lâmina de serra; verificar se a lâmina está afastada do material ao ligar a máquina; usar o avanço e velocidade de corte adequados à espessura e ao tipo de material a ser cortado.

5. a) 4 b) 5 c) 1 d) 3

6. a) 4 b) 2 c) 1 d) 6
e) 3 f) 5

7. a) Elas são: abrir rasgos; cortar cabeças de rebites; fazer canais de lubrificação; cortar chapas.
b) É imprescindível o uso de óculos de segurança.

8. a) 2 b) 4 c) 3

Solução? Uma lima na mão!

Quando você abre uma lata de sardinhas com um abridor comum, precisa tomar cuidado para não se cortar com os cantos e rebarbas que se formam nesse processo de corte.

Qualquer processo de corte tem como resultado mais ou menos a mesma coisa: arestas, rebarbas, cantos vivos que, se não forem retirados, poderão ocasionar acidentes, prejudicar o alinhamento, o assentamento, o esquadreamento da peça quando for necessário fazer a traçagem e/ou a usinagem posterior. Como resolver esse problema?

Quando a empresa conta com um bom profissional, isso fica fácil, pois existe uma operação que permite eliminar esses excessos de material, mesmo que eles estejam em locais que uma máquina não pode alcançar. É um processo predominantemente manual, mas que eventualmente pode ser realizado com a ajuda de uma máquina. Se você quer conhecer esse processo, estude esta aula com muita atenção.

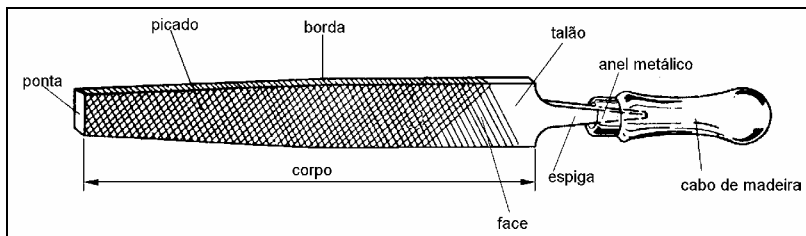
Devagar e sempre

Apesar do uso das máquinas-ferramenta garantir qualidade e produtividade na fabricação de peças em grandes lotes, existem ainda operações manuais que precisam ser executadas em circunstâncias nas quais a máquina não é adequada. É o caso da **limagem**, realizada pelo ferramenteiro ou pelo ajustador e usada para reparação de máquinas, ajustes diversos e trabalhos de usi-













nagem na ferramentaria para a confecção de gabaritos, lâminas, matrizes, guias, chavetas.



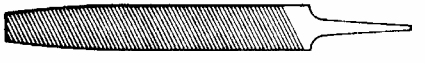

Como você já sabe, sempre que se realiza uma operação de corte qualquer, o resultado quase inevitável é o aparecimento de rebarbas que precisam ser retiradas. A limagem é a operação que retira essa camada extra e indesejável de material. Para isso, usa-se uma ferramenta chamada **lima**.

A lima é uma ferramenta geralmente fabricada com aço-carbono temperado e cujas faces apresentam dentes cortantes chamados de **picado**.



A lima pode ser classificada por meio de várias características. Essas informações estão resumidas no quadro a seguir:

Classificação	Tipo	Aplicações
Quanto ao formato	  lima chata	Superfícies planas Superfícies planas internas em ângulo reto ou obtuso
	  lima quadrada	Superfícies planas em ângulo reto, rasgos internos e externos
	  lima redonda	Superfícies côncavas, pequenos raios
	  lima meia-cana	Superfícies côncavas e planas
	  lima triangular	Superfícies em ângulo agudo maior que 60°.
	  lima faca	Superfícies em ângulo agudo menor que 60°.

Classificação	Tipo	Aplicações
Quanto à inclinação do picado	simples 	Materiais metálicos não-ferrosos (alumínio, chumbo)
	duplo (cruzado) 	Materiais metálicos ferrosos (aços, ferro fundido)
Quanto à quantidade ou espaçamento dos dentes	Bastarda (6 a 8 dentes p/ cm) longitudinal 	Desbaste (mais que 0,2mm)
	Murça (12 a 16 dentes p/ cm) longitudinal 	Acabamento (menos que 0,2mm)
Quanto ao comprimento	entre 4 e 12 polegadas (100 a 300 mm)	Variável, dependendo do tamanho da superfície a ser limada

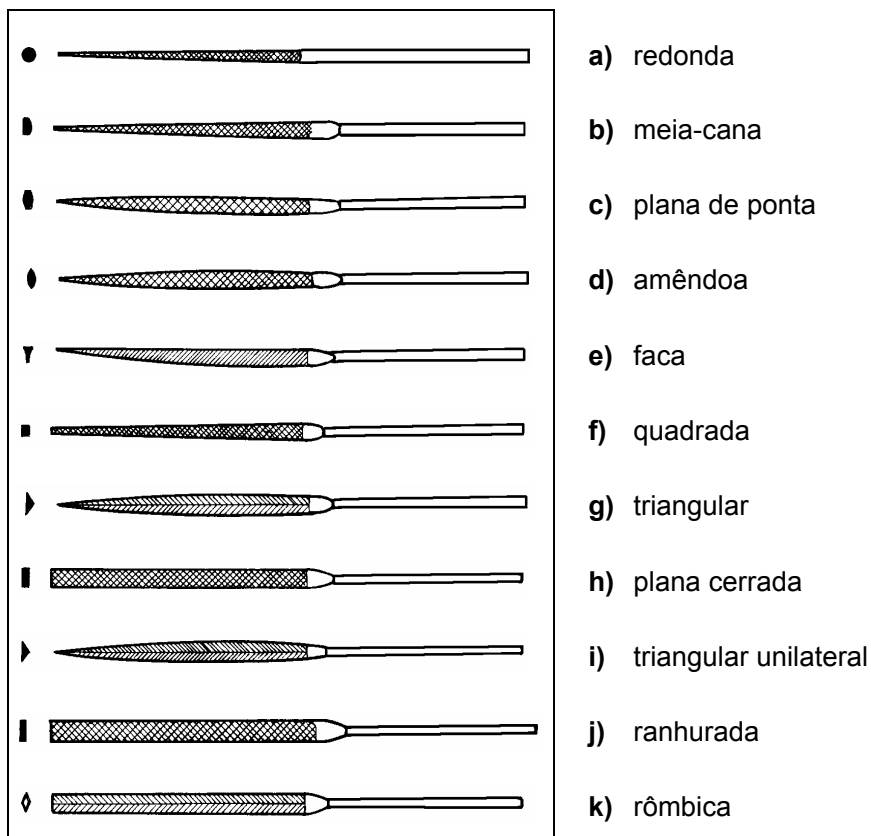
Para que as limas tenham uma durabilidade maior, é necessário ter alguns cuidados:

1. Usar as limas novas para limar metais mais macios como latão e bronze. Quando ela perder a eficiência para o corte desses materiais, usá-la para trabalhar ferro fundido que é mais duro.
2. Usar primeiramente um dos lados. Passe para o segundo lado somente quando o primeiro já estiver gasto.
3. Não limar peças mais duras do que o material com o qual a lima foi fabricada.
4. Usar lima de tamanho compatível com o da peça a ser limada.
5. Quanto mais nova a lima, menor deve ser a pressão sobre ela durante o trabalho.
6. As limas devem ser guardadas em suportes de madeira em locais protegidos contra a umidade.

Existe ainda um grupo especial de limas pequenas, inteiras de aço, chamadas de **limas-agulha**. Elas são usadas em trabalhos especiais como, por exemplo, para a limagem de furos de pequeno diâmetro, construção de ranhuras e acabamento de cantos vivos e outras superfícies de pequenas dimensões nas quais se requer rigorosa exatidão.

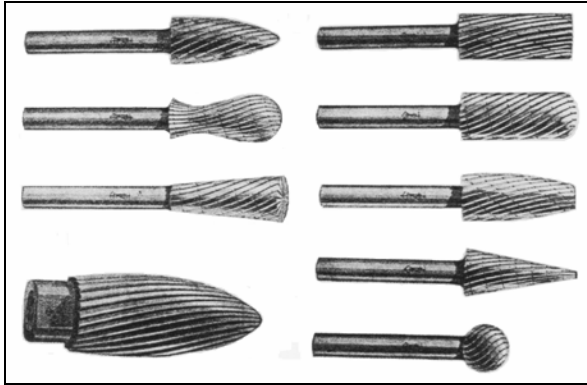
O comprimento total das limas-agulha varia entre 120 e 160mm e o comprimento da parte com picado pode ser de 40, 60 e 80mm.

Quanto ao picado e ao formato elas são semelhantes às limas comuns:



Para trabalhar metal duro, pedra, vidro e matrizes em geral, e em ferramentaria para a fabricação de ferramentas, moldes e matrizes em geral, são usadas **limas diamantadas**, ou seja, elas apresentam o corpo de metal recoberto de pó de diamante fixado por meio de um aglutinante.

Para simplificar a usinagem manual de ajustagem, rebarbamento e polimento, usam-se as **limas rotativas** ou fresas-lima, cujos dentes cortantes são semelhantes aos das limas comuns. São acopladas a um eixo flexível e acionadas por meio de um pequeno motor. Apresentam formatos variados, como mostra a ilustração a seguir.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda:

- a) Que tipos de trabalhos podem ser realizados por meio da lixagem?
- b) Como se chama a ferramenta para realizar a lixagem e com que material ela é fabricada?
- c) Como são chamados os dentes cortantes da lima?
- d) Como as limas podem ser classificadas?

2. Associe a coluna **A** (tipo de lima) com a coluna **B** (emprego).

- | Coluna A | Coluna B |
|------------------------|---|
| a) () Lima chata | 1. Superfícies côncavas e planas. |
| b) () Lima quadrada | 2. Superfícies com ângulo agudo menor do que 60°. |
| c) () Lima redonda | 3. Superfícies planas em ângulo reto; rasgos. |
| d) () Lima meia-cana | 4. Superfície para desbaste (mais que 0,2mm). |
| e) () Lima triangular | 5. Superfícies côncavas de pequenos raios. |
| f) () Lima faca | 6. Superfícies planas com ângulo obtuso. |
| | 7. Superfícies com ângulo agudo maior que 60°. |

3. Assinale **V** se a afirmação for correta ou **F** se ela estiver incorreta.

- a) () As limas novas devem ser usadas para limar materiais duros.
- b) () Limas-agulha são usadas em trabalhos de exatidão.
- c) () As limas devem ser guardadas em local apropriado, protegidas contra a umidade.

- d) () As limas rotativas são usadas em ferramentaria para simplificar a usinagem manual de ajustagem, rebarbagem e polimento.
- e) () As limas diamantadas são usadas para trabalhar metal duro, pedra, vidro e matrizes em geral.
- f) () Quanto mais nova for a lima, maior deverá ser a pressão sobre ela.

4. Reescreva corretamente as alternativas que você considerou falsas.

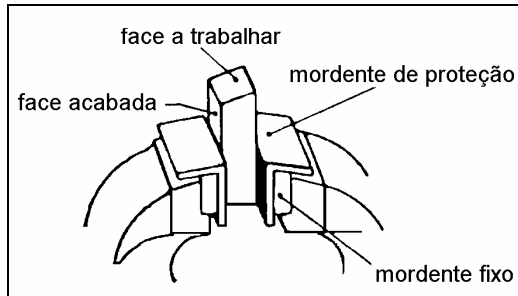
Etapas da limagem

A limagem manual pode ser realizada por meio de várias operações. Elas são:

- limar superfície plana: produz um plano com um grau de exatidão determinado por meio de réguas. Aplica-se à reparação de máquinas e em ajustes diversos;
- limar superfície plana paralela: produz um plano paralelo cujo grau de exatidão é controlado com o auxílio de um instrumento como o paquímetro, o micrômetro ou o relógio comparador. É empregada na confecção de matrizes, em montagens e ajustes diversos;
- limar superfície plana em ângulo: produz uma superfície em ângulo reto, agudo ou obtuso, cuja exatidão é verificada por meio de esquadros (ângulos de 90°). Usa-se para a confecção de guias de diversos ângulos, “rabos de andorinha”, gabaritos, cunhas;
- limar superfície côncava e convexa: produz uma superfície curva interna ou externa verificada por verificadores de raio e gabaritos. É empregada para a execução de gabaritos, matrizes, guias, chavetas;
- limar material fino (chapas de até 4 mm). Aplica-se à usinagem de gabaritos e lâminas para ajuste.

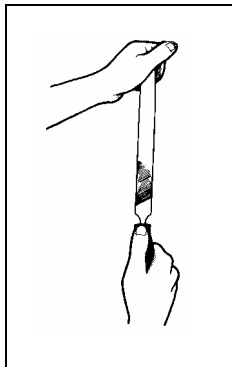
Nesta aula, vamos nos deter na limagem de superfície plana que é a operação com menor grau de dificuldade. Essa operação prevê a realização das seguintes etapas:

1. Fixação da peça na morsa – A superfície a ser limada deve ficar na posição horizontal, alguns milímetros acima do mordente da morsa. Para proteger as faces já acabadas da peça, usar **mordentes de proteção**.

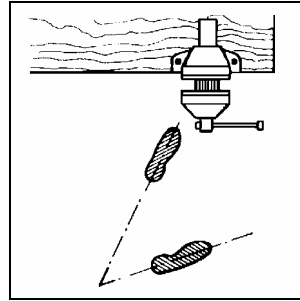


Mordentes de proteção: são chapas de material mais macio do que o da peça que será fixada e que evitam que os mordentes da morsa façam marcas nas faces já usinadas da peça.

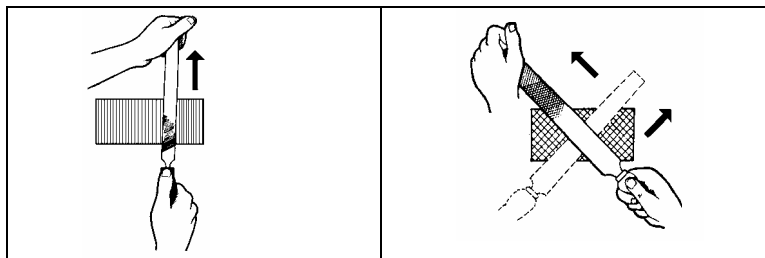
2. Escolha da lima de acordo com a operação e tamanho da peça.
3. Execução da limagem observando as seguintes orientações:
 - a) Segure a lima conforme a ilustração e verifique se o cabo está bem fixado.



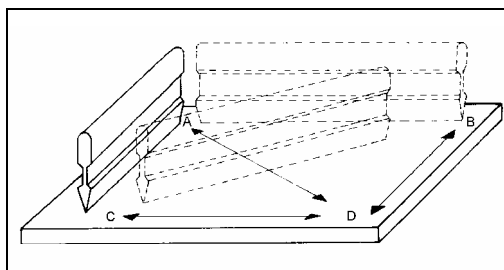
- b) Apoie a lima sobre a peça, observando a posição dos pés.



- c) Lime por passes sucessivos, cobrindo toda a superfície a ser limada e usando todo o comprimento da ferramenta. A lima pode correr transversal ou obliquamente em relação à superfície da peça.



- d) Lime a um ritmo entre 30 e 60 golpes por minuto.
- e) Controle frequentemente a planeza com o auxílio da régua de controle.



Para evitar riscos na superfície limada, limpe os cavacos que se prendem ao picado da lima com o auxílio de uma escova ou raspador de latão ou cobre.

A operação da limagem é artesanal e seu resultado depende muito da habilidade do profissional. Aumentar a produtividade e uniformizar os resultados é o grande desafio da limagem. Será possível vencê-lo? Vamos descobrir isso na próxima aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

5. Associe a coluna **A** (operação) com a coluna **B** (controle ou aplicação da operação).

Coluna A

- a) () Limar superfície plana
- b) () Limar superfície plana paralela
- c) () Limar superfície plana em ângulo
- d) () Limar superfície côncava ou convexa
- e) () Limar superfície plana de material fino.

Coluna B

- 1. Verifica-se com gabaritos ou verificadores de raios.
- 2. Produz superfície controlada por meio de réguas.
- 3. Emprega-se em chapas de até 4mm.
- 4. Controla-se por meio de paquímetro.
- 5. Controla-se por meio de goniômetro.

6. Responda.

- a) O que são mordentes de proteção?
- b) Por que os mordentes de proteção devem ser mais macios do que a peça usinada?
- c) Cite ao menos três providências que devem ser observadas ao se executar a limagem.
- d) Como evitar riscos na superfície da peça durante a limagem?

Gabarito

1. a) Os trabalhos que podem ser feitos por meio de limagem são: reparação de máquinas, ajustes diversos, usinagem para a confecção de gabaritos, lâminas, matrizes, guias, chavetas.
b) É a lima, fabricada com aço-carbono.
c) Picado.
d) Pelo formato, inclinação do picado, quantidade ou espaçamento dos dentes, comprimento.

2. a) 6; b) 3; c) 5; d) 1;
e) 7; f) 2.

3. a) F b) V c) V d) V
e) V f) F

4. a) As limas novas devem ser usadas para limar metais mais macios como latão e bronze.
f) Quanto mais nova for a lima, menor deve ser a pressão sobre ela durante o trabalho.

5. a) 2 b) 4 c) 5 d) 1 e) 3

6. a) Mordentes de proteção são chapas de material mais macio do que o da peça que será fixada e que evitam que os mordentes da morsa façam marcas nas faces já usinadas da peça.
b) Para não marcar a peça.
c) Verificar se o cabo da lima está bem fixado; limar cobrindo todo o comprimento da ferramenta; limar com um ritmo entre 30 e 60 golpes por minuto.
d) Retirando com uma escova ou raspador, os cavacos que se prendem ao picado da lima.

Você já pensou se tivesse que limar manualmente uma carcaça de um motor de navio? Provavelmente você começaria a tarefa e seus netos a terminariam, tal seria a quantidade de material a ser retirado.

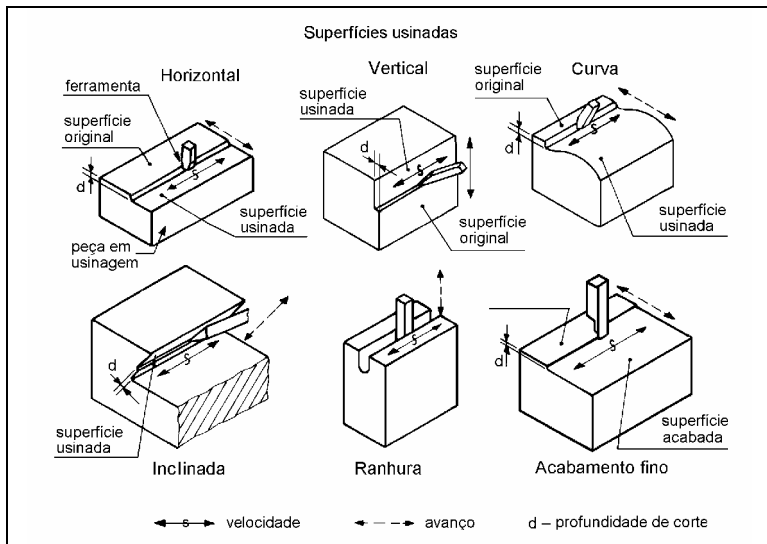
No mundo da mecânica, existem tarefas que devem ser realizadas, mas que seriam uma verdadeira “missão impossível” se não houvesse a ajuda de uma máquina. Assim, mesmo operações tão simples como limar podem ser executadas mecanicamente.

É o caso das operações e das máquinas que você vai estudar nesta aula. Para conhecê-las, estude-a até o fim.

O que é aplainamento?

Para “limar” aquela carcaça de motor de navio não é necessário gastar esforço físico. Basta uma máquina que realiza um grupo de operações chamado de **aplainamento**.

Aplainamento é uma operação de usinagem feita com máquinas chamadas **plainas** e que consiste em obter superfícies planas, em posição horizontal, vertical ou inclinada. As operações de aplainamento são realizadas com o emprego de ferramentas que têm apenas uma aresta cortante que retira o sobremetal com movimento linear.

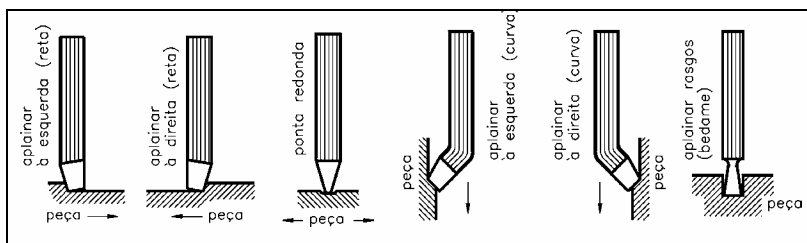


O aplainamento é uma operação de desbaste. Por isso, e dependendo do tipo de peça que está sendo fabricada, pode ser necessário o uso de outras máquinas para a realização posterior de operações de acabamento que dão maior exatidão às medidas.

O aplainamento apresenta grandes vantagens na usinagem de réguas, bases, guias e barramentos de máquinas, porque cada passada da ferramenta é capaz de retirar material em toda a superfície da peça.

Nas operações de aplainamento, o corte é feito em um único sentido. O curso de retorno da ferramenta é um tempo perdido. Assim, esse processo é mais lento do que o fresamento, por exemplo, que corta continuamente.

Por outro lado, o aplainamento usa ferramentas de corte com uma só aresta cortante que são mais baratas, mais fáceis de afiar e com montagem mais rápida. Isso significa que o aplainamento é, em regra geral, mais econômico que outras operações de usinagem que usam ferramentas multicortantes.



Equipamentos necessários

As operações de aplainamento são sempre realizadas com máquinas. Elas são de dois tipos:

a) Plaina limadora, que, por sua vez, pode ser:

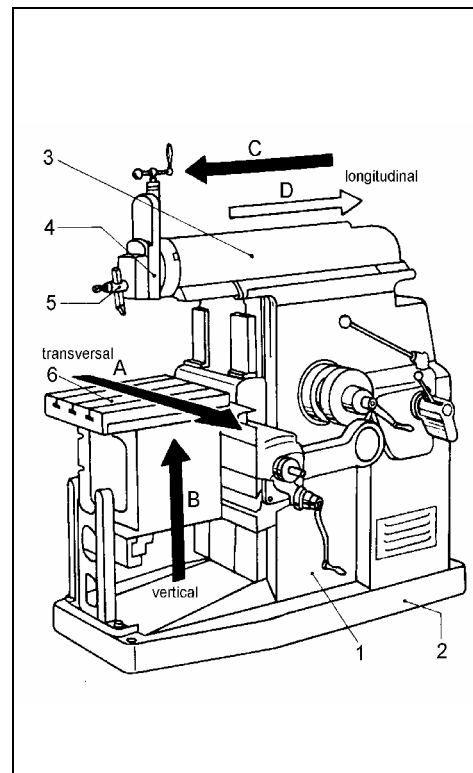
- vertical
- horizontal
-

b) Plaina de mesa

A **plaina limadora** apresenta movimento retilíneo alternativo (vai-vém) que move a ferramenta sobre a superfície plana da peça retirando o material. Isso significa que o ciclo completo divide-se em duas partes: em uma (avanço da ferramenta) realiza-se o corte; na outra (recuo da ferramenta), não há trabalho, ou seja, é um tempo perdido.

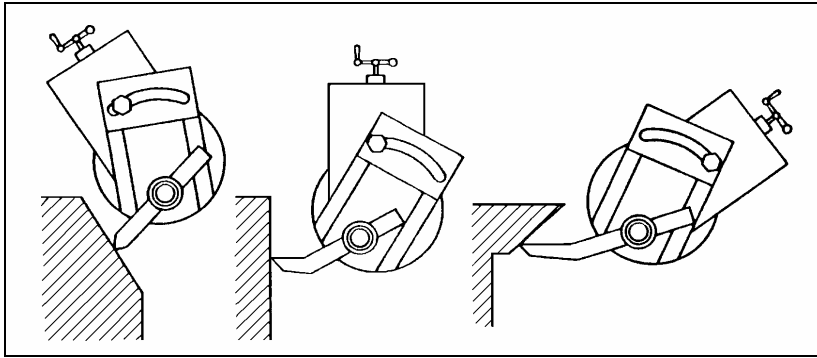
Como pode ser visto na ilustração, essa máquina se compõe essencialmente de um corpo (1), uma base (2), um cabeçote móvel ou torpedão (3) que se movimenta com velocidades variadas, um cabeçote da espera (4) que pode ter sua altura ajustada e ao qual está preso o porta-ferramenta (5), e a mesa (6) com movimentos de avanço e ajuste e na qual a peça é fixada.

Na plaina limadora é a ferramenta que faz o curso do corte e a peça tem apenas pequenos avanços transversais. Esse deslocamento é chamado de **passo do avanço**. O curso máximo da plaina limadora fica em torno de 600 mm. Por esse motivo, ela só pode ser usada para usinar peças de tamanho médio ou pequeno, como uma régua de ajuste.

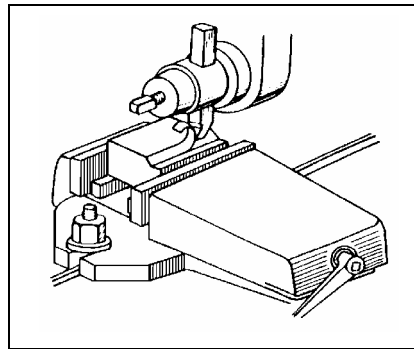


Quanto às operações, a plaina limadora pode realizar estrias, rasgos, rebaixos, chanfros, faceamento de topo em peças de grande comprimento. Isso é possível porque conjunto no qual

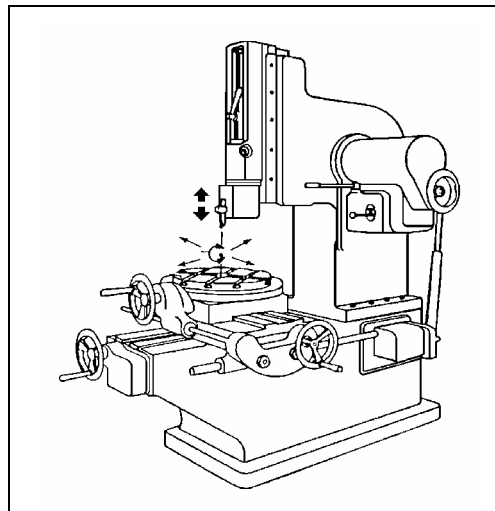
está o porta-ferramenta pode girar e ser travado em qualquer ângulo.



Como a ferramenta exerce uma forte pressão sobre a peça, esta deve estar bem presa à mesa da máquina. Quando a peça é pequena, ela é presa por meio de uma morsa e com o auxílio de cunhas e calços. As peças maiores são presas diretamente sobre a mesa por meio de grampos, cantoneiras e calços.

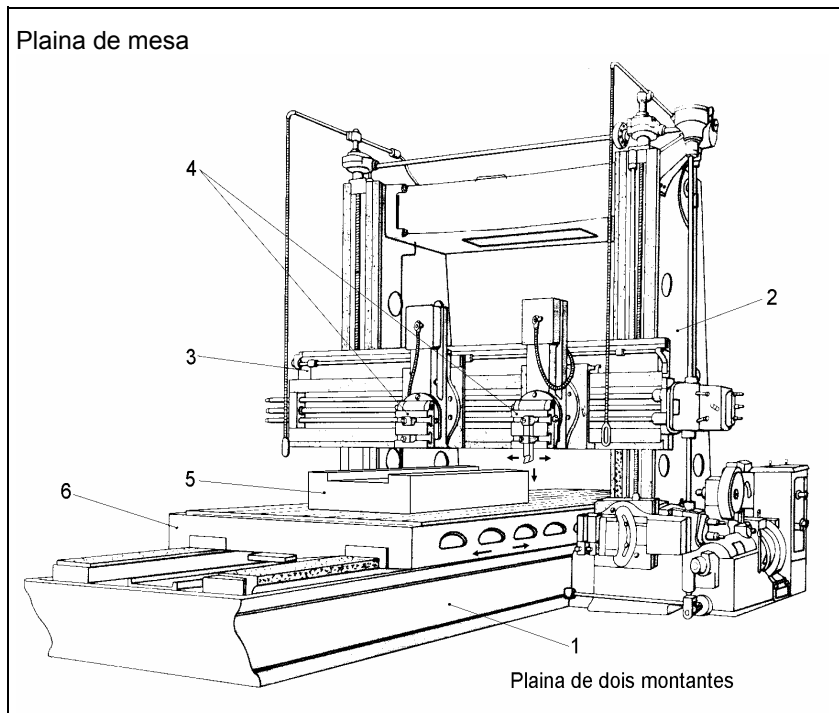


Para o aplainamento de superfícies internas de furos (rasgos de chavetas) em perfis variados, usa-se a plaina limadora vertical.



A **plaina de mesa** executa os mesmos trabalhos que as plainas limadoras podendo também ser adaptada até para fresamento e retificação. A diferença entre as duas é que, na plaina de mesa, é a peça que faz o movimento de vaivém. A ferramenta, por sua vez, faz um movimento transversal correspondente ao passo do avanço.

Como se pode ver pela figura, a plaina de mesa é formada por corpo (1), coluna (2), ponte (3), cabeçotes porta-ferramentas (4) e mesa (6). O item de número 5 mostra onde a peça é posicionada.

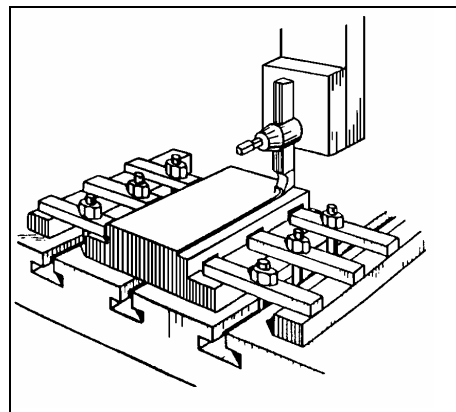


O curso da plaina de mesa é superior a 1.000mm. Usina qualquer superfície de peças como colunas e bases de máquinas, barramentos de tornos, blocos de motores diesel marítimos de grandes dimensões.

Nessas máquinas, quatro ferramentas diferentes podem estar realizando operações simultâneas de usinagem, gerando uma grande economia no tempo de usinagem.

As peças são fixadas diretamente sobre a mesa por meio de dispositivos diversos.

Seja qual for o tipo de plainadora, as ferramentas usadas são as mesmas. Elas são também chamadas de “bites” e geralmente fabricadas de aço rápido. Para a usinagem de metais mais duros são usadas pastilhas de metal duro montadas em suportes.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda às seguintes perguntas:
 - a) O que é aplainamento?
 - b) O que caracteriza o corte na plaina?
 - c) Por que o aplainamento é considerado um processo de usinagem mais econômico que os outros?
 - d) Com quais materiais são fabricadas as ferramentas para aplainar?
2. Associe a coluna **A** (plainas) com a coluna **B** (característica).

Coluna A

- a) () Plaina limadora horizontal
- b) () Plaina limadora vertical
- c) () Plaina limadora de mesa

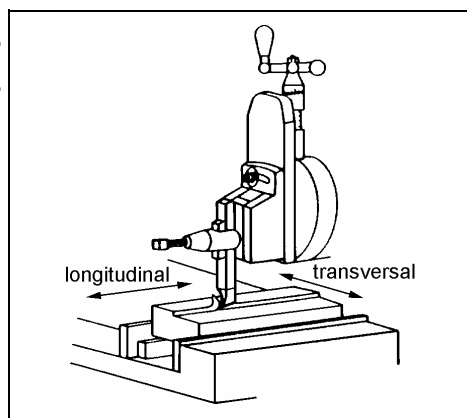
Coluna B

1. Para aplainamento de superfícies internas, de furos (rasgos de chaveta) em perfis variados.
2. A ferramenta é quem faz o curso e a peça tem pequenos avanços transversais (passo do avanço).
3. A peça é que faz o movimento de vaivém e a ferramenta faz um movimento transversal.

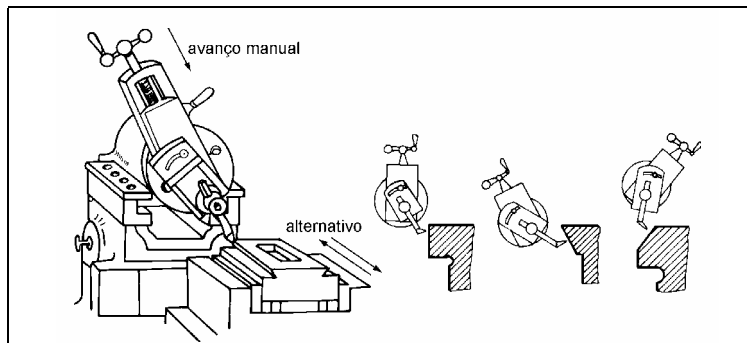
Etapas do aplainamento

O aplainamento pode ser executado por meio de várias operações. Elas são:

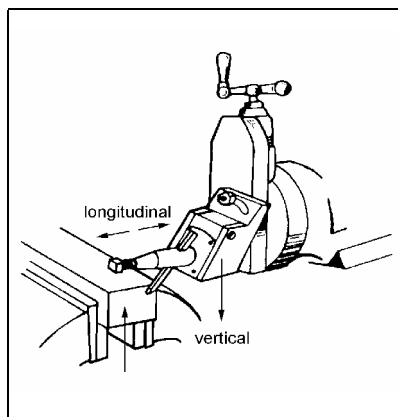
1. **Aplainar horizontalmente superfície plana e superfície paralela:** produz superfícies de referência que permitem obter faces perpendiculares e paralelas.



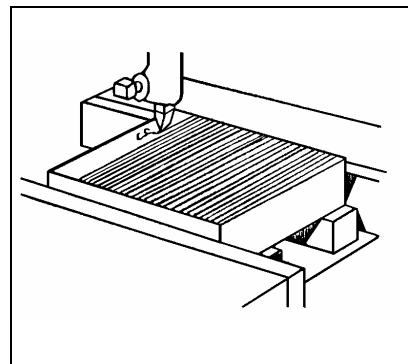
2. **Aplainar superfície plana em ângulo:** o ângulo é obtido pela ação de uma ferramenta submetida a dois movimentos: um alternativo ou vaivém (de corte) e outro de avanço manual no cabeçote porta-ferramenta.



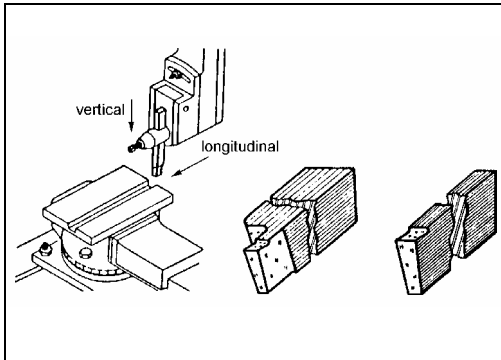
3. **Aplainar verticalmente superfície plana:** combina dois movimentos: um longitudinal (da ferramenta) e outro vertical (da ferramenta ou da peça). Produz superfícies de referência e superfícies perpendiculares de peças de grande comprimento como guias de mesas de máquinas.



4. **Aplainar estrias:** produz sulcos, iguais e eqüidistantes sobre uma superfície plana, por meio da penetração de uma ferramenta de perfil adequado. As estrias podem ser paralelas ou cruzadas e estão presentes em mordentes de morsas de bancada ou grampos de fixação.

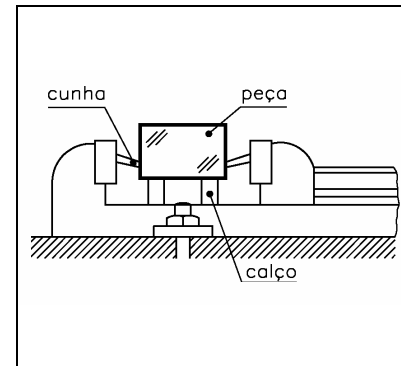


5. **Aplainar rasgos:** produz sulcos por meio de movimentos longitudinais (de corte) e verticais alternados (de avanço da ferramenta) de uma ferramenta especial chamada de **bedame**.

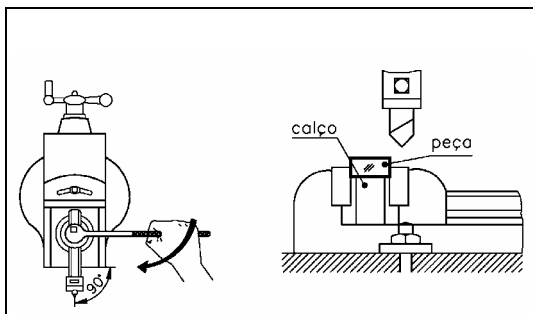


Essas operações podem ser realizadas obedecendo à seguinte seqüência de etapas:

- a) **Fixação da peça** – ao montar a peça, é necessário certificar-se de que não há na mesa, na morsa ou na peça restos de cavacos, porque a presença destes impediria a correta fixação da peça. Nesse caso, limpam-se todas as superfícies. Para obter superfícies paralelas usam-se cunhas. O alinhamento deve ser verificado com um riscador ou relógio comparador.

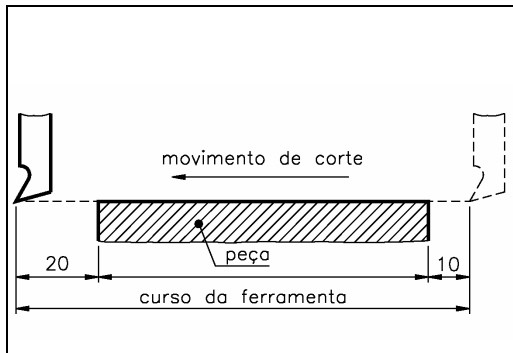


- b) **Fixação da ferramenta** – a ferramenta é presa no porta-ferramenta por meio de um parafuso de aperto. A distância entre a ponta da ferramenta e a ponta do porta-ferramentas deve ser a menor possível a fim de evitar esforço de flexão e vibrações.



c) **Preparação da máquina** – que envolve as seguintes regulações:

- Altura da mesa – deve ser regulada de modo que a ponta da ferramenta fique a aproximadamente 5mm acima da superfície a ser aplainada.
- Regulagem do curso da ferramenta – deve ser feita de modo que ao fim de cada passagem, ela avance 20mm além da peça e, antes de iniciar nova passagem, recue até 10mm.



- Regulagem do número de golpes por minuto – isso é calculado mediante
- o uso da fórmula:
$$gpm = \frac{vc \cdot 1000}{2 \cdot c}$$
. O valor da velocidade de corte está na
- tabela encontrada no livro de Cálculo Técnico.
- Regulagem do avanço automático da mesa.

d) **Execução da referência inicial do primeiro passe** (também chamada de **tangenciamento**) – Isso é feito descendo a ferramenta até encostar na peça e acionando a plaina para que se faça um risco de referência.

e) **Zeramento do anel graduado** do porta-ferramentas e estabelecimento da profundidade de corte.

f) **Acionamento da plaina** e execução da operação.

Dica tecnológica

Para a execução de estrias e rasgos é necessário trabalhar com o anel graduado da mesa da plaina.

Como você viu, não é necessário fazer muito esforço para limar peças grandes, porque a máquina faz o serviço com rapidez. O

segredo é saber usá-la para obter o melhor resultado possível. Um modo legal de fazer isso é estudando tudo o que mostramos aqui. Então, mãos a obra!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Associe a coluna **A** (operações) com a coluna **B** (definição das operações).

Coluna A

- a) () Aplainar horizontalmente superfície plana e paralela.
- b) () Aplainar superfície plana em ângulo.
- c) () Aplainar verticalmente superfície plana.
- d) () Aplainar estrias.
- e) () Aplainar rasgo.

Coluna B

- 1. Produz sulcos iguais e equidistantes.
- 2. Combina dois movimentos: um longitudinal (da ferramenta) e outro vertical (da ferramenta ou da peça).
- 3. Produz superfícies de referência que permitem obter faces perpendiculares e paralelas.
- 4. A ferramenta é presa no porta-ferramenta por meio de um parafuso de aperto.
- 5. O ângulo é obtido pela ação de uma ferramenta submetida a dois movimentos: um alternativo de corte longitudinal e outro de avanço manual no cabeçote porta-ferramenta.
- 6. Produz sulcos por meio de movimento longitudinal de corte e vertical de avanço da ferramenta.

4. Ordene a seqüência de etapas do aplainamento numerando de 1 a 6 as seguintes frases.

- a) () Zeramento do anel graduado.
- b) () Preparação da máquina.
- c) () Acionamento da máquina.
- d) () Fixação da peça.
- e) () Execução da referência inicial (ou tangenciamento).
- f) () Fixação da ferramenta.

Gabarito

1.
 - a) Aplainamento é uma operação de usinagem feita com máquinas chamadas plainas e que consiste em obter superfícies planas em posição horizontal, vertical ou inclinada.
 - b) O corte na plaina se caracteriza por se realizar em um único sentido com ferramenta monocortante.
 - c) Porque o aplainamento usa ferramentas de corte com uma só aresta cortante que são mais baratas, mais fáceis de afiar e com montagem mais rápida.
 - d) Bites de aço rápido e pastilhas de metal duro.

2. a) 2; b) 1; c) 3

3. a) 3; b) 5; c) 2;
 d) 1; e) 6.

4. a) 5; b) 3; c) 6;
 d) 1; e) 4; f) 2.

Vai uma raspadinha aí?

Na aula anterior você aprendeu que existem operações de usinagem na indústria mecânica que, pela quantidade de material a ser retirado, têm que ser **necessariamente** feitas com o auxílio de máquinas.

Nesta aula, você vai aprender que existem, em compensação, operações que só podem ser feitas **manualmente** e, por isso, dependem muito da habilidade do profissional para que se tenha um bom resultado no trabalho.

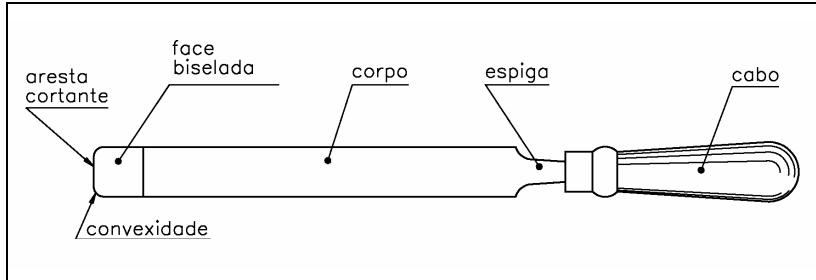
Que operação é essa; qual sua finalidade; como realizá-la e com quais instrumentos, é o que você deverá ter aprendido quando terminar de estudar esta aula.

O que é raspagem?

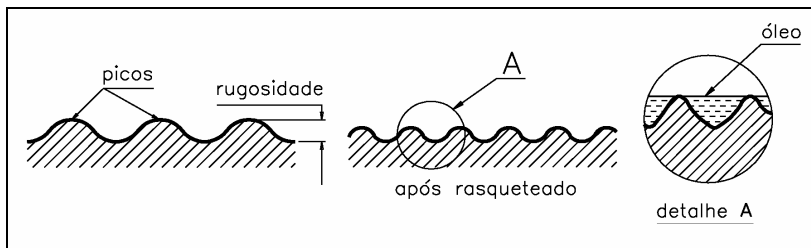
As operações de usinagem com máquinas produzem estrias ou sulcos nas superfícies das peças mesmo quando aparentemente elas estão perfeitamente lisas.

Por outro lado, principalmente na fabricação de máquinas, existem peças cuja superfície deve estar livre de estrias e ter melhorada a qualidade de atrito das superfícies lubrificadas, de modo que estas sejam o mais uniformes possível. É o caso das superfícies planas das mesas de traçagem, das guias de carros de máquinas, dos barramentos e dos mancais de deslizamento, faces de contato de acessórios de fixação como blocos prismáticos, cantoneiras e calços especiais.

Para diminuir os defeitos resultantes da ação da ferramenta de corte, emprega-se a **raspagem**, também conhecida como **rasqueteamento**. Trata-se de um processo manual de **acabamento** realizado com o auxílio de uma ferramenta chamada de **raspador**, ou **rasquete**.



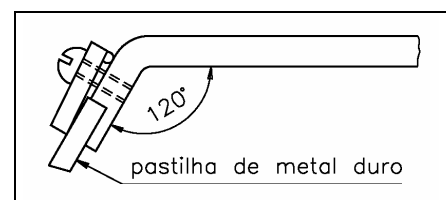
Além de uma superfície perfeitamente acabada, a raspagem aumenta os pontos de contato entre as superfícies que são separadas por pequenos sulcos que proporcionam melhor **lubrificação**, uma vez que ajudam a manter uma película de óleo homogênea sobre elas. Isso diminui o desgaste e aumenta a vida útil de peças sujeitas ao atrito.



Uma das características mais importantes da raspagem é que ela retira partículas extremamente pequenas, cerca de 0,01 mm da superfície da peça. Isso é muito menor do que os cavacos resultantes de um corte com lima.

Ferramentas e materiais para raspagem

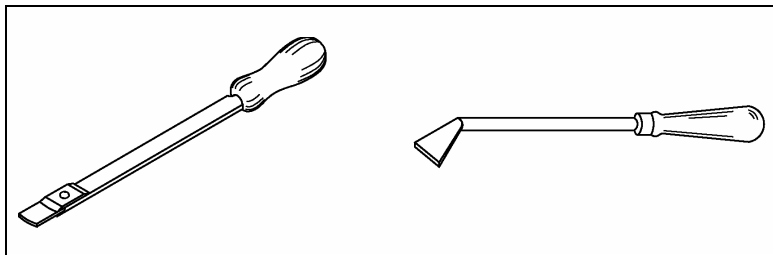
Para realizar a raspagem são necessárias ferramentas, instrumentos e materiais.



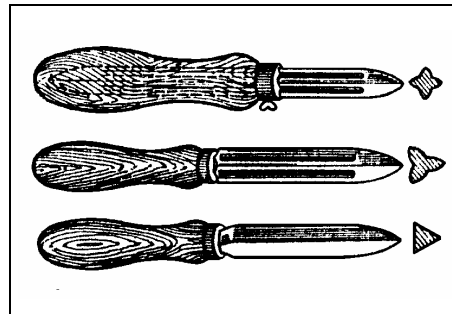
Como já vimos, a ferramenta para a raspagem chama-se raspador (ou rasquete). Os raspadores são fabricados em aço-carbono ou aço-liga extra duro e têm o formato semelhante ao de uma lima. Em sua extremidade prende-se uma pastilha de aço rápido ou de metal duro por meio de grampo ou por soldagem.

Quanto ao formato os raspadores podem ser classificados em:

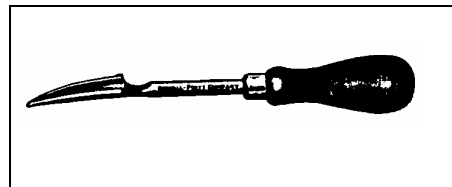
1. **Raspador chato**, que pode ou não ser curvado, e que é usado para raspar superfícies planas de mesas de máquinas-ferramenta, barramentos de tornos e desempenos a fim de remover pequenas quantidades material de superfícies que já tenham sido usinadas no formato desejado.



2. **Raspador triangular**, que é usado para retirar rebarbas de furos e para a raspagem de superfícies internas de furos de pequeno diâmetro.

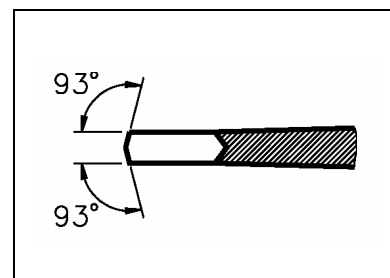


3. **Raspador de mancais**, empregado na raspagem de mancais, para ajustes de eixos e em superfícies côncavas em geral.



Dica tecnológica

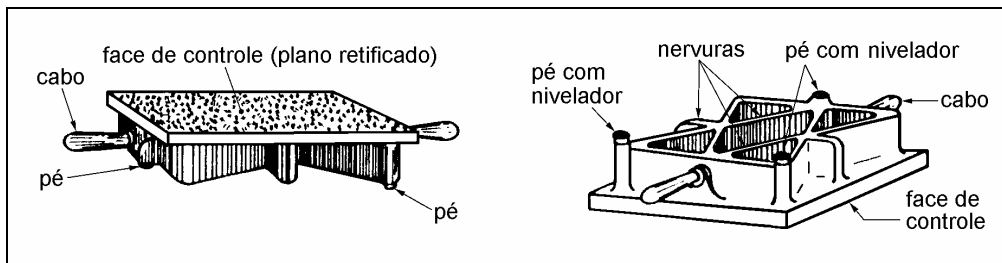
As arestas cortantes dos raspadores têm desgaste rápido e necessitam de afiações freqüentes. Essas afiações são feitas em esmerilhadoras. O acabamento das arestas de corte é feito em uma pedra de afiar. Veja ângulo de afiação na ilustração



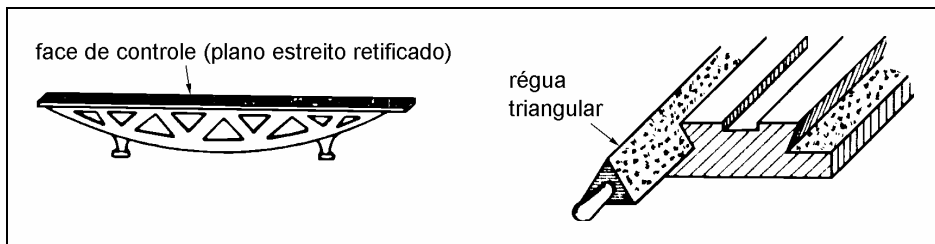
Um equipamento pode ser usado na raspagem: é a raspqueteadeira elétrica na qual se fixa um inserto de tungstênio. Apesar disso, a raspagem continua, dependendo da habilidade manual do operador.

Além do raspador, são usados instrumentos que servem para controle da raspagem, ou seja servem para verificar, durante a raspagem, se a superfície está se tornando uniformemente plana. Eles são:

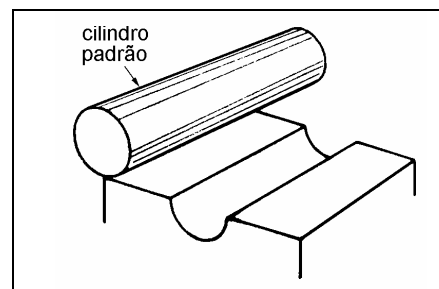
a) Desempeno



b) Réguas de controle



c) Cilindro padrão



Para que esse controle seja efetivo, é necessário usar tintas de contraste, cuja função é ajudar a localizar, sob a forma de manchas, as saliências que devem ser raspadas. Para isso, usa-se zarcão em pó dissolvido em óleo, ou uma pasta de ajuste, também conhecida como azul da Prússia.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Complete as afirmativas abaixo:

- a) A operação empregada para diminuir os efeitos provocados pela ação da ferramenta de corte na superfície da peça é chamada de
- b) O instrumento utilizado para melhorar o acabamento de superfícies de barramentos, mancais de deslizamento, blocos prismáticos é conhecido como
- c) Uma das vantagens que o processo manual de acabamento traz por meio da raspagem é
- d) Os três instrumentos utilizados para o controle de raspagem são, e

2. Relacione a coluna **A** (utilização) com a coluna **B** (tipo de raspador).

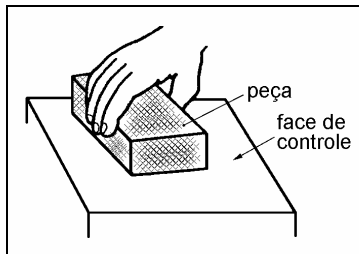
Coluna A	Coluna B
a) () rebarbagem e raspagem de superfícies de furos.	1. Raspador cônico.
b) () raspagem de superfícies planas de mesas, máquinas-ferramenta, barramentos etc.	2. Raspador de mancais.
c) () raspagem para ajustes de eixos em superfícies côncavas em geral.	3. Raspador triangular.
	4. Raspador chato.

Etapas da raspagem

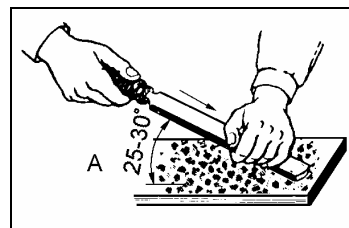
Para a execução da raspagem, é necessário seguir as seguintes etapas:

- 1. Fixação da peça, se for necessário. Peças de grande porte devem ser colocadas em uma altura conveniente.
- 2. Escolha do raspador de acordo com o tipo de peça a ser raspada.

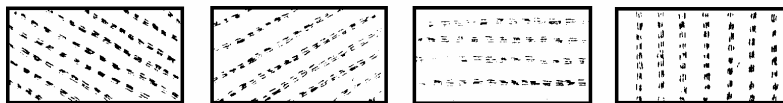
3. Seleção do elemento de controle de acordo com o formato da peça e tamanho da superfície.
4. Desbaste para remover rebarbas e eliminar asperezas produzidas pela ferramenta de corte.
5. Localização dos pontos altos da superfície, por meio de aplicação da tinta de contraste sem excessos. Isso é feito cobrindo-se a superfície do elemento de controle com uma fina camada de tinta e espalhando-a, por exemplo, com um rolinho de borracha, semelhante aos rolos de pintura, ou com uma peça plana retificada como um bloco.
Em seguida, fricciona-se sem pressão a superfície a ser raspada contra a superfície de controle.



6. Execução da raspagem sobre as manchas surgidas durante a fricção das duas superfícies. O raspador deve ser manuseado a um ângulo em torno de 30° em relação à superfície.



Com o raspador, o operador realiza passadas em direções diferentes sucessivamente. Cada golpe do raspador corresponde a um deslocamento sobre a superfície de 5 a 10 mm.



No princípio, as saliências são esparsas ou isoladas. Depois de várias raspagens aparece uma nova série de manchas. Quanto maior é o número de manchas, mais perfeita vai se tornando a superfície raspada.

Como essas saliências vão aparecendo em maior número, à medida que diminuem em tamanho, o operador deve ter critério e prática bastante para julgar o quanto e onde deve raspar.

A raspagem é uma operação muito importante principalmente na fabricação de máquinas, na medida em que a perfeita lubrificação das partes móveis depende muito da raspagem de suas guias. Por isso, é preciso que você a estude com atenção, fazendo os exercícios preparados especialmente para você.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Ordene, numerando de 1 a 6 as etapas de execução da raspagem:
 - a) () seleção do elemento de controle de acordo com a peça;
 - b) () execução da raspagem sobre as manchas em destaque na superfície da peça;
 - c) () escolha do raspador de acordo com o tipo da peça a ser trabalhada;
 - d) () fixação da peça se necessário;
 - e) () desbaste para remover rebarbas e eliminar asperezas;
 - f) () localização dos pontos altos da superfície fazendo-se a fricção na mesa de controle.

Gabarito

1. **a)** Raspagem. **b)** Raspador ou rasquete. **c)** Aumentar os pontos de contato entre as superfícies que são separadas por depressões que proporcionam melhor lubrificação.
d) Desempeno, réguas de controle e cilindro padrão.
2. **a)** 3; **b)** 4; **c)** 2.
3. **a)** 3; **b)** 6; **c)** 2;
 d) 1; **e)** 4; **f)** 5.

Mete broca!

Nesta aula, vamos estudar uma operação muito antiga. Os arqueólogos garantem que ela era usada há mais de 4000 anos no antigo Egito, para recortar blocos de pedra.

Ela é tão comum que você já deve ter visto alguém realizar essa operação várias vezes. Até mesmo você pode tê-la executado para instalar uma prateleira, um varal, um armário de parede... Ou, pior, ela foi feita por seu dentista... no seu dente!

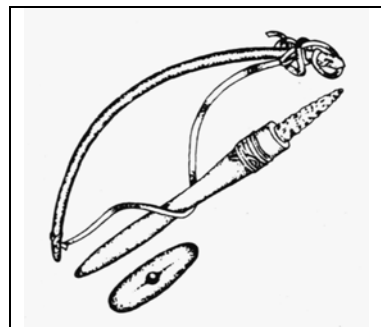
Apesar de bastante comum, esta operação quando aplicada à mecânica exige alguns conhecimentos tecnológicos específicos com relação às máquinas e ferramentas usadas para executá-la.

Nesta aula, você vai estudar exatamente isso. E para acabar com o suspense, vamos a ela.

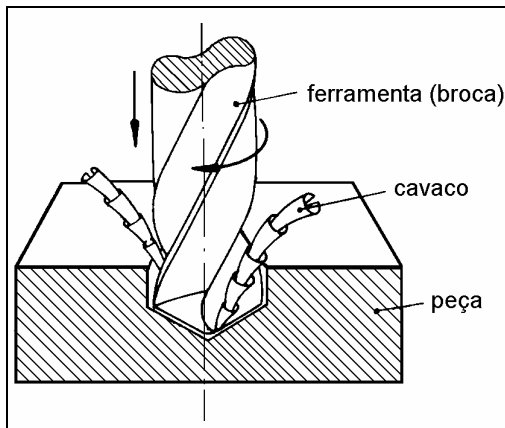
Vamos furar

O que os egípcios faziam para cortar blocos de pedra era abrir furos paralelos muito próximos uns dos outros. Para este fim, eles usavam uma furadeira manual chamada de furadeira de arco.

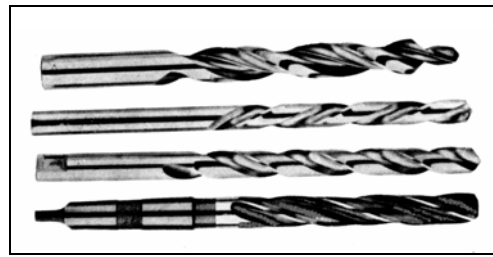
Por incrível que pareça, 4000 anos depois continuamos a usar esta operação que consiste em obter um furo cilíndrico pela ação de uma ferramenta que gira sobre seu eixo e penetra em uma superfície por meio de sua ponta cortante. Ela se chama **furação**.



Essa operação de usinagem tem por objetivo abrir furos em peças. Ela é, muitas vezes, uma operação intermediária de preparação de outras operações como alargar furos com acabamentos rigorosos, serrar contornos internos e abrir roscas.



A ferramenta que faz o trabalho de furação chama-se **broca**. Na execução do furo, a broca recebe um movimento de rotação, responsável pelo corte, e um movimento de avanço, responsável pela penetração da ferramenta.



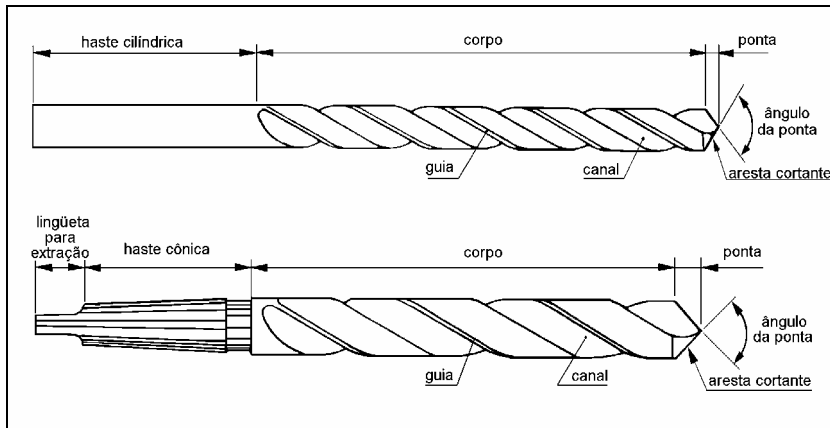
O furo obtido tem baixo grau de exatidão e seu diâmetro em geral varia de 1 a 50 mm.

Brocas

Na maioria das operações de furar na indústria mecânica são empregadas brocas iguais àquelas que usamos em casa, na furadeira doméstica. Ou igual àquela que o dentista usa para cuidar dos seus dentes: a **broca helicoidal**.

A broca helicoidal é uma ferramenta de corte de forma cilíndrica, fabricada com aço rápido, aço-carbono, ou com aço-carbono com ponta de metal duro. A broca de aço rápido pode também ser revestida com nitreto de titânio, o que aumenta a vida útil da ferramenta porque diminui o esforço do corte, o calor gerado e o desgaste da ferramenta. Isso melhora a qualidade de acabamen-

to do furo e aumenta a produtividade, uma vez que permite o trabalho com velocidades de corte maiores. Para fins de fixação e afiação, ela é dividida em três partes: **haste**, **corpo** e **ponta**.



A **haste** é a parte que fica presa à máquina. Ela pode ser cilíndrica ou cônica, dependendo de seu diâmetro e modo de fixação.

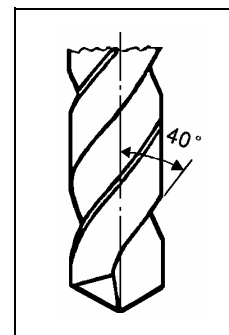
O **corpo** é a parte que serve de guia e corresponde ao comprimento útil da ferramenta. Tem geralmente dois canais em forma de hélice espiralada.

A **ponta** é a extremidade cortante que recebe a afiação. Forma um ângulo de ponta que varia de acordo com o material a ser furado.

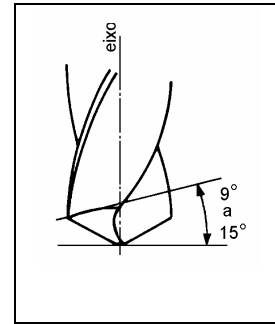
A broca corta com as suas duas arestas cortantes como um sistema de duas ferramentas. Isso permite formar dois cavacos simétricos.

A broca é caracterizada pelas dimensões, pelo material com o qual é fabricada e pelos seguintes ângulos:

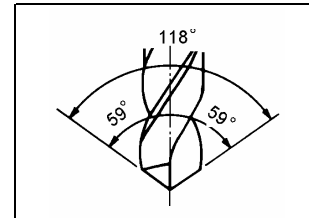
a) **ângulo de hélice** (indicado pela letra grega γ , lê-se gama) – auxilia no desprendimento do cavaco e no controle do acabamento e da profundidade do furo. Deve ser determinado de acordo com o material a ser furado: para material mais duro > ângulo mais fechado; para material mais macio > ângulo mais aberto. É formado pelo eixo da broca e a linha de inclinação da hélice.



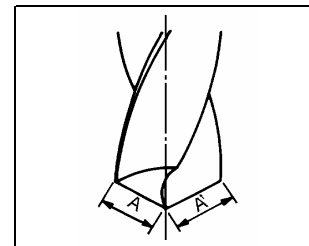
b) **ângulo de incidência ou folga** (representado pela letra grega α , lê-se alfa) – tem a função de reduzir o atrito entre a broca e a peça. Isso facilita a penetração da broca no material. Sua medida varia entre 6 e 15°. Ele também deve ser determinado de acordo com o material a ser furado: quanto mais duro é o material, menor é o ângulo de incidência.



c) **ângulo de ponta** (representado pela letra grega σ , lê-se sigma) – corresponde ao ângulo formado pelas arestas cortantes da broca. Também é determinado pela dureza do material a ser furado.



d) É muito importante que as arestas cortantes tenham o mesmo comprimento e formem ângulos iguais em relação ao eixo da broca ($A = A'$).



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Complete as lacunas das alternativas abaixo:

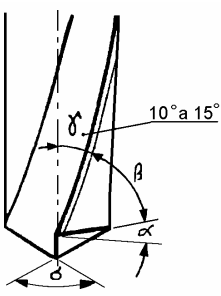
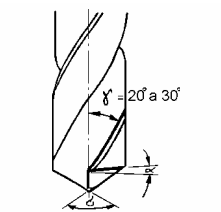
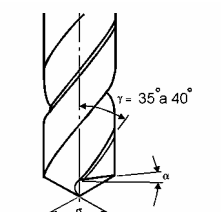
- A broca helicoidal pode ser fabricada de aço-carbono, de, ou com
- O nitreto de titânio aumenta a vida útil da ferramenta porque diminui o do corte, o gerado e o da ferramenta.
- As características atribuídas à ferramenta na questão “b” fazem com que melhore a e o do furo, aumentando a produtividade pela de corte maior.
- A broca helicoidal é dividida em três partes: e

2. As principais características das brocas helicoidais são duas dimensões, material de fabricação e ângulos. Faça corresponder os ângulos com suas funções.

Ângulos	Funções
a) () de ponta	<ol style="list-style-type: none"> 1. auxilia no desprendimento do cavaco no controle do acabamento e da profundidade do furo. 2. determina a dureza do material a ser furado pelas arestas cortantes da broca. 3. reduz o atrito entre a broca e a peça, facilitando a penetração da broca no material.
b) () de hélice	
c) () de incidência ou folga	

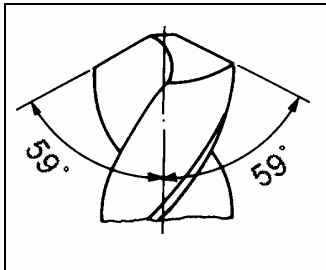
Tipos de brocas

Da mesma forma como os ângulos da broca estão relacionados ao tipo de material a ser furado, os tipos de broca são também escolhidos segundo esse critério. O quadro a seguir mostra a relação entre esses ângulos, o tipo de broca e o material.

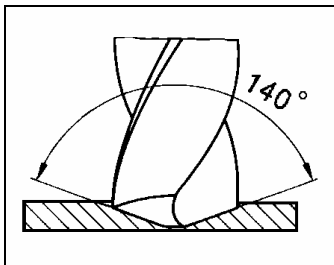
Ângulo da broca	Classificação quanto ao ângulo de hélice	Ângulo da ponta (σ)	Aplicação
	Tipo H - para materiais duros, tenazes e/ou que produzem cavaco curto (descontínuo).	80° 118° 140°	Materiais prensados, ebonite, náilon, PVC, mármore, granito. Ferro fundido duro, latão, bronze, celeron, baquelite. Aço de alta liga.
	Tipo N - para materiais de tenacidade e dureza normais.	130° 118°	Aço alto carbono. Aço macio, ferro fundido, latão e níquel.
	Tipo W - para materiais macios e/ou que produzem cavaco longo.	130°	Alumínio, zinco, cobre, madeira, plástico.

Quando uma broca comum não proporciona um rendimento satisfatório em um trabalho específico e a quantidade de furos não justifica a compra de uma broca especial, pode-se fazer algumas modificações nas brocas do tipo N e obter os mesmos resultados.

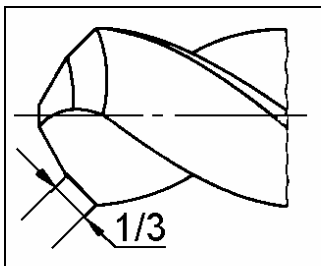
Pode-se por exemplo modificar o ângulo da ponta, tornando-o mais obtuso. Isso proporciona bons resultados na furação de materiais duros, como aços de alto carbono.



Para a usinagem de chapas finas são freqüentes duas dificuldades: a primeira é que os furos obtidos não são redondos; a segunda é que a parte final do furo na chapa apresenta-se com muitas rebarbas. A forma de evitar esses problemas é afiar a broca de modo que o ângulo de ponta fique muito mais obtuso.



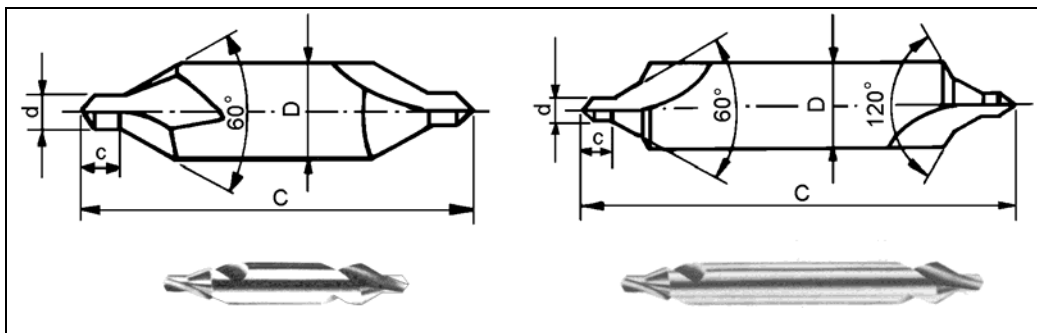
Para a usinagem de ferro fundido, primeiramente afia-se a broca com um ângulo normal de 118°. Posteriormente, a parte externa da aresta principal de corte, medindo 1/3 do comprimento total dessa aresta, é afiada com 90°.



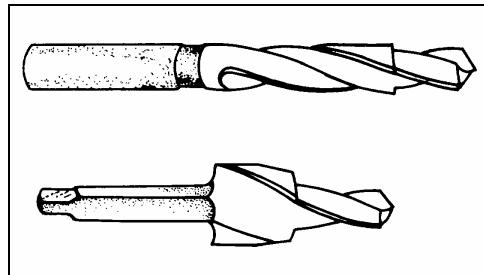
Brocas especiais

Além da broca helicoidal existem outros tipos de brocas para usinagens especiais. Elas são por exemplo:

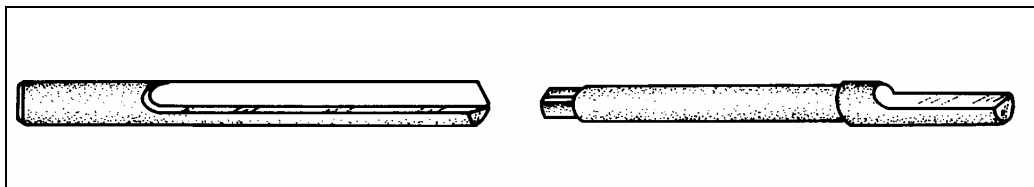
- a) **broca de centrar** – é usada para abrir um furo inicial que servirá como guia no local do furo que será feito pela broca helicoidal. Além de furar, esta broca produz simultaneamente chanfros. Ela permite a execução de furos de centro nas peças que vão ser torneadas, fresadas ou retificadas. Esses furos permitem que a peça seja fixada por dispositivos especiais (entre pontas) e tenha movimento giratório.



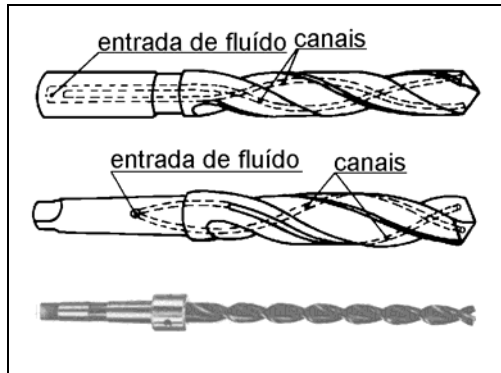
- b) **broca escalonada** ou **múltipla** – serve para executar furos e rebaiços em uma única operação. É empregada em grande produção industrial.



- c) **broca canhão** – tem um único fio cortante. É indicada para trabalhos especiais como furos profundos de dez a cem vezes seu diâmetro, onde não há possibilidade de usar brocas normais.



- d) **broca com furo para fluido de corte** – é usada em produção contínua e em alta velocidade, principalmente em furos profundos. O fluido de corte é injetado sob alta pressão. No caso de ferro fundido, a refrigeração é feita por meio de injeção de ar comprimido que também ajuda a expelir os cavacos.

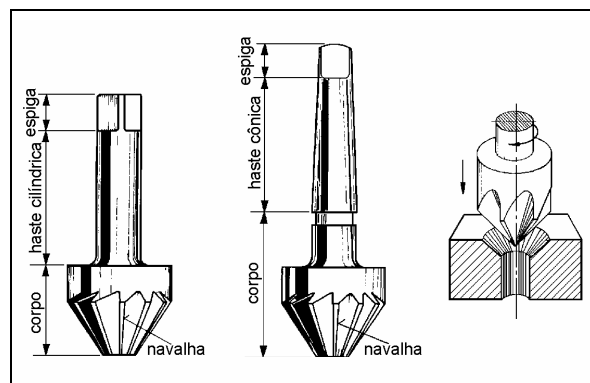


Existe uma variedade muito grande de brocas que se diferenciam pelo formato e aplicação. Os catálogos de fabricantes são fontes ideais de informações detalhadas sobre as brocas que mostramos nesta aula e em muitas outras. Nunca desperdice a oportunidade de consultá-los.

Escareadores e rebaixadores

Nas operações de montagem de máquinas, é necessário embutir parafusos que não devem ficar salientes. Nesse caso, a furação com uma broca comum não é indicada. Para esse tipo de trabalho usam-se ferramentas diferentes de acordo com o tipo de rebaixo ou alojamento que se quer obter.

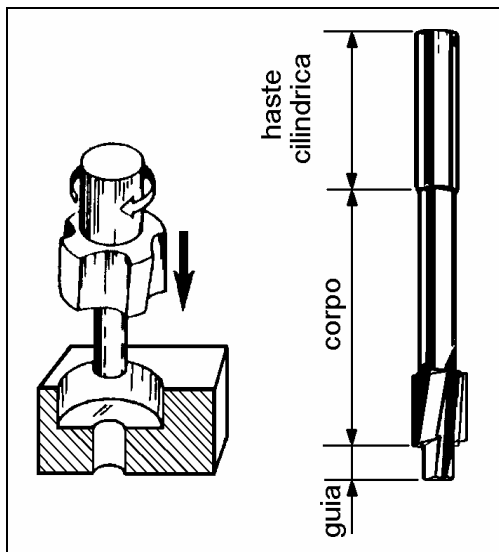
Assim, para rebaixos cônicos, como para parafusos de cabeça escareada com fenda, emprega-se uma ferramenta chamada de escareador. Essa ferramenta apresenta um ângulo de ponta que pode ser de 60, 90 ou 120° e pode ter o corpo com formato cilíndrico ou cônico.



Para executar rebaixos cilíndricos como os para alojar parafusos Allen com cabeça cilíndrica sextavada, usa-se o **rebaixador cilíndrico com guia**.

Tanto para os rebaixos cilíndricos quanto para os cônicos, deve-se fazer previamente um furo com broca.

Todas essas ferramentas necessitam de máquinas que as movimentem para que a operação seja realizada. Que máquinas são essas e como as operações são realizadas, você vai estudar na próxima aula.



Exercícios

3. Relacione o tipo de hélice e da ponta da broca com sua aplicação.

	Aplicações	Tipo	Ponta
a)	() alumínio, zinco, cobre, madeira, plástico.	1. H	140°
b)	() materiais prensados ebonite, náilon, PVC, mármore, granito.	2. W	130°
c)	() aço macio, ferro fundido, latão e níquel.	3. N	118°
d)	() ferro fundido duro, latão, bronze, celeron, baquelite.	4. H	80°
e)	() aço de alta liga.	5. H	118°

4. Associe as brocas especiais com suas aplicações:
- | | |
|--|---|
| a) () broca escalonada ou múltipla | 1. indicada para trabalhos especiais como furos profundos de dez a cem vezes seu diâmetro. |
| b) () broca com furo para fluido de corte | 2. usada para abrir furo inicial, como guia para a broca helicoidal e também para as peças que serão usinadas entre duas pontas em máquinas-ferramenta. |
| c) () broca de centrar | 3. indicada para executar furos e rebaixos em uma única operação empregada em grande produção industrial. |
| d) () broca canhão | 4. para produção contínua e em grande velocidade principalmente em furos profundos. |
| | 5. utilizada para furos transversais e rebaixados nas extremidades. |
5. Assinale com **X** a alternativa correta para as questões abaixo:
- a) Para rebaixos cônicos e parafusos de cabeça escareada com fenda utilizamos:
1. () broca de centrar
 2. () broca helicoidal
 3. () escareador
 4. () rebaixador
- b) Para fazer o alojamento para os parafusos tipo Allen com cabeça cilíndrica sextavada, utilizamos:
1. () escareador cônico com guia.
 2. () escareador cilíndrico.
 3. () rebaixador cilíndrico com guia.
 4. () escareador cônico sem guia.

Gabarito

1. a) Aço rápido; ponta de metal duro
b) Esforço; calor; desgaste.
c) Qualidade; acabamento; velocidade.
d) Haste, corpo e ponta.

2. a) 2;
b) 1;
c) 3.

3. a) 2;
b) 4;
c) 3;
d) 5;
e) 1.

4. a) 3;
b) 4;
c) 2;
d) 1.

5. a) 3;
b) 3.

Você já parou para pensar em quanto sua vida depende de parafusos, pinos, rebites e da qualidade das montagens dos muitos conjuntos mecânicos que nos cercam ou que são responsáveis pela fabricação de tudo o que usamos?

Pois é, furar, escarear, rebaixar são operações capazes de deixar tudo “redondinho”. Na aula passada você estudou informações básicas sobre ferramentas para fazer tudo isso. Nesta aula, estudaremos juntos as máquinas que permitem o uso dessas ferramentas e a realização dessas operações.

Furadeiras

Como você estudou na aula anterior, a operação de furar é muito antiga. Para realizá-la, é necessário ter não só uma ferramenta, mas também uma máquina que possa movimentá-la.

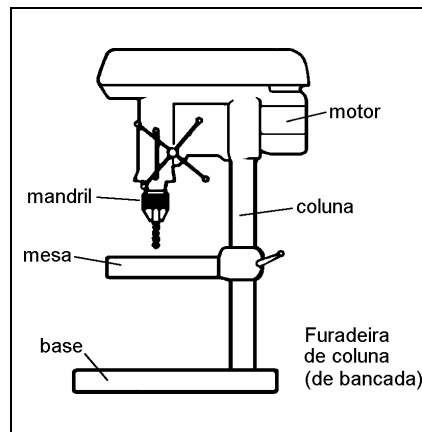
Até o começo deste século, os mecanismos usados para furar não eram muito diferentes da furadeira de arco que você viu na aula anterior. Porém, a evolução dos materiais de construção mecânica iniciada pela Revolução Industrial, exigiu que outros mecanismos mais complexos e que oferecessem velocidades de corte sempre maiores fossem se tornando cada vez mais necessários. Assim, surgiram as furadeiras com motores elétricos que vão desde o modelo doméstico portátil até as grandes furadeiras multifusos capazes de realizar furos múltiplos.

Afinal, o que é uma furadeira? Furadeira é uma máquina-ferramenta destinada a executar as operações como a furação por meio de uma ferramenta chamada broca. Elas são:

1. **Furadeira portátil** – são usadas em montagens, na execução de furos de fixação de pinos, cavilhas e parafusos em peças muito grandes como turbinas, carrocerias etc., quando há necessidade de trabalhar no próprio local devido ao difícil acesso de uma furadeira maior. São usadas também em serviços de manutenção para extração de elementos de máquina (como parafusos, prisioneiros). Pode ser elétrica e também pneumática.



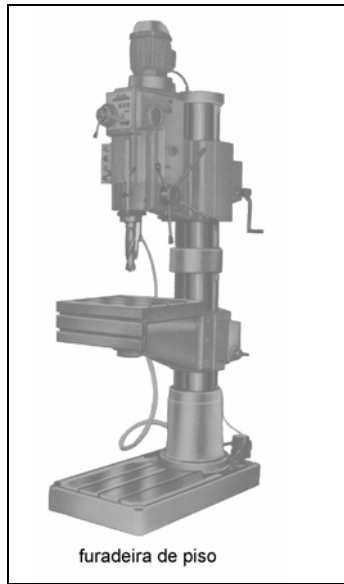
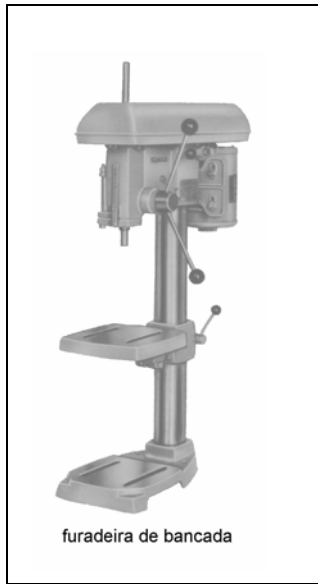
2. **Furadeira de coluna** – é chamada de furadeira de coluna porque seu suporte principal é uma coluna na qual estão montados o sistema de transmissão de movimento, a mesa e a base. A coluna permite deslocar e girar o sistema de transmissão e a mesa, segundo o tamanho das peças.



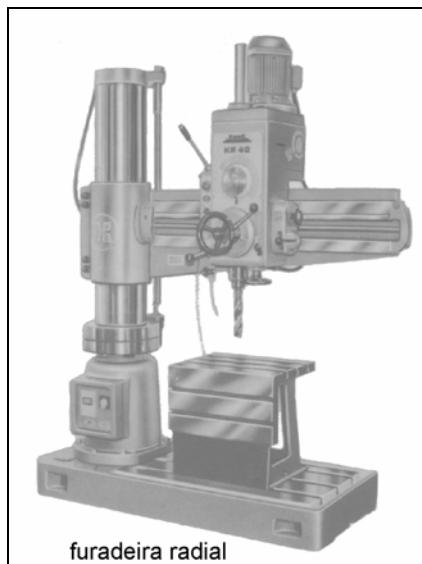
A furadeira de coluna pode ser:

- a) **de bancada** (também chamada de sensitiva, porque o avanço da ferramenta é dado pela força do operador) – por ter motores de pequena potência é empregada para fazer furos pequenos (1 a 12 mm). A transmissão de movimentos é feita por meio de sistema de polias e correias.
- b) **de piso** – geralmente é usada para a furação de peças grandes com diâmetros maiores do que os das furadeiras de bancada. Possuem mesas giratórias que permitem maior aproveitamento em peças de formatos irregulares. Possuem, também, mecanismo para avanço automático do eixo árvore.

Normalmente a transmissão de movimentos é feita por engrenagens.

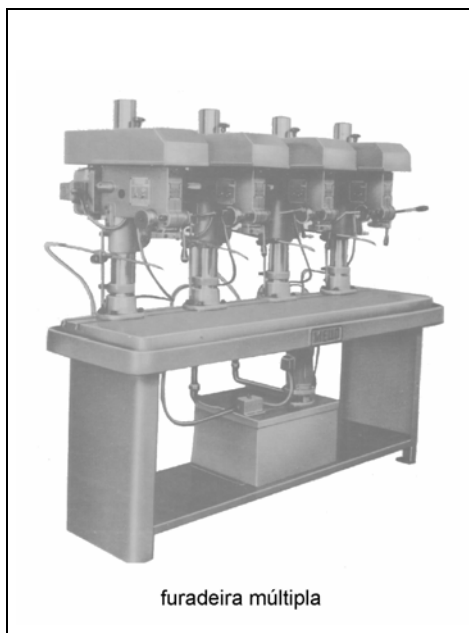


3. **Furadeira radial** – é empregada para abrir furos em peças pesadas, volumosas ou difíceis de alinhar. Possui um potente braço horizontal que pode ser abaixado e levantado e é capaz de girar em torno da coluna. Esse braço, por sua vez, contém o eixo porta-ferramentas que também pode ser deslocado horizontalmente ao longo do braço. Isso permite furar em várias posições sem mover a peça. O avanço da ferramenta também é automático.

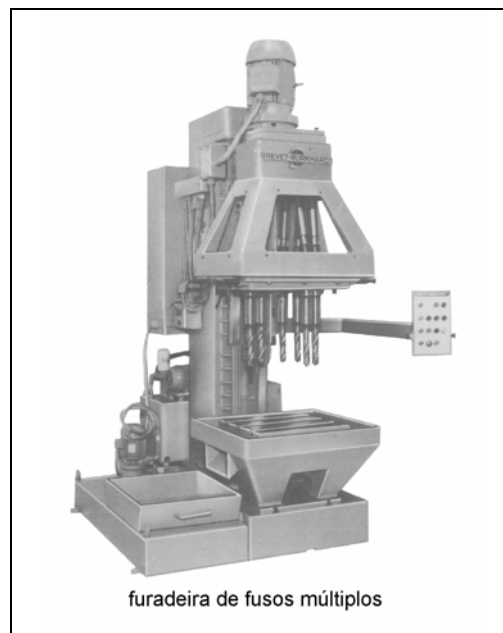


4. Furadeiras especiais – podem ser:

- a) **furadeira múltipla** – possui vários fusos alinhados para executar operações sucessivas ou simultâneas em uma única peça ou em diversas peças ao mesmo tempo. É usada em operações seriadas nas quais é preciso fazer furos de diversas medidas.
- b) **furadeira de fusos múltiplos** – os fusos trabalham juntos, em feixes. A mesa gira sobre seu eixo central. É usada em usinagem de uma peça com vários furos e produzida em grandes quantidades de peças seriadas.



furadeira múltipla



furadeira de fusos múltiplos

Dica tecnológica

O eixo porta-ferramentas também é conhecido como cabeçote ou árvore da furadeira

As furadeiras podem ser identificadas por características como:

- potência do motor;
- variação de rpm;
- deslocamento máximo do eixo principal;
- deslocamento máximo da mesa;
- distância máxima entre a coluna e o eixo principal.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Associe a coluna **A** (furadeira) com a coluna **B** (emprego e características).

Coluna A

- a) () Portátil
- b) () De coluna
- c) () Radial
- d) () Múltipla
- e) () De fusos múltiplos

Coluna B

- 1. Executa operações sucessivas ou simultâneas; possui fusos alinhados; usada em operações seriadas
- 2. Usada em serviços de manutenção e quando há necessidade de trabalhar no próprio local devido ao difícil acesso.
- 3. Peças com vários furos e em grandes quantidades; os fusos trabalham em feixes.
- 4. Possuem um potente braço horizontal que pode ser movimentado em várias direções
- 5. Em seu suporte principal estão montados o sistema de transmissão de movimento, a mesa e a base

2. Complete.

- a) A furadeira de coluna de tem motores de pouca potência e é destinada à execução de furos de diâmetros pequenos (1 a 12 mm).
- b) A furadeira de coluna de é empregada na execução de furos de diâmetros maiores que 12 mm.
- c) O eixo porta-ferramentas também pode ser chamado de

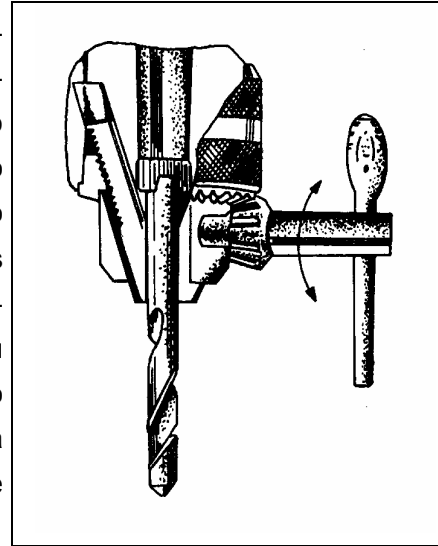
3. Cite ao menos três características que podem identificar uma furadeira.

Acessórios das furadeiras

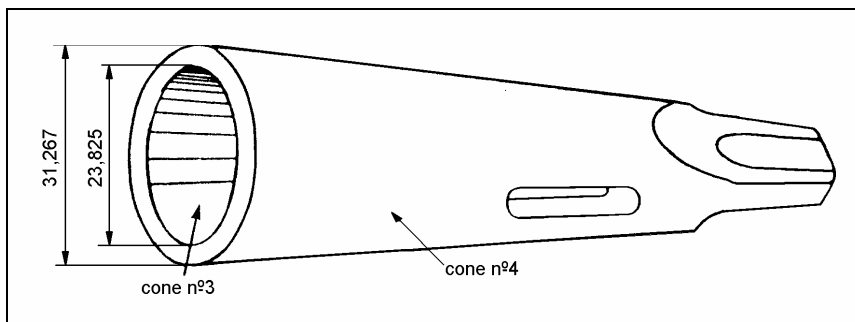
Para efetuar as operações, as furadeiras precisam ter acessórios que ajudem a prender a ferramenta ou a peça, por exemplo.

Os principais acessórios das furadeiras são:

1. **Mandril** – este acessório tem a função de prender as ferramentas, com haste cilíndrica paralela. Para serem fixados na furadeira, eles são produzidos com rosca ou cone. Para a fixação da ferramenta, o aperto pode ser feito por meio de chaves de aperto. Existem também modelos de aperto rápido para trabalhos de precisão realizados com brocas de pequeno diâmetro. Seu uso é limitado pela medida máxima do diâmetro da ferramenta. O menor mandril é usado para ferramentas com diâmetros entre 0,5 e 4 mm e o maior, para ferramentas de 5 a 26 mm.

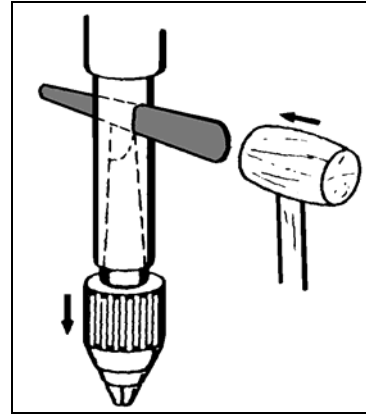


2. **Buchas cônicas** – são elementos que servem para fixar o mandril ou a broca diretamente no eixo da máquina. Suas dimensões são normalizadas tanto para cones externos (machos) como para cones internos (fêmeas). Quando o cone interno (eixo ou árvore da máquina) for maior que o cone externo (da broca), usam-se buchas cônicas de redução. O sistema de **cone Morse** é o mais usado em máquinas-ferramenta e é padronizado com uma numeração de 0 a 6.



Cone Morse: na máquina-ferramenta, é a medida padronizada da conicidade do alojamento de brocas, dos alargadores em furadeiras fresadoras, e em pontas de torno.

3. **Cunha ou saca-mandril/bucha** – é um instrumento de aço em forma de cunha usado para extrair as ferramentas dos furos cônicos do eixo porta-ferramenta.

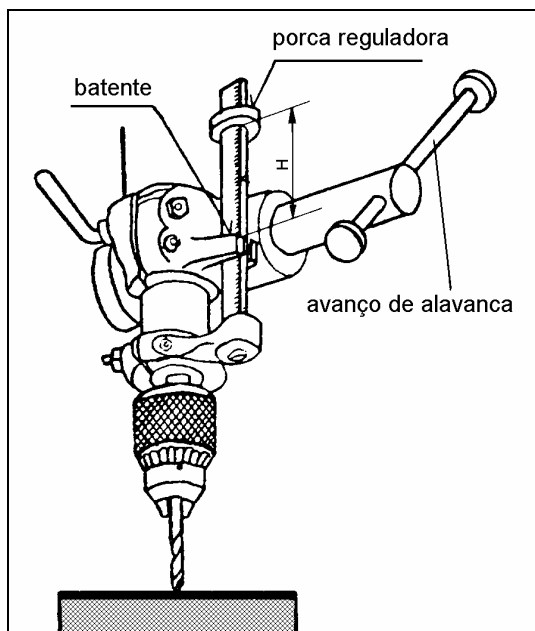


Para um ajuste correto da ferramenta, antes de efetuar a montagem das brocas, mandris, buchas, rebaixadores, escareadores deve-se fazer a limpeza dos cones, retirando qualquer traço de sujeira.

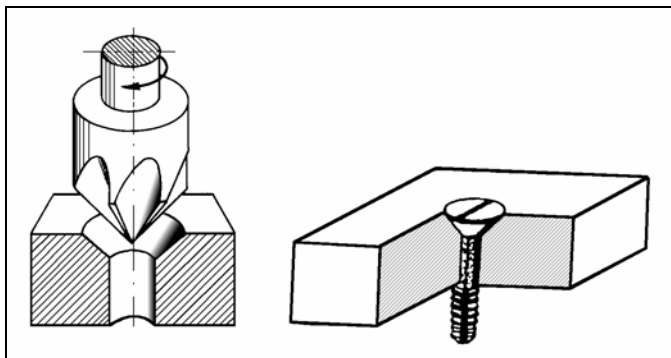
Operações na furadeira e etapas

O uso de furadeiras permite a realização de várias operações que se diferenciam pelo resultado que se quer obter e pelo tipo de ferramenta usado. Essas operações são:

1. **Furar** – com o uso de uma broca; produz um furo cilíndrico.



2. **Escarear furo** – consiste em tornar cônica a extremidade de um furo previamente feito, utilizando um escareador. O escareado permite que sejam alojados elementos de união tais como parafusos e rebites cujas cabeças têm formato cônico.

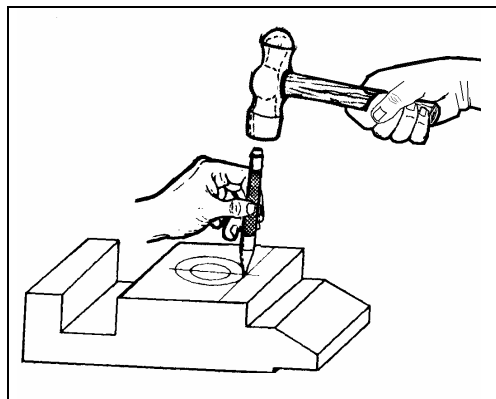


3. **Rebaixar furos** – consiste em aumentar o diâmetro de um furo até uma profundidade determinada. O rebaixo destina-se a alojar cabeças de parafusos, rebites, porcas, buchas. Com esse rebaixo, elas ficam embutidas, apresentando melhor aspecto e evitando o perigo de acidentes com as partes salientes. Como a guia do rebaixador é responsável pela centralização do rebaixo, é importante verificar seu diâmetro de modo que o diâmetro da broca que faz o furo inicial seja igual ao da guia.

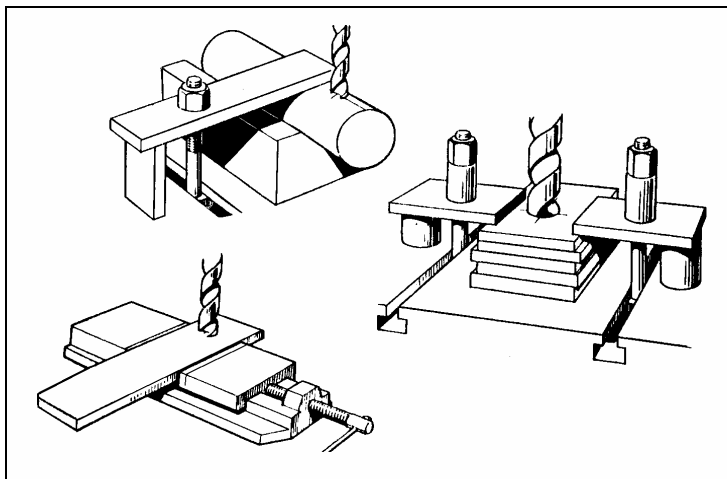
Operações como alargar furos cilíndricos e cônicos e roscar também podem ser feitas em furadeiras, mas, por sua importância, elas serão estudadas nas próximas duas aulas.

Como exemplo, vamos apresentar as etapas para a realização de uma furação com broca helicoidal. Elas são:

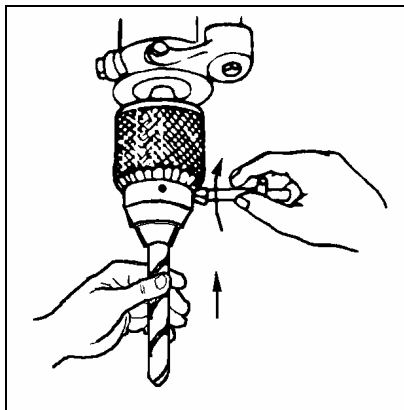
- a) Preparação da peça por meio de traçagem e puncionamento, já estudados.



- b) Fixação da peça na furadeira. Isso pode ser feito por meio de morsa, grampos, calços, suportes. Se o furo for vazar a peça, deve-se verificar se a broca é capaz de atravessar a peça sem atingir a morsa ou a mesa da máquina.

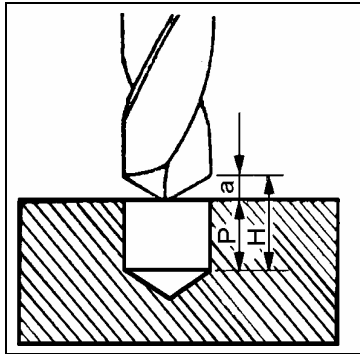


- c) Fixação da broca, por meio do mandril ou buchas de redução, verificando se o diâmetro, o formato e a afiação da ferramenta estão adequados. Ao segurar a broca deve-se tomar cuidado com as arestas cortantes.



- d) Regulagem da máquina: calcular rpm, que você já estudou em Cálculo Técnico e, para máquinas de avanço automático, regular o avanço da ferramenta. Para isso, deve-se consultar as tabelas adequadas. Na operação de furar, deve-se considerar o tipo de furo, ou seja, se é passante ou não. No caso de furo não-passante, deve-se também regular previamente a profundidade de penetração da broca. A medição da profundidade

do furo é sempre feita considerando-se a parede do furo sem a ponta da broca.



- e) Aproximação e centralização da ferramenta na marca puncionada na peça.
- f) Acionamento da furadeira e execução da furação. Ao se aproximar o fim da furo, o avanço da broca deve ser lento, porque existe a tendência de o material “puxar” a broca o que pode ocasionar acidentes ou quebra da ferramenta. Se necessário, usar o fluido de corte adequado.
- g) Verificação com o paquímetro.

O furo executado pela broca geralmente não é perfeito a ponto de permitir ajustes rigorosos. Por isso, quando são exigidos furos com exatidão de forma, dimensão e acabamento, torna-se necessário o uso de uma ferramenta de precisão denominada alargador. Mas isso já é um outro assunto que fica para a próxima aula.

Exercícios

4 Associe a coluna **A** (acessórios) com a coluna **B** (usos).

Coluna A

- a) () Mandril
- b) () Buchas cônicas
- c) () Cunha

Coluna B

1. Instrumento de aço usado para extrair as ferramentas dos furos cônicos.
2. Usa-se para fixar ferramentas com haste cilíndrica paralela.
3. Usa-se para fixar ferramentas com haste cônica.

- 5** Responda às seguintes perguntas.
- a) Onde é empregado o sistema cone Morse?
 - b) Quais as principais operações de uma furadeira?
- 6** Ordene as etapas de uma operação de furar, numerando os parênteses de 1 a 7.
- a) () Verificação com o paquímetro.
 - b) () Aproximação e centralização da ferramenta.
 - c) () Preparação da peça por meio de traçagem e puncionamento.
 - d) () Regulagem da máquina
 - e) () Fixação da broca.
 - f) () Acionamento da furadeira e execução da furação.
 - g) () Fixação da peça na furadeira.

Gabarito

- 1.** a) 2; b) 5; c) 4;
 d) 1; e) 3.
- 2.** a) Bancada.
 b) Piso.
 c) Cabeçote ou árvore da furadeira.
- 3.** Potência do motor, variação de rpm e deslocamento máximo da mesa.
- 4.** a) 2; b) 3; c) 1.
- 5.** a) Na padronização da conicidade do alojamento de brocas dos alargadores em furadeiras e fresadoras, e em pontas de torno.
 b) Elas são: furar, escarear, rebaixar, alargar e roscar furos.
- 6.** a) 7; b) 5; c) 1; d) 4;
 e) 3; f) 6; g) 2

Uma questão de exatidão

Como você viu na Aula 30, o furo executado com a broca geralmente não é perfeito a ponto de permitir ajustes de exatidão, com rigorosa qualidade de usinagem. Isso pode ser um problema, pois a execução de furos de dimensões e formas exatas constitui um pré-requisito exigido pela moderna produção em série que necessita de peças que podem ser trocadas entre si.

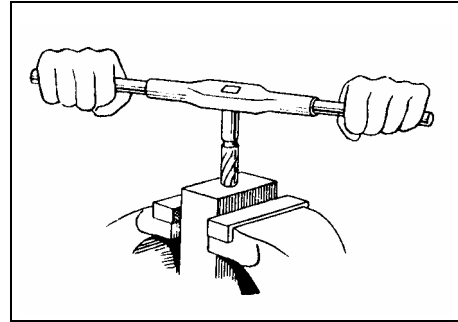
Esse tipo de necessidade é preenchido pela utilização de uma ferramenta especial que permite a execução das operações que dão aos furos previamente feitos concentricidade e as dimensões exigidas.

Essa ferramenta, seu uso, e as operações que podem ser executadas com ela, são o assunto desta aula.

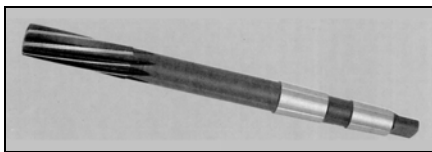
Depois da broca vem...

O furo executado pela broca geralmente não é perfeito: a superfície do furo é rugosa; o furo não é perfeitamente cilíndrico por causa do jogo da broca; o diâmetro obtido não é preciso e quase sempre é superior ao diâmetro da broca por sua afiação imperfeita ou por seu jogo. Além disso, o eixo geométrico do furo sofre, às vezes, uma ligeira inclinação. Assim, quando se exige furos rigorosamente acabados, que permitem ajustes de eixos, pinos, buchas, mancais etc., torna-se necessário calibrá-los. Para isso, executa-se a operação de **alargar**.

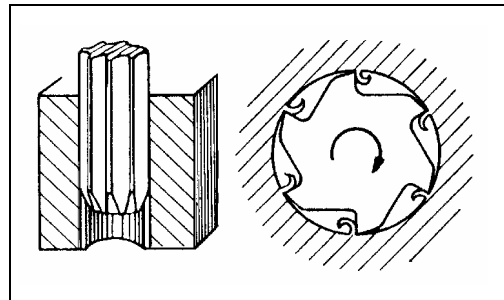
Alargar um furo é dar a ele perfeito acabamento, com uma superfície rigorosamente cilíndrica e lisa. Com essa operação, é possível também corrigir um furo ligeiramente derivado, ou seja, excêntrico. O diâmetro obtido tem uma exatidão de até 0,02 mm ou menos. O resultado dessa operação chama-se também **calibração**.



Os furos alargados podem ser cilíndricos ou cônicos. São obtidos com uma ferramenta chamada **alargador**, que pode ser usado manualmente ou fixado a uma máquina-ferramenta como a furadeira, o torno, a mandriladora etc.



O cavaco produzido no alargamento é muito pequeno, já que a finalidade da operação é dar acabamento e exatidão ao furo.



A operação de alargar feita em máquinas-ferramenta é usada na produção em série. A operação manual é empregada em trabalhos de manutenção, ou em trabalhos de montagem e construção de estruturas metálicas.

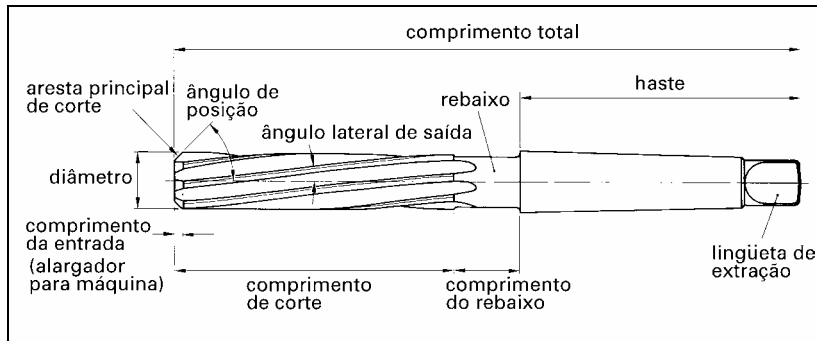
Ferramentas e materiais para alargar

Se a operação de alargar for realizada manualmente, será necessário o uso de um **alargador** e de um **desandador**. Se a operação for com máquina, usa-se o alargador que é fixado por meio dos acessórios (como mandril ou buchas cônicas).

O **alargador** é uma ferramenta fabricada com aço-carbono (para trabalhos gerais de baixa produção), ou aço rápido (para trabalhos gerais de média a alta produção). Há ainda alargadores com

pastilhas de carboneto soldadas às suas navalhas. Esses alargadores são usados para elevada produção em série.

Um alargador é formado por **corpo** e **haste**.




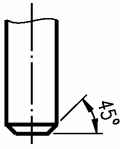

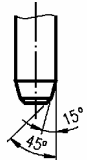

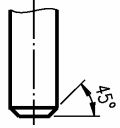

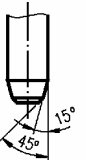

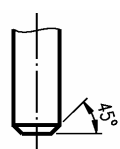
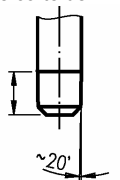
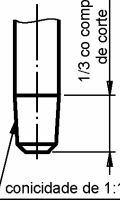
A haste tem uma cabeça chamada de espiga que se prende ao desandador, para uso manual ou lingüeta de extração para fixação na máquina. O corpo apresenta navalhas de formatos retos ou helicoidais responsáveis pelo corte do material. A parte cortante dos alargadores é temperada, revenida e retificada. As ranhuras entre as navalhas servem para alojar e dar saída aos minúsculos cavacos resultantes do corte, facilitando também a ação dos fluidos de corte.

As navalhas ou arestas cortantes, endurecidas pela têmpera, trabalham por pressão, durante o giro do alargador no interior do furo. A quantidade de material retirado da parede do furo é muito semelhante à de uma raspagem contínua.

Quando se escolhe um alargador, alguns fatores devem ser considerados:

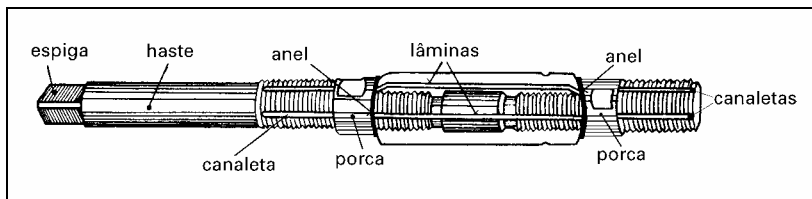
- A **aplicação**, que pode ser manual ou mecânica.
- As **características do furo**, ou seja, profundidade; se é passante ou cego; interrompido; espessura da parede da peça; grau de acabamento ou exatidão nas dimensões e formas.
- O **material da peça**: resistência e usinabilidade.

A tabela a seguir apresenta um resumo de tipos de alargadores para trabalhos com máquinas, indicando o tipo de canal, o tipo de ponta e suas aplicações.

Tipo de canal	Tipo de ponta	Aplicação
<p>Canais retos</p> 	<p>Chanfrada a 45°</p> 	<p>Em furos passantes em materiais de cavaco curto. Furos cegos com até 3 x d de profundidade. Para furos cônicos de pouca profundidade, usar alargador cônico 1:50.</p>
<p>Canais retos com entrada helicoidal à esquerda.</p> 	<p>Chanfrada a 45° com início de corte inclinado a 15°.</p> 	<p>Para furos passantes profundos: em materiais de difícil usinagem e peças de paredes finas. Para furos cônicos profundos, usar alargador cônico 1:50.</p>
<p>Canais helicoidais à direita (≅ 10°).</p> 	<p>Chanfrada a 45°.</p> 	<p>Para furos cegos e profundos ou para materiais de difícil usinagem.</p>
<p>Canais helicoidais à direita (≅ 10°).</p> 	<p>Chanfrada a 45° com início de corte inclinado a 15°.</p> 	<p>Para furos interrompidos longitudinalmente, como rasgos de chaves; para materiais tanto de cavacos curtos quanto longos.</p>
<p>Canais helicoidais à esquerda para desbaste</p> 	<p>Chanfrada a 45°</p>  <p>C Chanfrada em 45° com início de corte de ± 1°.</p>  <p>F - Chanfrada em 45° com conicidade de 1:10.</p> 	<p>Para furos cônicos; para maior grau de exatidão, repassar com alargador cônico de canais retos.</p> <p>Materiais que produzem cavacos longos e de baixa resistência.</p> <p>Para furos para rebites e para a compensação de furos deslocados em chapas.</p>

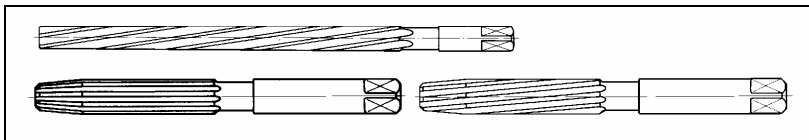
As dimensões dos diâmetros dos alargadores são padronizadas e vêm gravadas na haste da ferramenta.

Os alargadores que mostramos até agora são padronizados para as tarefas e medidas mais comuns. Para medidas muito específicas, usa-se o **alargador de expansão**, de lâminas removíveis. Ele pode ser ajustado rapidamente na medida exata de um furo, pois as lâminas (navalhas) deslizam no fundo das canaletas, por meio de porcas de regulagem. Esses alargadores têm um grau de exatidão que atinge 0,01 mm e a variação de seu diâmetro pode ser de alguns milímetros.

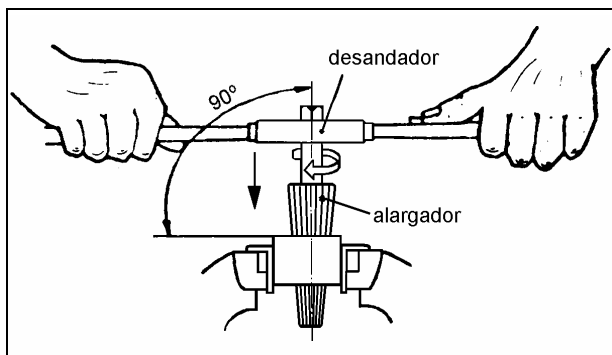


Outra vantagem desse tipo de alargador é o fato de suas lâminas serem removíveis. Isso facilita sua afiação e a substituição de lâminas quebradas ou desgastadas.

Na operação manual, usam-se alargadores como os mostrados a seguir.



Para movimentar o alargador na operação manual, usa-se como alavanca o **desandador**.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Resolva as seguintes questões.
 - a) Descreva com suas palavras a função do alargador.
 - b) Qual a função do desandador?
 - c) Como os alargadores podem ser fixados à furadeira?
 - d) Quais são os fatores que devem ser considerados na escolha de um alargador?
2. Associe a coluna **A** (alargadores) com a coluna **B** (apli-ções).

Coluna A

- a) () Canais retos.
- b) () Canais retos com entrada helicoidal à esquerda.
- c) () Canais helicoidais à direita.
- d) () Canais helicoidais à esquerda.
- e) () Canais helicoidais à esquerda para desbaste

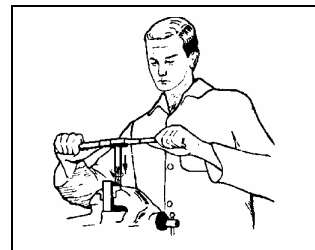
Coluna B

1. Para furos interrompidos longitudinalmente com rasgos de chaveta.
2. Para materiais que produzem cavacos longos e de baixa resistência.
3. Furos cegos com até 3 x d de profundidade.
4. Para trabalhos de manutenção e montagem
5. Para furos passantes profundos
6. Para furos cegos e profundos ou materiais de difícil usinagem

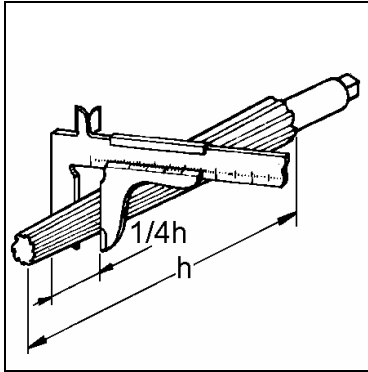
Alargar: operações e etapas

As operações de alargar são semelhantes, sejam feitas por máquina ou manualmente. Os trabalhos feitos com máquinas são mais rápidos, têm melhor acabamento e fornecem furos de diâmetros maiores. Essas operações são:

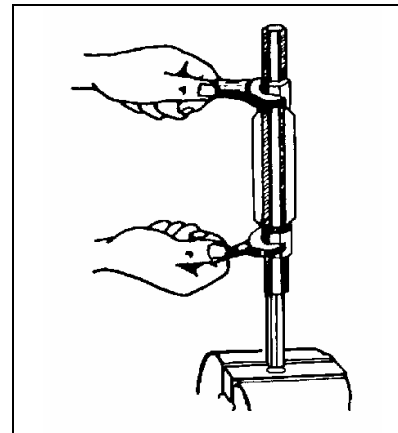
- **Alargar, manualmente, furo com alargador cilíndrico** - usa-se na produção de ajustes com a finalidade de introduzir eixos ou buchas cilíndricas.



- **Alargar, manualmente, furo com alargador cônico** - utiliza-se para obter furos padronizados com a finalidade de introduzir pinos, eixos ou buchas cônicas. O furo que antecede a passagem do alargador deve ser igual ao diâmetro que se mede à distância correspondente a $\frac{1}{4}$ do comprimento total do corpo da ferramenta a partir de sua ponta.



- **Alargar, manualmente ou com máquina, furo com alargador de expansão** - dá acabamento à superfície de um furo por meio da rotação e avanço de um alargador de navalhas reguláveis. A regulagem do diâmetro é feita por meio de porcas que deslocam as navalhas. O furo obtido deve ser controlado com micrômetro interno de três contatos ou calibrador-tampão.



- **Alargar furo com máquina** – dá acabamento com alto grau de exatidão ao furo. É executada com furadeira, torno ou fresadora. Emprega-se na produção em série, para tornar mais rápida e econômica a execução de furos padronizados em buchas, polias, anéis e engrenagens. Nessa operação, é necessário escolher a velocidade de corte e avanço de acordo com o tipo de material e o diâmetro do alargador.

Para exemplificar uma operação de alargar, vamos mostrar as etapas dessa operação executada com máquina:

1. Fixação da peça na mesa da furadeira na posição desejada para o trabalho. É necessário que a peça esteja previamente

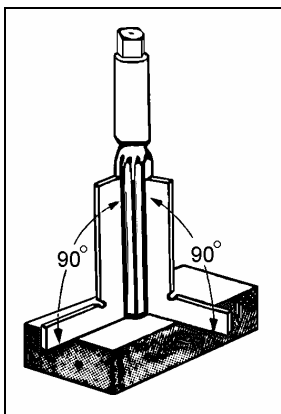
furada de modo que fique com a quantidade recomendada de sobremetal de acordo com a seguinte tabela.

Material a ser usinado	Retirada de material em mm no Ø				
	Até 2mm	2 – 5mm	5 –10mm	10 – 20mm	acima 20mm
Aço até 70kg/mm ²	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
Aço acima de 70kg/mm ² Aço inoxidável Material sintético mole	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2	0,2	0,3
Latão, bronze	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2	0,2 – 0,3	0,3
Ferro fundido	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5
Alumínio, cobre eletrolítico	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5
Material sintético rígido (PVC)	até 0,1	0,1 – 0,2	0,2	0,4	0,5

Observação: Para alargadores com chanfro de entrada a 45°, os valores da tabela devem ser aumentados em 50%.

2. Fixação do alargador na furadeira. Nessa etapa, deve-se selecionar o alargador, verificando seu diâmetro. Deve-se observar também que os alargadores de haste cilíndrica são presos diretamente no mandril e que os de haste cônica são presos diretamente na árvore da máquina, com ou sem bucha.

3. Centralização da peça no furo, ajustando ponta do alargador.



4. Regulagem da máquina pela determinação da rpm e do avanço (para máquinas automáticas), conforme tabela a seguir.

Material a ser usinado	Tipo de alargador	Velocidade de corte m/min	Acima em mm/rpm			Fluido de corte
			até Ø 10 mm	até Ø 20 mm	acima de Ø 10 mm	
Aço até 50 kg/mm ²	Estrias retas ou à esquerda 45°	10 - 12	0,1 - 0,2	0,3	0,4	Emulsão
Aço acima de 50 - 70 kg/mm ²	Estrias retas ou à esquerda 45°	8 - 10	0,1 - 0,2	0,3	0,4	Emulsão
Aço acima de 70 - 90 kg/mm ²	Estrias retas	6 - 8	0,1 - 0,2	0,3	0,4	Emulsão ou óleo de corte
Aço acima de 90 kg/mm ²	Estrias retas	4 - 6	0,1 - 0,2	0,3	0,4	Emulsão ou óleo de corte
Ferro fundido até 220 HB	Estrias retas	8 - 10	0,2 - 0,3	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6	Emulsão ou óleo de corte
Ferro fundido acima de 220 HB	Estrias retas	4 - 6	0,2	0,3	0,4	Emulsão ou óleo de corte
Aço inoxidável	Estrias retas ou eventualmente à direita	3 - 5	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,4	Óleo de corte
Latão	Estrias retas	10 - 12	até 0,3	0,4	0,5 - 0,6	A seco ou emulsão
Bronze	Estrias retas ou eventualmente à direita	3 - 8	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,4	Emulsão
Cobre eletrolítico	Estrias retas ou eventualmente à direita	8 - 10	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,5 - 0,6	Emulsão
Alumínio	Estrias à esquerda 45° ou estrias retas	15 - 20	até 0,3	0,4	0,5 - 0,6	A seco ou emulsão
Material sintético rígido	Estrias retas	3 - 5	até 0,3	até 0,5	0,5	A seco
Material sintético mole	Estrias retas	5 - 8	até 0,4	até 0,6	0,6	A seco

Observação: No uso de alargadores com 45° podem ser aumentados a velocidade de corte e, especialmente, o avanço.

5. Acionamento da máquina e passagem do alargador. Ao iniciar a operação, a penetração da ferramenta deve ser lenta e manual. Sendo possível, acionar o avanço automático. Usar fluido de corte adequado.

Importante!

Em qualquer operação de alargar, o alargador deve penetrar no material girando sempre no sentido horário.

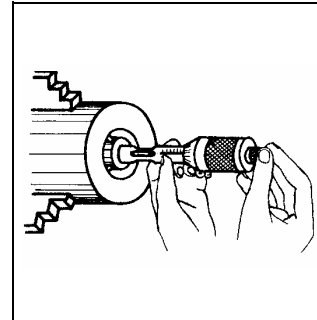
6. Retirada do alargador sem desligar a máquina.

Importante!

Para retirar o alargador manualmente, deve-se girá-lo também em sentido horário e ao mesmo tempo puxando-o para fora do furo. sempre que ele é retirado, deve ter suas navalhas limpas com o auxílio de um pincel.

7. Verificação da dimensão do furo, usando calibradores, tipo tampão ou micrômetro interno.

Quando se faz um furo, há dois caminhos a seguir: alargar para obter a calibração ou fazer uma rosca. Este é o assunto da nossa próxima aula. Sua tarefa, por enquanto é fazer os exercícios.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Complete as frases a seguir.

- a) Na produção de peças com furos e ajustes para eixos ou buchas cilíndricas, usa-se a operação de alargar furo com
- b) Para obter furos padronizados para introduzir pinos, eixos ou buchas cônicas, usa-se a operação de alargar manualmente com
- c) O alargador com navalhas reguláveis é conhecido como.....

4. Ordene seqüencialmente, numerando de 1 a 7, as etapas da operação de calibrar com alargador em máquina.

- a) () Retirada do alargador sem desligar à máquina.

- b) () Centralização da peça, alinhando a ponta do alargador no furo.
- c) () Acionamento da máquina e passagem do alargador.
- d) () Fixação do alargador na furadeira.
- e) () Regulagem da máquina pela determinação da rpm e avanço.
- f) () Fixação da peça na mesa da furadeira na posição adequada para o trabalho.
- g) () Verificação da dimensão do furo, usando calibradores do tipo tampão e micrômetro interno.

Gabarito

1. a) Resposta pessoal. b) O desandador serve para fixar o alargador. c) Por meio de mandris, buchas cônicas, ou diretamente na máquina. d) Os fatores são: aplicação, características do furo, e o material da peça.
2. a) 3; b) 5; c) 6; d) 1; e) 2.
3. a) Alargador cilíndrico
b) Alargador cônico
c) Alargador de expansão
4. a) 6; b) 3; c) 5; d) 2;
e) 4; f) 1; g) 7.

Para montar conjuntos mecânicos, usam-se os mais diversos processos de união das diversas partes que os compõem. Assim, é possível uni-los por soldagem, por rebitagem, por meio de parafusos... Tudo vai depender do uso que se vai fazer desse conjunto. Por isso, é só olhar à sua volta para perceber a importância dos parafusos e das roscas nas máquinas e utensílios que usamos todos os dias.

Para fabricar parafusos e porcas, é necessário executar a operação que vamos começar a estudar nesta aula. Fique ligado.

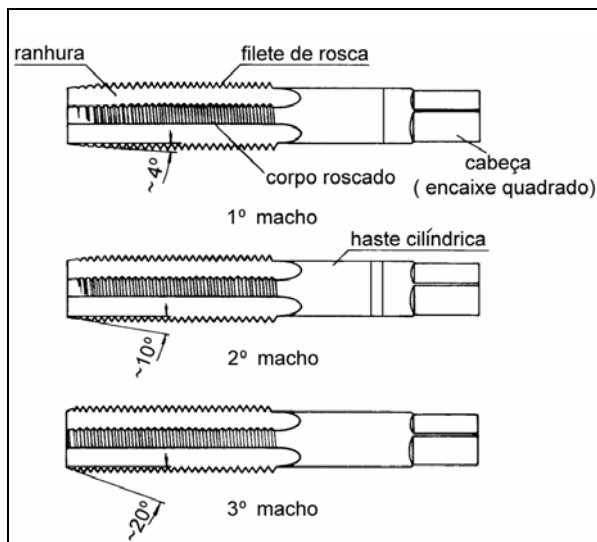
O primeiro faz tchan, o segundo faz tchun, o terceiro...

Todo mundo já viu uma rosca: ela está nas porcas e parafusos em brinquedos, utensílios, máquinas. A operação que produz os filetes de que a rosca é composta chama-se **roscamento**. O roscamento produz uma rosca com formato e dimensões normalizadas.

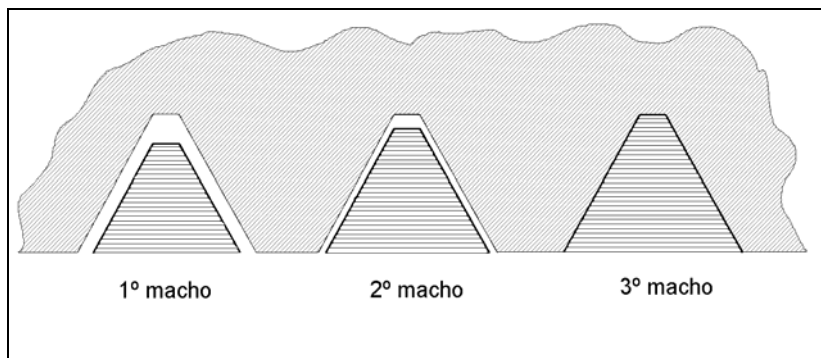
Como a rosca pode ser interna (na porca) ou externa (no parafuso), o roscamento também é chamado de **interno** ou **externo**.

Nesta aula, começaremos pela operação de roscamento interno que é realizada com uma ferramenta chamada **macho para roscar**. Ele é geralmente fabricado de aço rápido para operações manuais e à máquina.

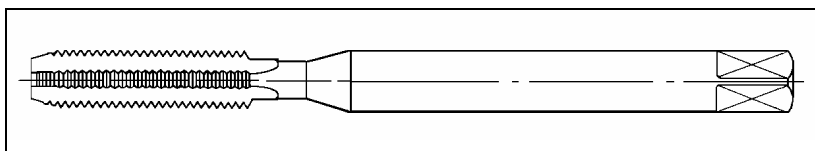
Os machos para rosca **manuais** são geralmente mais curtos e apresentados em jogos de 2 peças (para roscas finas) ou 3 peças (para roscas normais) com variações na entrada da rosca e no diâmetro efetivo.



O primeiro tem a parte filetada (roscada) em forma de cone. O segundo tem os primeiros filetes em forma de cone e os restantes em forma de cilindro. O terceiro é todo cilíndrico na parte filetada. Os dois primeiros são para desbaste e o terceiro é para acabamento.



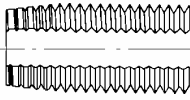
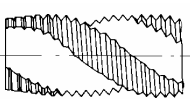
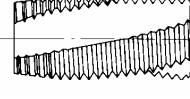
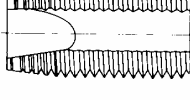

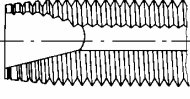
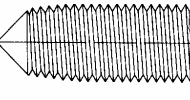
Os machos para rosca à máquina são apresentados em uma peça e têm o comprimento total maior que o macho manual.



Os machos são caracterizados por:

- Sistemas de rosca que podem ser: **métrico** (em milímetro), **Whitworth** e **americano** (em polegada).
- Aplicação: roscar peças internamente.
- Passo medido pelo sistema métrico decimal, ou número de filetes por polegada: indica se a rosca é **normal** ou **fin**a.
- Diâmetro externo ou nominal: diâmetro da parte roscada.
- Diâmetro da espiga ou haste cilíndrica: indica se o macho serve ou não para fazer rosca em furos mais profundos.
- Sentido da rosca: à direita ou à esquerda.

As roscas podem ser classificadas pelo tipo de canal, ou ranhuras dos machos:

Tipo de canal		Aplicação
Canais retos		De uso geral. São empregados nos machos manuais e para máquinas como rosqueadeiras e tornos automáticos, para roscar materiais que formam cavacos curtos.
Canais helicoidais à direita		Usados em máquinas, indicados para materiais macios que formam cavacos longos e para furos cegos, porque extraem os cavacos no sentido oposto ao avanço.
Canais helicoidais à esquerda		Para roscar furos passantes na fabricação de porcas, em roscas passantes de pequeno comprimento.
Canais com entrada helicoidal curta		Para roscar chapas e furos passantes.
Canais com entradas helicoidais contínuas		A função dessa entrada é eliminar os cavacos para frente durante o roscamento. São empregados para furos passantes.
Com canais de lubrificação, retos, de pouca largura.		Usados em centros de usinagem, têm função de conduzir o lubrificante para a zona de formação de cavaco.
Sem canais		São machos laminadores de rosca, trabalham sem cavacos, pois fazem a rosca por conformação. São usados em materiais que se deformam plasticamente.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Qual a ferramenta usada para a abertura de roscas internas?
 - b) Como são os machos para roscar manualmente?
 - c) Qual a função de cada macho para roscar manualmente?
 - d) Explique as três características do macho de roscar apresentadas a seguir:
 1. Sistema de rocas:
 2. Diâmetro externo ou nominal:
 3. Diâmetro da espiga ou haste cilíndrica:

2. Complete as lacunas das afirmações abaixo:
 - a) O comprimento total dos machos para roscar à máquina é que o do macho manual.
 - b) O passo, medido pelo sistema ou pelo número de, indica se a rosca éou
 - c) O sentido da hélice da rosca pode ser à ou à

3. Associe a coluna **A** (tipos de canais) com a coluna **B** (aplicação):

Coluna A	Coluna B
a) () Canais helicoidais à esquerda.	1. Para roscar chapas e furos passantes.
b) () Canais com entrada helicoidal curta.	2. Usados em rosqueadeiras e tornos automáticos para roscar materiais que formam cavacos curtos.
c) () Canais retos.	3. Usados em centros de usinagem com a função de conduzir o lubrificante para a zona de formação de cavaco.
d) () Canais helicoidais à direita.	4. Machos laminadores de rosca. Fazem a rosca por conformação.
e) () Canais de lubrificação retos, de pouca largura.	5. Têm a função de eliminar os cavacos para frente durante o rosqueamento.
f) () Sem canais.	6. Usados em máquinas indicados para materiais macios, para furos cegos.
g) () Canais com entradas helicoidais contínuas.	7. Para roscar furos passantes na fabricação de porcas, em roscas passantes de pequeno comprimento.

Roscar manualmente com machos

Roscar manualmente com machos consiste em abrir roscas internas para a introdução de parafusos ou fusos roscados de diâmetro determinado, e na fabricação de flanges, porcas e peças de máquinas em geral.

Antes de iniciar o trabalho com o macho, deve-se verificar cuidadosamente o diâmetro do furo. Se o furo for maior que o diâmetro correto, os filetes ficarão defeituosos (incompletos). Se for menor, o macho entrará forçado. Nesse caso, o fluido de corte não penetrará e o atrito se tornará maior, ocasionando aquecimento e dilatação. O resultado disso é o travamento do macho dentro do furo, ocasionando sua quebra. Para evitar esse problema, deve-se consultar tabelas que relacionam o diâmetro da broca que realiza o furo e a rosca que se quer obter. Por exemplo: supnhamos que seja preciso fazer um furo para uma rosca M 6 x 1 (rosca métrica com \varnothing de 6 mm e passo de 1 mm). Consultando a Tabela ISO Métrica Grossa temos:

Portanto, para a rosca M 6 x 1, o furo deve ser feito com a broca de \varnothing 5 mm.

Vale lembrar que essas tabelas podem ser encontradas em catálogos de fabricantes de machos, em livros técnicos como os citados na bibliografia do final deste livro, ou em **Elementos de máquinas 1** do Telecurso 2000.

Diâmetro nominal da rosca	Passo mm	\varnothing Broca mm
1	0,25	0,75

5	0,8	4,2
6	1	5
7	1	6



Se você não tiver acesso a nenhuma dessas publicações, é possível calcular o valor teórico do diâmetro do furo (d), subtraindo-se do diâmetro nominal da rosca (D) as seguintes constantes:

Sistema Whitworth: $d = D - 1,2806 \cdot \text{passo}$

Sistema Americano: $d = D - 1,299 \cdot \text{passo}$

Sistema Internacional (métrico): $d = D - 1,299 \cdot \text{passo}$

Por aproximação, podemos usar, na prática, as fórmulas:

$d = D - \text{passo}$ (para \varnothing menores que 8 mm).

$d = D - 1,2 \cdot \text{passo}$ (para \varnothing maiores que 8 mm).

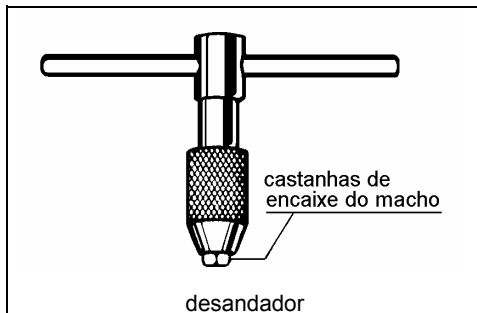
Na haste cilíndrica dos machos estão marcadas as indicações do diâmetro da rosca, o número de filetes por polegada ou passo da rosca.

Todos os furos para roscas devem ser escareados com 90° para evitar que as entradas de rosca formem rebarbas.

Para roscas com furos cegos, ou seja, não-vazados, a extremidade do macho jamais deve bater contra o fundo do furo. Assim, sempre que possível, furar mais profundo que o necessário para fazer a rosca a fim de que se obtenha um espaço para reter os cavacos. Quando não for possível obter furos mais profundos,

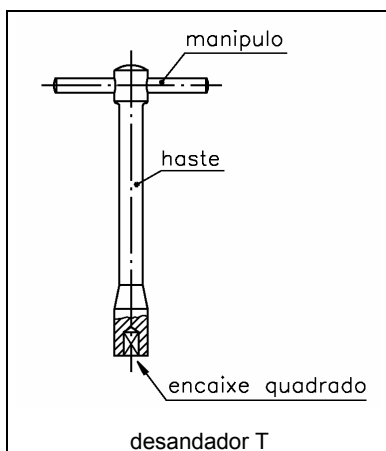
recomenda-se remover com freqüência os cavacos que se alojam no fundo do furo.

Para furos com diâmetro menor do que 5 mm, deve-se usar um desandador muito leve para que se possa “sentir” melhor as “reações” do metal. Deve-se também retirar e limpar freqüentemente o macho.



Para furos de difícil acesso, onde não for possível uso de desandador, utiliza-se uma extensão chamada de **desandador T**.

Entre dois metais diferentes, deve-se abrir o furo com o diâmetro previsto para roscar o metal mais duro, caso contrário, o macho tenderá a se desviar para o metal mais macio.



Para furos em metais leves como alumínio e suas ligas, ligas de magnésio, a passagem de um único macho é suficiente. A **gripagem** é evitada, lubrificando-se cuidadosamente o macho, para prevenir o arrancamento dos filetes.

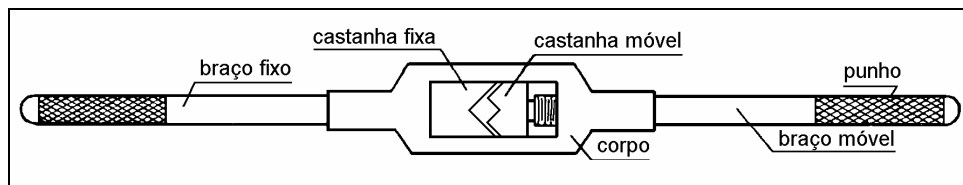
Gripagem: é a aderência de duas superfícies metálicas que foram atritadas a seco.

Para furos vazados, quando o diâmetro da haste é inferior ao diâmetro da furação, a operação de desatarraxar o macho não é necessária, uma vez que ele pode atravessar completamente a peça.

Etapas da operação

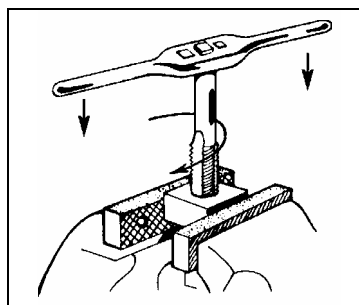
A operação de roscar manualmente prevê a realização das seguintes etapas.

1. Fixação da peça em uma morsa, por exemplo. O furo deve ser mantido em posição vertical.
2. Seleção do macho e do desandador, adequados à operação. Deve-se lembrar que os machos devem ser usados na seguinte ordem: 1 e 2 para desbaste, 3 para acabamento.

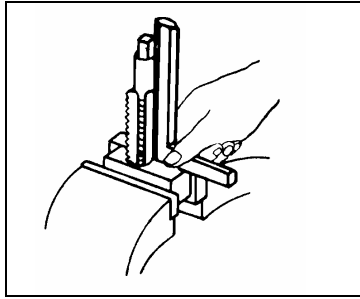


3. Seleção do fluido de corte: deve-se escolher o fluido apropriado como já foi estudado na Aula 23. O uso de fluido de corte inadequado, ou a sua não utilização pode causar os seguintes inconvenientes: o esforço para abrir a rosca aumenta consideravelmente, os filetes ficam com qualidade inferior ou com falhas, o macho engripa, e pode se quebrar.

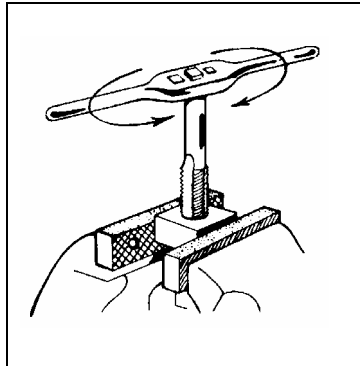
4. Início da abertura da rosca: deve-se introduzir o macho no furo com leve pressão, dando as voltas necessárias até o início do corte.



5. Verificação da perpendicularidade com esquadro e correção (se necessário).



6. Roscamento: os machos são introduzidos progressivamente, por meio de movimentos circulares alternativos, ou seja, de vai-e-volta. Isso é feito a fim de quebrar o cavaco e permitir a entrada do fluido de corte.



7. Passagem do segundo e terceiro machos para terminar a rosca.

O roscamento é, na verdade, uma das operações de usinagem que exige mais cuidados por parte do profissional. Isso acontece por problemas como dificuldade de remoção do cavaco e de lubrificação inadequada das arestas cortantes da ferramenta.

Esses problemas podem ser diminuídos de diversas maneiras:

- pela correta seleção de materiais que ofereçam menor resistência à usinagem;
- evitando profundidade de rosca que exceda em 1,5 vezes o diâmetro do furo;
- deixando uma folga adequada no fundo dos furos cegos;
- fazendo o furo prévio dentro das dimensões especificadas para cada tipo de rosca;
- selecionando a ferramenta adequada à operação;
- em operações com máquinas, escolhendo corretamente o equipamento, a velocidade de corte e o lubrificante.

Esta aula termina aqui, mas não nosso assunto. Na próxima aula, você vai estudar como abrir roscas externas.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

4. Assinale **F** para as afirmações erradas e **V** para as certas.
- a) () Roscar manualmente com machos consiste em abrir roscas internas e externas de diâmetro determinado para a montagem das peças de máquinas em geral.
 - b) () Para que o problema de travamento do macho dentro do furo não ocorra, é necessário utilizar desandadores de grande porte.
 - c) () Os furos para roscas devem ser escareados para evitar que a entrada da rosca forme rebarbas.
 - d) () Nos furos cegos, a referência de profundidade do furo é dada quando o macho bate no seu fundo.
 - e) () Para reter os cavacos, o furo não-passante deve ser um pouco mais profundo que o necessário.
 - f) () A passagem de um único macho é suficiente quando se trata de abrir roscas em materiais como alumínio e ligas de magnésio.
 - g) () No caso de furos vazados, quando o diâmetro da haste é inferior ao diâmetro da furação, é necessário desatarraxar o macho.
5. Escreva corretamente as afirmações que você considerou erradas.
6. Ordene seqüencialmente, numerando de 1 a 7, as etapas para abrir rosca com macho.
- a) () Início da abertura da rosca.
 - b) () Seleção do macho adequado à operação.
 - c) () Fixação da peça.
 - d) () Roscamento onde os machos são introduzidos progressivamente.
 - e) () Verificação da perpendicularidade com esquadro.
 - f) () Passagem do segundo e terceiro machos.
 - g) () Seleção do fluido de corte.

Gabarito

1.
 - a) É o macho para roscar.
 - b) São geralmente mais curtos e apresentados em jogos de 2 ou 3 peças com variação de entrada da rosca e no diâmetro efetivo. O primeiro tem a parte filetada em forma de cone; o segundo tem os primeiros filetes em forma de cone e os restantes em forma de cilindro; o terceiro é todo cilíndrico na parte filetada.
 - c) Os dois primeiros são para desbaste e o terceiro é para acabamento.
 - d) O sistema de roscas pode ser métrico (em milímetros); Whitworth e Americano (em polegadas).
 - e) É o diâmetro da parte roscada.
 - f) Indica se o macho serve ou não para fazer rosca em furos mais profundos.

2.
 - a) Maior.
 - b) Métrico decimal; filetes por polegada; normal; fina.
 - c) Direta; esquerda.

3.

a) 7;	b) 1;	c) 2;	d) 6;
e) 3;	f) 4;	g) 5.	

4.

a) F;	b) F;	c) V;	d) F;
e) V;	f) V;	g) F.	

5.
 - a) Roscar manualmente com machos consiste em abrir roscas internas da diâmetro determinado para montagem de peças de máquinas em geral.
 - b) Para que o problema de travamento do macho dentro do furo não ocorra, deve-se consultar tabelas que relacionem o diâmetro da broca que realiza o furo e a rosca que se quer obter.
 - d) Nos furos cegos, a extremidade do macho jamais deve obter contra o fundo do furo.
 - g) Para furos vazados, não é necessária a operação de desatarraxar o macho.

6.

a) 4;	b) 2;	c) 1;	d) 6;
e) 5;	f) 7;	g) 3.	

Feitos um para o outro

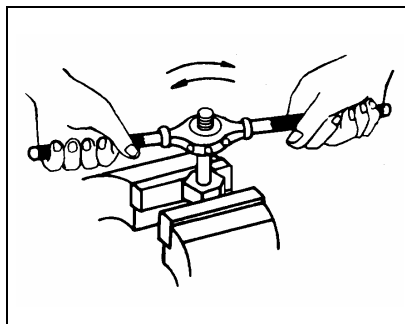
Existem muitas coisas nesse mundo que foram feitas uma para a outra: arroz com feijão, goiabada com queijo, a porca e o parafuso.

Na aula passada, você estudou que para fazer aquela rosca que fica dentro da porca, usa-se a operação de roscamento interno com o macho de roscar. Para o casamento perfeito se completar, falta descobrir como se faz a rosca externa do parafuso.

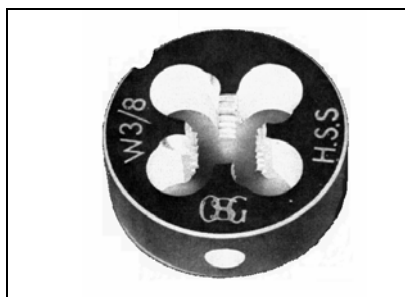
É o que vamos fazer nesta aula.

É hora de fazer o parafuso

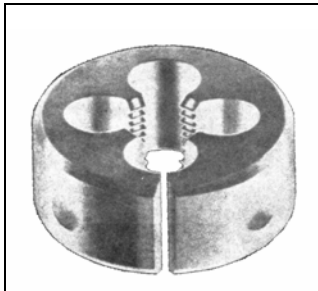
Toda porca quer um parafuso. A operação que produz o parafuso é o **roscamento externo**, que consiste em obter filetes na superfície externa de peças cilíndricas. Serve também para a abertura de roscas externas em tubos.



A operação pode ser executada com máquina ou manualmente. Quando manual, ela é realizada com uma ferramenta chamada **coxinete** ou **tarraxa**.



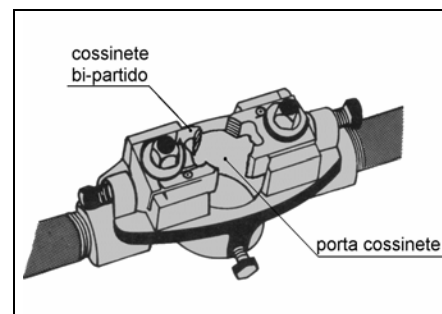
Essa ferramenta, assim como os machos, tem a finalidade de assegurar um perfeito acoplamento e intercambialidade de peças fabricadas em série. É uma ferramenta de corte feita de aço especial com um furo central filetado, semelhante ao de uma porca. Possui três ou mais furos que auxiliam na saída dos cavacos. Pode apresentar um corte radial de abertura, que permite regular a profundidade de corte. Isso é feito por meio de um parafuso instalado na fenda, ou por meio dos parafusos de regulagem do porta-cossinete. Se esses parafusos não forem bem apertados, podem produzir erros no passo, porque os dentes cortam irregularmente.



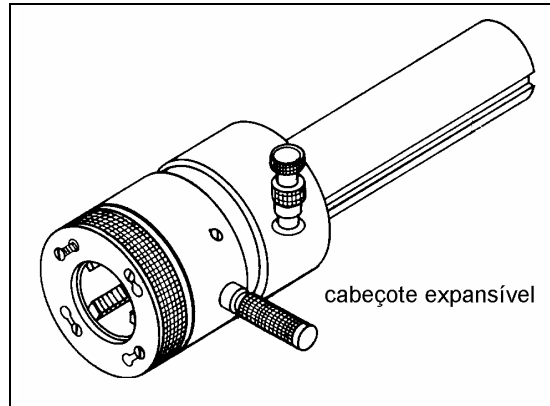
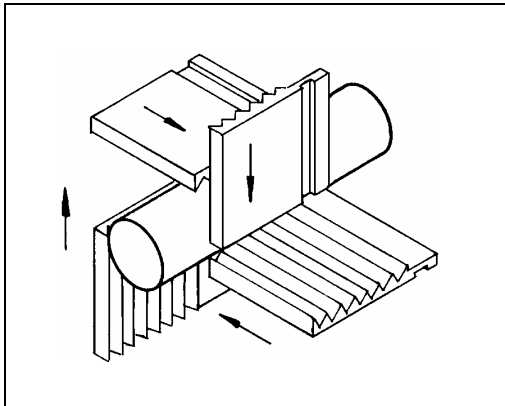
Para trabalhos de obtenção de roscas iguais e normalizadas, deve-se usar **cossinetes rígidos** ou **fechados**.

No mercado são encontrados cossinetes com **entrada corrigida**, ou seja, **helicoidal**, para roscamento em materiais de cavaco longo, para aços em geral, facilitando a saída do cavaco no sentido contrário ao do avanço da ferramenta. Isso evita o engripamento por acúmulo de cavacos nos furos. Existem também cossinetes sem entrada corrigida para materiais que apresentam cavacos curtos e quebradiços, como o latão.

O **cossinete bipartido** é uma variação dessa ferramenta. É formado por duas placas com formato especial com apenas duas arestas cortantes. Usado para fazer roscas em tubos de plástico, ferro galvanizado e cobre.



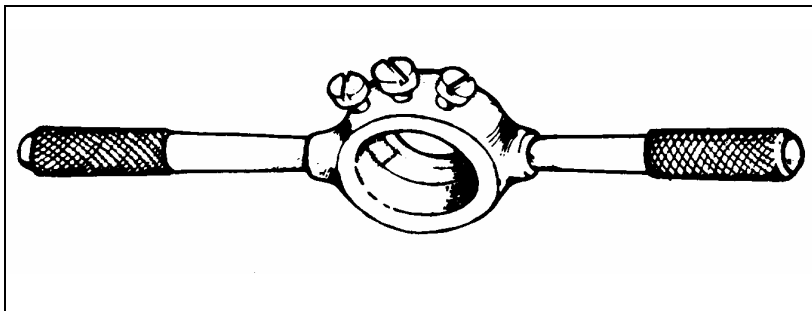
Outra variação é o **cossinete de pente**, usado no roscamento com tornos revólver e rosqueadeiras automáticas. Os pentes são montados em cabeçotes com quatro ranhuras, e aperto concêntrico e simultâneo. Isso assegura a regulação do diâmetro e a abertura brusca no fim do trabalho, a fim de liberar o pente sem voltar a ferramenta. Nas rosqueadeiras, para cada cabeçote, existe um carrinho que avança e recua a peça e que tem sistema próprio para aplicação de fluido de corte recomendado na produção de grandes quantidades de peças.



O cossinete é caracterizado por:

- sistema de rosca: métrico, Whitworth ou americano;
- passo ou número de fios por polegada;
- diâmetro nominal: gravado no corpo da ferramenta;
- sentido da rosca: à direita ou à esquerda.

Para realizar o roscamento externo manualmente, utiliza-se o porta-cossinete. Seu comprimento varia de acordo com o diâmetro do cossinete.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale com **X** a alternativa correta nas questões abaixo.
 - a) A operação que consiste em abrir roscas externas à máquina ou manualmente é realizada com:
 1. () tarraxa ou cossinete.
 2. () tarraxa ou desandador.
 3. () cossinete ou macho.
 4. () desandador ou porta-cossinete.

 - b) A finalidade do cossinete e dos machos na fabricação de peças roscadas em série é:
 1. () perfeito acoplamento e profundidade.
 2. () exatidão e ajuste em peças de aço especial.
 3. () perfeito acoplamento e intercambialidade.
 4. () exatidão e alto padrão de durabilidade.

 - c) Os cossinetes se caracterizam por:
 1. () sentido da rosca, diâmetro nominal, passo ou número de fios por polegada, comprimento da rosca, sistema de rosca.
 2. () diâmetro nominal, passo ou número de fios por polegada, diâmetro da haste, sistema de rosca.
 3. () diâmetro da haste, sentido da rosca, passo ou número de fios por polegada, sistema de rosca.
 4. () sentido da rosca, diâmetro nominal, passo ou número de fios por polegada, sistema de rosca.

2. Descreva com suas palavras a finalidade de cada um dos cossinetes relacionados abaixo.
 - a) Cossinete de pente:
 - b) Cossinete bipartido:.....
 - c) Cossinetes com estrada corrigida:
 - d) Cossinetes sem entrada corrigida:.....

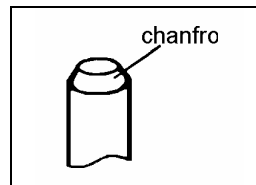
Operação de roscamento externo (manual)

O roscamento externo manual, como já dissemos, consiste em abrir rosca na superfície externa de peças cilíndricas com o uso de uma ferramenta chamada de cossinete, por meio de um movimento circular alternativo (vaivém). Essa operação consiste nas seguintes etapas:

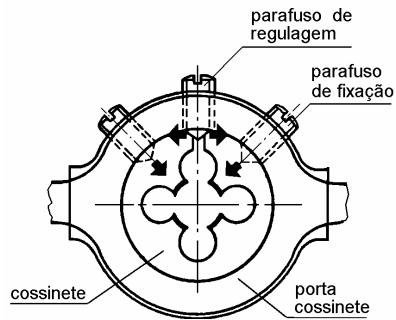
1. Preparação do material: deve-se conferir o diâmetro do material a ser roscado. O diâmetro ideal para essa operação é obtido aplicando-se a fórmula

$$\text{Diâmetro ideal do eixo} = d - \frac{\text{passo}}{5}$$

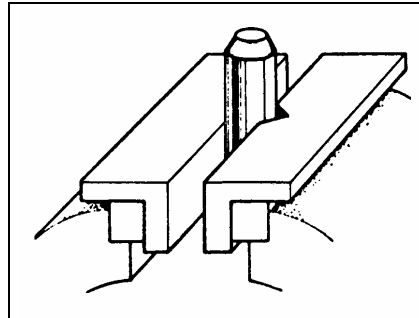
Para facilitar o início da operação, a ponta da peça cilíndrica deve ser chanfrada.



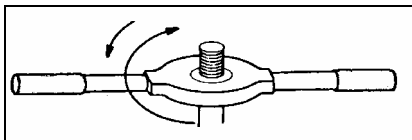
2. Marcação do comprimento da rosca.
3. Seleção do cossinete considerando o diâmetro do material e o passo (ou número de filetes) da rosca.
4. Seleção do porta-cossinete, considerando o diâmetro externo do cossinete.
5. Montagem do cossinete de modo que:
 - sua abertura coincida com o parafuso de regulagem;
 - as perfurações de sua parte externa coincidam com os parafusos de fixação do porta-cossinete.



6. Fixação da peça usando um mordente em forma de “V” para evitar que a peça gire.

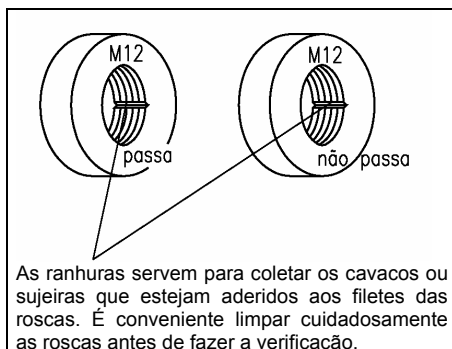


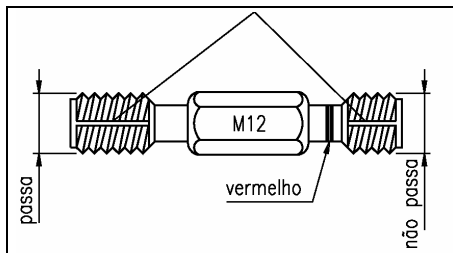
7. Abertura da rosca: iniciar a rosca girando o cossinete no sentido horário, fazendo pressão. Após a abertura de dois ou três filetes, continuar com movimentos alternativos: a cada meia-volta, voltar no sentido anti-horário para a quebra do cavaco. Para facilitar a operação, deve-se aplicar fluido de corte.



8. Verificação da rosca com um calibrador de rosca.

Para isso, retira-se o cossinete, girando-o no sentido anti-horário. Em seguida, limpa-se a rosca com um pincel para retirar os cavacos. Repassar, se necessário.





Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Ordene numerando seqüencialmente de 1 a 8 as etapas na operação de roscar com cossinete:
- seleção do porta-cossinete.
 - abertura da rosca.
 - fixação da peça.
 - preparação do material.
 - marcação do comprimento da rosca.
 - seleção do porta-cossinete.
 - montagem do cossinete.
 - verificação da rosca.

Operações com máquinas

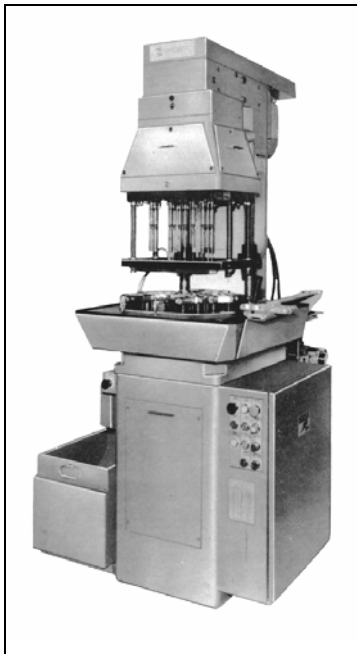
As operações manuais são sempre usadas para produzir um número limitado de peças ou para trabalhos de manutenção. Para trabalhos em série e peças de maiores diâmetros, as roscas externas e internas são produzidas em máquinas, por corte ou por compressão. Para isso, são usadas as seguintes máquinas:

- rosqueadeiras, que empregam machos de roscar e cossinetes de pente;
- laminadores de rosca nos quais se aplicam pentes e rolos;
- fresadoras para roscas, que usam fresas simples ou múltiplas para construir a rosca. A fresa simples é usada na produção de parafusos compridos e produz filete por filete. A fresa múltipla age simultaneamente em todo o comprimento do roscado;
- tornos para roscar nos quais se usam ferramentas de um só corte, cuja ponta tem o mesmo formato do vão do filete;

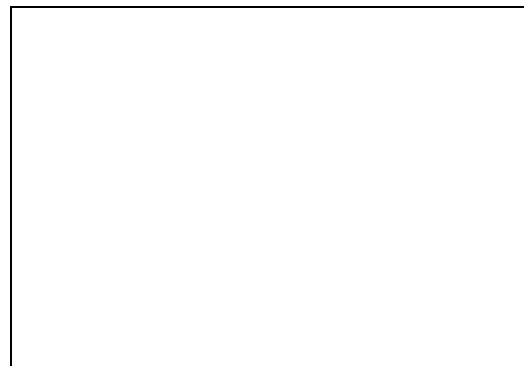
- retificadoras de roscas, nas quais se usam rebolos para dar acabamento às roscas.

A rosqueadeira que emprega machos, também chamada de **máquina de roscar**, é especialmente projetada para abrir roscas internas com machos em furos de pequeno e médio tamanho. É semelhante a uma furadeira de coluna e é equipada com mecanismo de reversão, fuso de avanço e um ou mais cabeçotes múltiplos. Algumas máquinas são dedicadas a apenas um tipo de trabalho, como abertura de roscas em porcas, por exemplo, e atingindo produções de 150 peças por minuto.

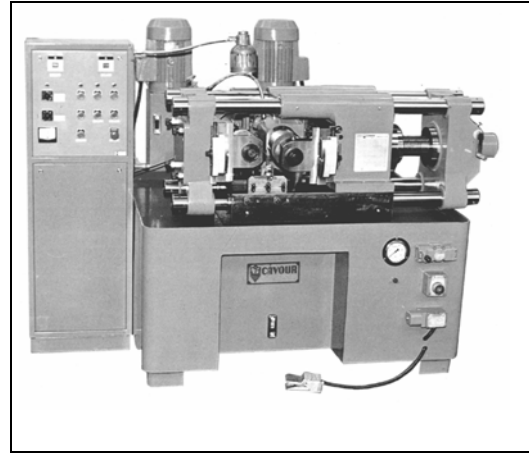
A vantagem dessa máquina é garantir a introdução contínua do macho no furo. Isso fornece uma rosca com medidas mais exatas, além de uniformidade de acabamento.



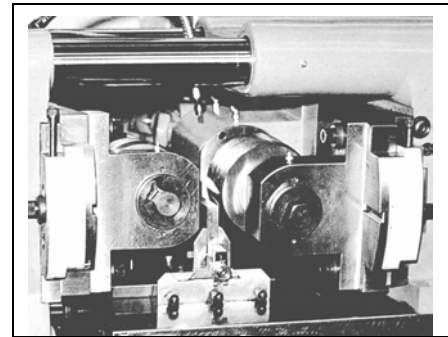
A laminadora de rosca é usada no que chamamos de roscamento por laminação. Nessa operação, o filete é formado sem retirada de material, porque o roscamento é feito por compressão do material sem formação de cavaco. Além disso, o filete obtido por esse processo é muito mais resistente do que o



feito por corte, porque a estrutura interna do material é compactada sem se romper.



A utilização desse processo é limitada ao **roscamento externo** em peças maciças e resistentes. Como o laminado aumenta o diâmetro exterior, os parafusos devem ser feitos com um diâmetro inicial menor. A ilustração ao lado mostra um detalhe dos cilindros que produzem a rosca por conformação mecânica.



Os roscamentos realizados com o torno, a fresadora e a retificadora serão estudados juntamente com as outras operações que se realizam com essas máquinas.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

4. Responda às seguintes questões.
 - a) Como acontece a conformação do filete da rosca por laminação?
 - b) Por que o filete obtido pelo processo de laminação é mais resistente do que o filete feito de corte?
 - c) Cite os processos de abertura de rosca com máquinas.
 - d) Qual a vantagem da utilização da máquina de roscar?

Gabarito

1. a) 1; b) 3; c) 4.
2. a) **Cossinete de pente:** serve para roscamento com máquina-ferramenta.
b) **Cossinete bipartido:** para fazer roscas em tubos.
c) **Cossinete com entrada corrigida:** para roscamento em materiais de cavaco longo, aços em geral.
d) **Cossinete sem entrada:** para roscamento de materiais de cavacos curtos e quebradiços.
3. a) 4; b) 7; c) 6; d) 1;
e) 2; f) 4; g) 5; h) 8.
4. a) O filete é feito por compressão e não há corte de material.
b) Porque a estrutura interna do material é compactada sem se romper.
c) As roscas internas e externas produzidas em máquinas são feitas por corte ou por compressão.
d) Garantir a introdução contínua do macho no furo, o que permite produzir roscas com medidas mais exatas e uniformidade no acabamento.
6. a) 4; b) 1; c) 2.

Por dentro do torneamento

Quando estudamos a história do homem, percebemos facilmente que os princípios de todos os processos de fabricação são muito antigos. Eles são aplicados desde que o homem começou a fabricar suas ferramentas e utensílios, por mais rudimentares que eles fossem.

Um bom exemplo é o conjunto de operações que começamos a estudar nesta aula. Ele se baseia em um princípio de fabricação dos mais antigos que existe, usado pelo homem desde a mais remota antiguidade, quando servia para a fabricação de vasilhas de cerâmica. Esse princípio serve-se da rotação da peça sobre seu próprio eixo para a produção de superfícies cilíndricas ou cônicas.

Apesar de muito antigo, pode-se dizer que ele só foi efetivamente usado para o trabalho de metais no começo deste século. A partir de então, tornou-se um dos processos mais completos de fabricação mecânica, uma vez que permite conseguir a maioria dos perfis cilíndricos e cônicos necessários aos produtos da indústria mecânica.

Para descobrir que operações são essas, estude esta aula e as próximas com bastante atenção.

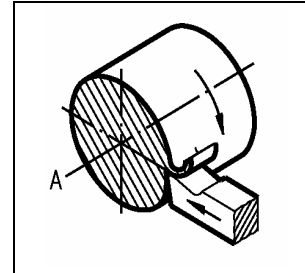
Torneamento

O processo que se baseia no movimento da peça em torno de seu próprio eixo chama-se **torneamento**. O torneamento é uma

operação de usinagem que permite trabalhar peças cilíndricas movidas por um movimento uniforme de rotação em torno de um eixo fixo.

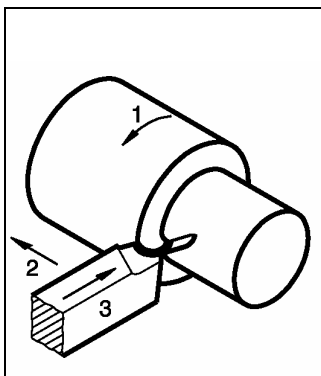
O torneamento, como todos os demais trabalhos executados com máquinas-ferramenta, acontece mediante a retirada progressiva do cavaco da peça a ser trabalhada. O cavaco é cortado por uma ferramenta de um só gume cortante, que deve ter uma dureza superior à do material a ser cortado.

No torneamento, a ferramenta penetra na peça, cujo movimento rotativo uniforme ao redor do eixo **A** permite o corte contínuo e regular do material. A força necessária para retirar o cavaco é feita sobre a peça, enquanto a ferramenta, firmemente presa ao porta-ferramenta, contrabalança a reação desta força.



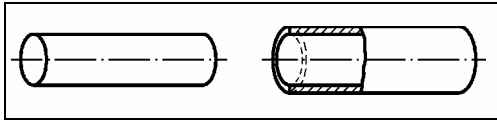
Para executar o torneamento, são necessários três movimentos relativos entre a peça e a ferramenta. Eles são:

1. Movimento de corte: é o movimento principal que permite cortar o material. O movimento é rotativo e realizado pela peça.
2. Movimento de avanço: é o movimento que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.
3. Movimento de penetração: é o movimento que determina a profundidade de corte ao empurrar a ferramenta em direção ao interior da peça e assim regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco.

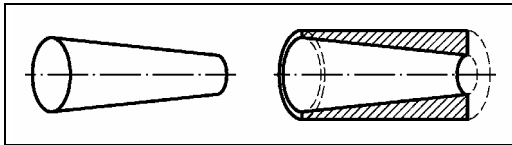


Variando os movimentos, a posição e o formato da ferramenta, é possível realizar uma grande variedade de operações:

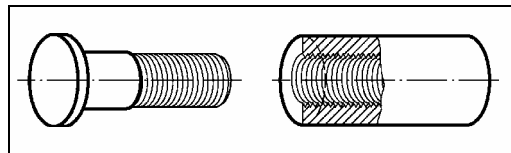
a) Tornear superfícies cilíndricas externas e internas.



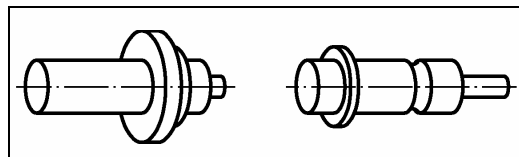
b) Tornear superfícies cônicas externas e internas.



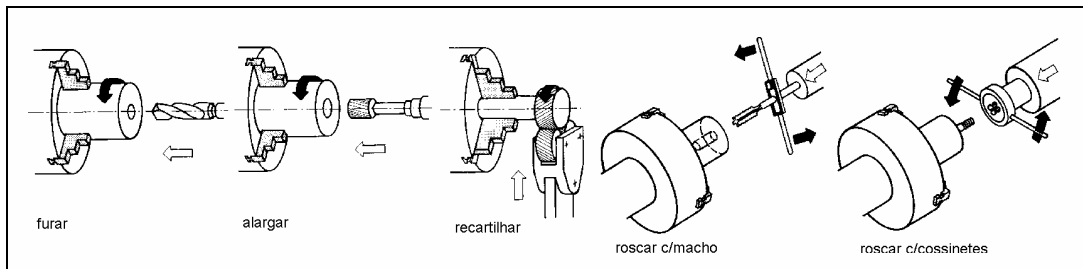
c) Roscar superfícies externas e internas.



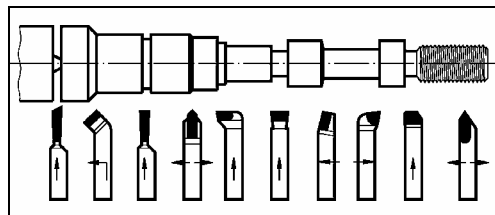
d) Perfilar superfícies.



Além dessas operações, também é possível furar, alargar, recartilhar, roscar com machos ou cossinetes, mediante o uso de acessórios próprios para a máquina-ferramenta.



A figura ao lado ilustra o perfil de algumas ferramentas usadas no torneamento e suas respectivas aplicações.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

1. Assinale a alternativa correta.

a) A operação de usinagem que permite trabalhar peças por meio de um movimento de rotação em torno de um eixo é chamada de:

1. () fresagem
2. () furação
3. () torneamento
4. () alargamento

b) Os movimentos relativos entre a peça e a ferramenta durante o torneamento são:

1. () movimento de corte, movimento radial, movimento de avanço.
2. () movimento de avanço, movimento lateral, movimento de corte.
3. () movimento de corte, movimento de penetração, movimento de avanço.
4. () movimento linear, movimento de penetração, movimento de corte.

2. Faça corresponder os itens da coluna **A** (denominação) com os da coluna **B** (descrição do movimento).

Coluna A

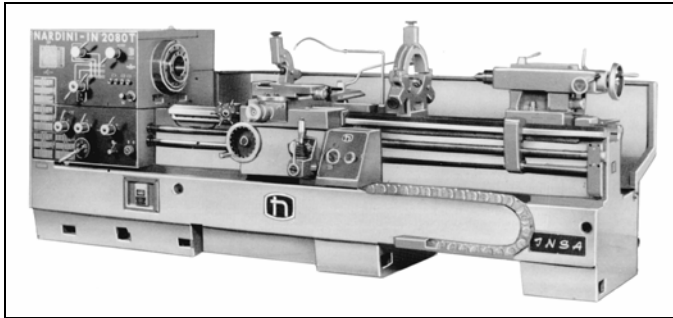
- a) () Movimento de corte
- b) () Movimento de avanço
- c) () Movimento de penetração

Coluna B

1. Movimento que determina a profundidade do corte.
2. Movimento da peça perpendicular ao eixo.
3. Movimento retilíneo que desloca a ferramenta ao longo da superfície da peça.
4. Movimento rotativo realizado pela peça. Permite cortar o material.

A máquina de torneiar

A máquina que faz o torneamento é chamada de **torno**. É uma máquina-ferramenta muito versátil porque, como já vimos, além das operações de torneamento, pode executar operações que normalmente são feitas por outras máquinas como a furadeira, a fresadora e a retificadora, com adaptações relativamente simples.

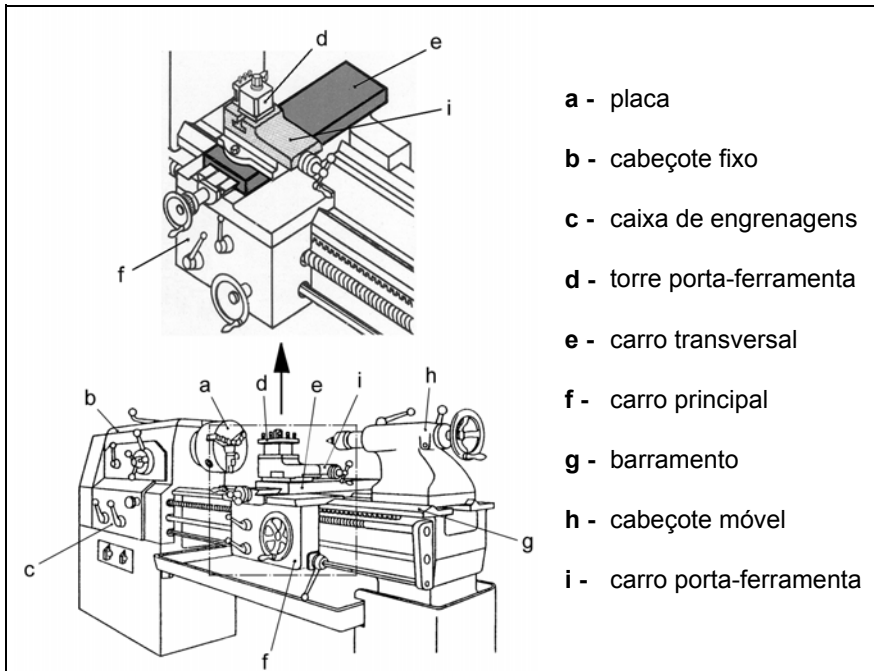


O torno mais simples que existe é o torno **universal**. Estudando seu funcionamento, é possível entender o funcionamento de todos os outros, por mais sofisticados que sejam. Esse torno possui eixo e barramento horizontais e tem a capacidade de realizar todas as operações que já citamos.

Assim, basicamente, todos os tornos, respeitando-se suas variações de dispositivos ou dimensões exigidas em cada caso, são compostos das seguintes partes:

1. **Corpo da máquina:** barramento, cabeçote fixo e móvel, caixas de mudança de velocidade.
2. **Sistema de transmissão de movimento do eixo:** motor, polia, engrenagens, redutores.
3. **Sistemas de deslocamento da ferramenta e de movimentação da peça em diferentes velocidades:** engrenagens, caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos, vara etc.
4. **Sistemas de fixação da ferramenta:** torre, carro porta-ferramenta, carro transversal, carro principal ou longitudinal e **da peça:** placas, cabeçote móvel.

5. Comandos dos movimentos e das velocidades: manivelas e alavancas.



Essas partes componentes são comuns a todos os tornos. O que diferencia um dos outros é a capacidade de produção, se é automático ou não, o tipo de comando: manual, hidráulico, eletrônico, por computador etc.

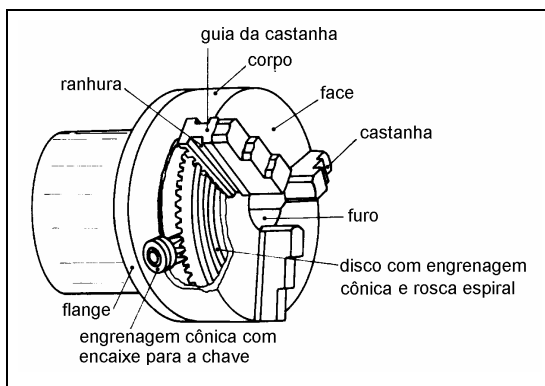
Nesse grupo se enquadram os tornos revólver, copiadores, automáticos, por comando numérico ou por comando numérico computadorizado.

Antes de iniciar qualquer trabalho de torneamento, deve-se proceder à lubrificação das guias, barramentos e demais partes da máquina conforme as orientações do fabricantes. Com isso, a vida útil da máquina é prolongada, pois necessitará apenas de manutenções preventivas e não corretivas.

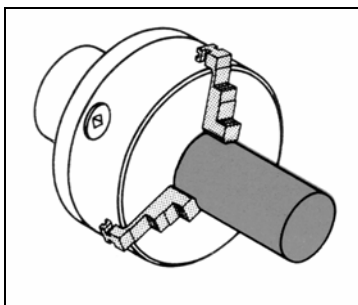
Prendendo a peça

Para realizar o torneamento, é necessário que tanto a peça quanto a ferramenta estejam devidamente fixadas. Quando as peças a serem torneadas são de pequenas dimensões, de formato cilíndrico ou hexagonal regular, elas são presas por meio de um acessório chamado de **placa universal de três castanhas**.

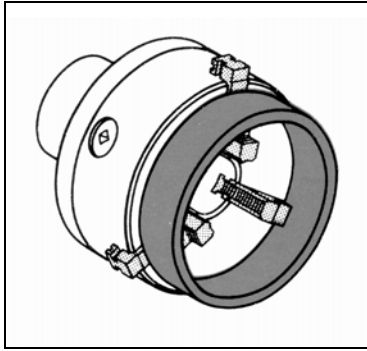
A peça é presa por meio de três castanhas, apertadas simultaneamente com o auxílio de uma chave. Cada castanha apresenta uma superfície raiada que melhora a capacidade de fixação da castanha em relação à peça. De acordo com os tipos peças a serem fixadas, as castanhas podem ser usadas de diferentes formas.



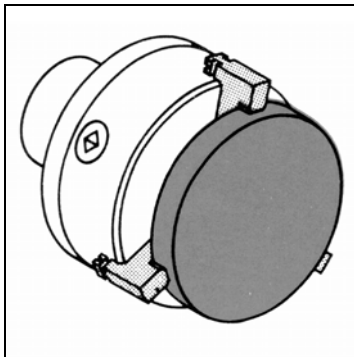
1. Para peças cilíndricas maciças como eixos, por exemplo, a fixação é feita por meio da parte raiada interna das castanhas voltada para o eixo da placa universal.



2. Para peças com formato de anel, utiliza-se a parte raiada externa das castanhas.



3. Para peças em forma de disco, as castanhas normais são substituídas por castanhas invertidas.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

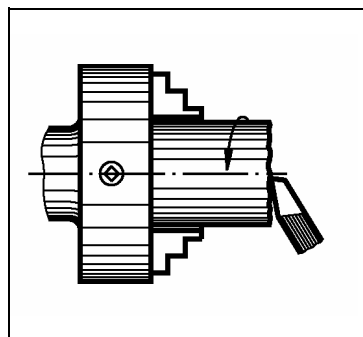
3. Responda.
- a) Cite operações que podem ser feitas com um torno e que são normalmente executadas por outras máquinas.
 - b) Como se utiliza a placa universal de três castanhas para a fixação de:
 1. Peças com formato de anel.....
.....
 2. Peças maciças em forma de disco
.....
 3. Peça cilíndricas (eixos) maciças
.....
4. Complete as lacunas das afirmativas a seguir.

- a) O corpo de um torno mecânico é composto de , fixo e móvel e
- b) O motor, a polia, engrenagens e redutores são componentes do
- c) As engrenagens, a caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos e vara fazem parte do
- d) O sistema de fixação da ferramenta compõe-se de: torre, carro, carro e carro
- e) O sistema de fixação da peça é composto de e
- f) As manivelas e alavancas são os comandos dos e das

Torneamento: primeira família de operações

A produção de peças na indústria mecânica é feita em várias etapas. Ela pode começar na fundição, continuar na laminação, passar pelo corte, pela furação... Quando se prepara material para torneamento, certamente ele terá passado por uma operação anterior de corte como a que já estudamos na Aula 25 deste livro. Naquela aula, você aprendeu que o corte tem que prever sobre-metal suficiente para as operações que virão depois. Por isso, as medidas de uma barra cortada nunca têm a exatidão e a qualidade de acabamento da peça pronta.

A primeira operação do torneamento é, pois, fazer no material uma superfície plana perpendicular ao eixo do torno, de modo que se obtenha uma face de referência para as medidas que derivam dessa face. Essa operação se chama **facear**.

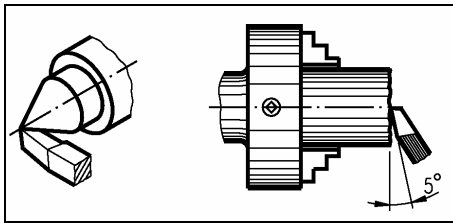


Segurança em primeiro lugar

Antes de iniciar qualquer operação no torno, lembre-se sempre de usar o equipamento de proteção individual (EPI): óculos de segurança, sapatos e roupas apropriados, e rede para prender os cabelos, se necessário. Além disso, o operador de máquinas não pode usar anéis, alianças, pulseiras, correntes e relógios que podem ficar presos às partes móveis da máquina, causando acidente.

A operação de facear prevê as seguintes etapas:

1. Fixação da peça na placa universal, deixando livre a quantidade suficiente de material para ser torneado. O material deve estar bem centrado.
2. Fixação da ferramenta de modo que a ponta da ferramenta fique na altura do centro do torno. Para isso, usa-se a contra-ponta como referência. Deve-se também observar que a ferramenta deve ficar em ângulo em relação à face da peça.



3. Aproximação da ferramenta à peça, deslocando o carro principal e fixando-o por meio da porca de aperto.

Recordar é aprender

Como você já deve ter estudado no módulo de Cálculo Técnico, para calcular a rpm a partir da velocidade de corte (dado de tabela), usa-se a fórmula:

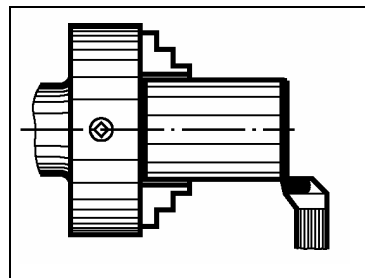
$$n = \frac{vc \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

4. Seleção da rotação do torno após consulta à tabela de velocidade de corte.
5. Acionamento do torno.

6. Execução do faceamento:

- a) A ferramenta deve tocar na parte mais saliente da face do material. Essa é a referência para zerar o anel graduado.
- b) Em seguida, com a máquina ligada, avança-se a ferramenta até o centro do material e após fazê-la penetrar no material aproximadamente 0,2 mm, desloca-se lentamente a ferramenta até a periferia da peça. Isso deve ser repetido aumentando a profundidade de corte até que o faceamento termine.

Essa operação de facear é realizada do centro para a periferia da peça. É possível também facear partindo da periferia da peça para seu centro. Todavia, é preciso usar uma ferramenta específica, semelhante à mostrada ao lado.

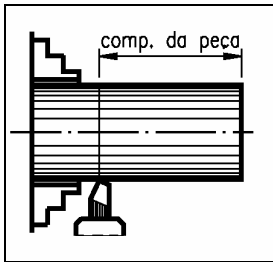


Depois do faceamento, pode-se executar o **torneamento de superfície cilíndrica externa**, que é muito semelhante à operação anterior. É uma operação que consiste em dar um formato cilíndrico a um material em rotação submetido à ação de uma ferramenta de corte.

Essa operação é uma das mais executadas no torno e tem a finalidade de produzir eixos e buchas ou preparar material para outras operações. Sua execução tem as seguintes etapas:

1. Fixação da peça, deixando livre um comprimento maior do que a parte que será torneada, e centralizando bem o material.
2. Montagem da ferramenta no porta-ferramentas com os mesmos cuidados tomados na operação de facear.
3. Regulagem do torno na rotação adequada, consultando a tabela específica.

4. Marcação, no material, do comprimento a ser torneado. Para isso, a ferramenta deve ser deslocada até o comprimento desejado e a medição deve ser feita com paquímetro. A marcação é feita acionando o torno e fazendo um risco de referência.



5. Determinação da profundidade de corte:
- Ligar o torno e aproximar a ferramenta até marcar o início do corte no material.
 - Deslocar a ferramenta para fora da peça.
 - Zerar o anel graduado e fazer a ferramenta penetrar no material a uma profundidade suficiente para remover a casca do material.
6. Execução do torneamento:
- Fazer um rebaixo inicial.
 - Deslocar a ferramenta para fora da peça.
 - Desligar a máquina.
 - Verificar o diâmetro obtido no rebaixo.
 - Tornear completando o passe até o comprimento determinado pela marca. **Observação:** Deve-se usar fluido de corte onde for necessário.
 - Repetir quantas vezes for necessário para atingir o diâmetro desejado.

As operações que estudamos nesta aula são as mais básicas no torneamento. Com elas, você já pode obter peças cilíndricas com as faces planas, como um eixo, por exemplo. Essa peça permite que você execute todas as outras operações de torneamento que existem.

Nas próximas aulas continuaremos com esse assunto. Antes de terminar, é importante lembrar que um bom profissional cuida bem de sua máquina e mantém seu local de trabalho sempre limpo e organizado.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

5. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Como se toma referência para zerar o anel graduado?
 - b) Do que consiste a operação de torneamento de superfície cilíndrica externa?
 - c) Para que serve a operação de facear?

6. Ordene, numerando de 1 a 6, a seqüência correta de etapas do torneamento cilíndrico externo.
 - a) () Determinação da profundidade de corte.
 - b) () Montagem da ferramenta no porta-ferramentas.
 - c) () Fixação da peça.
 - d) () Execução do torneamento do diâmetro externo.
 - e) () Regulagem da rotação adequada do torno.
 - f) () Marcação do comprimento a ser torneado.

Gabarito

1. a) 3; b) 3.

2. a) 4; b) 3; c) 1.

3. a) Furar, roscar com machos ou cossinetes, alargar.
b) 1. Para a fixação de peças com formatos de anel, usa-se a parte raiada externa das castanhas.
2. Para fixar peças maciças em forma de disco, usam-se castanhas invertidas.
3. Para fixar peças cilíndricas, usa-se as partes raiadas da castanha voltadas para o eixo da placa universal.

4. a) Barramento; cabeçotes; caixas.
b) Sistema de transmissão de movimento do eixo.
c) Sistema de deslocamento de ferramentas e de movimentação da peça.
d) Porta-ferramenta; transversal; principal.
e) Placas e cabeçote móvel.
f) Movimentos; velocidades.

5. a) Isso é feito com a ferramenta tocando a superfície mais saliente do material.
b) Essa operação é uma das mais executadas no torno e consiste em dar um formato cilíndrico a um material em rotação submetido à ação de uma ferramenta de corte.
c) Essa operação serve para fazer no material uma superfície perpendicular ao eixo do torno, de modo que se obtenha uma face de referência para as medidas que derivam dessa face.

6. a) 5; b) 2; c) 1;
d) 6; e) 3; f) 4.

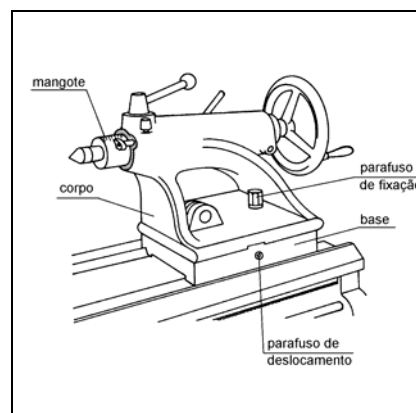
Esse torno só dá furo!

Na aula sobre furação, você aprendeu que os materiais são furados com o uso de furadeiras e brocas. Isso é produtivo e se aplica a peças planas. Quando é preciso furar peças cilíndricas, as dificuldades aparecem. Embora seja possível furar uma peça cilíndrica com a furadeira, isso requer dispositivos especiais de fixação, além do fato de ser difícil estabelecer seu centro para fazer o furo.

O torno aparece, então, como o equipamento ideal para abrir furos centrados em peças cilíndricas, não só para a obtenção do próprio furo, mas também como uma operação intermediária para realizar outras. Aí, o torno só dá furo. Nesta aula você vai aprender como.

Fixando a ferramenta

Na operação de facear, você estudou que a ferramenta é fixada no porta-ferramenta que se movimenta perpendicularmente ao eixo da peça para executar o corte. Para operações de furar no torno, usa-se a broca e não uma ferramenta de corte como as que você viu na aula anterior. Para fixar a ferramenta para furar, escarear, alargar e roscar, usa-se o **cabeçote móvel**.

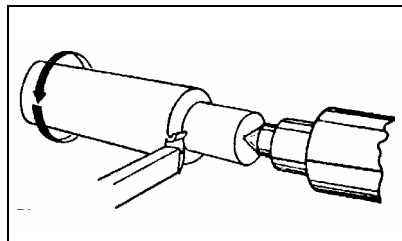


O cabeçote móvel é a parte do torno que se desloca sobre o barramento. É composto por:

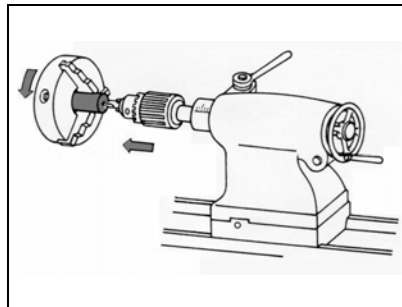
- base: apóia-se no barramento e serve de apoio para o corpo;
- corpo: suporta os mecanismos do cabeçote móvel. Pode ser deslocado lateralmente para permitir o alinhamento ou desalinhamento da contraponta;
- mangote: que aloja a contraponta, mandril ou outras ferramentas para furar, escarear, alargar ou roscar. É fixado por meio de uma trava e movimentado por um eixo roscado acionado por um volante. Possui um anel graduado que permite controlar a profundidade do furo, por exemplo;
- parafusos de fixação e deslocamento do cabeçote móvel.

O cabeçote móvel tem as seguintes funções:

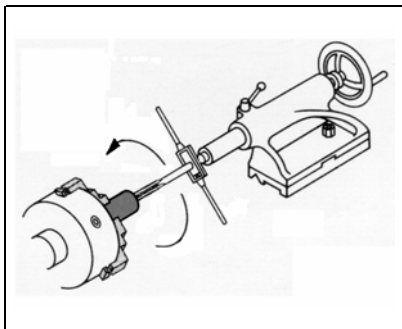
1. Serve de suporte à contraponta, destinada a apoiar uma das extremidades da peça a ser torneada.



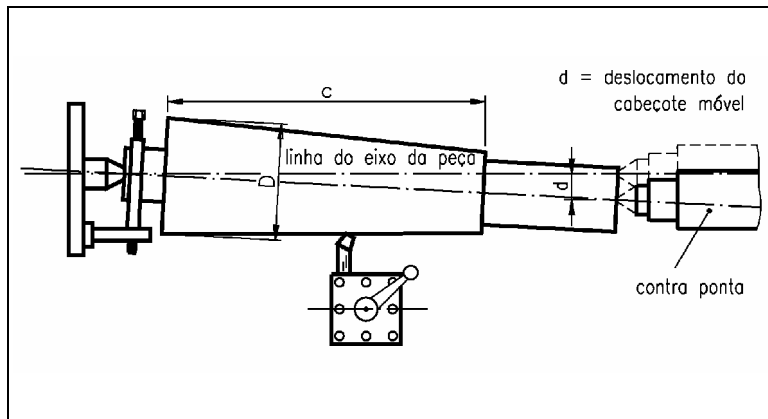
2. Serve para fixar o mandril de haste cônica usado para prender brocas, escareadores, alargadores, machos.



3. Serve de suporte direto para ferramentas de corte de haste cônica como brocas e alargadores. Serve também de apoio para operações de roscamento manual.



4. Serve para deslocar a contraponta lateralmente, para o torneamento de peças longas de pequena coincidência.



As operações que podem ser realizadas com o auxílio do cabeçote móvel serão explicadas na próxima parte desta aula. Antes de prosseguir, faça os exercícios.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

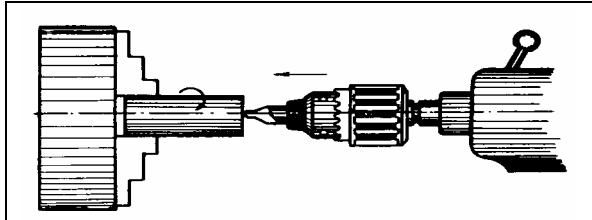
1. Responda às questões abaixo:
 - a) Qual a máquina ideal a ser utilizada para abrir furos centrados em peças cilíndricas?
 - b) Qual o componente do torno que é utilizado para fixar mandril, brocas de haste cônica, alargadores, contraponta etc.?

2. Descreva as funções das partes de que se compõe o cabeçote móvel.
 - a) mangote:.....
 - b) base:
 - c) parafusos de fixação:
 - d) corpo:

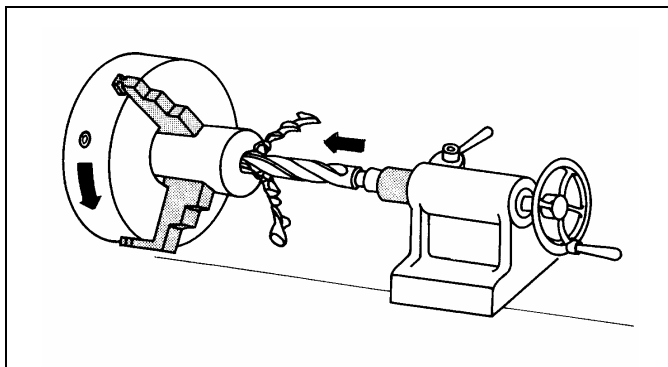
Furando com o torno

O torno permite a execução de furos para:

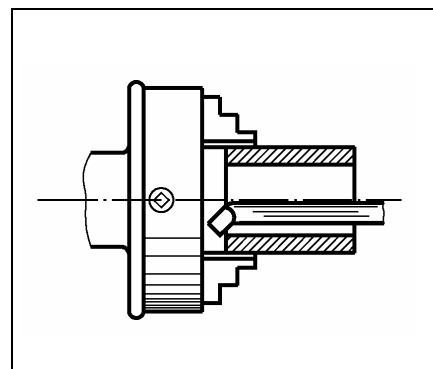
- a) Abrir furos de forma e dimensões determinadas, chamados de **furos de centro**, em materiais que precisam ser trabalhados entre duas pontas ou entre a placa e a ponta. Esse tipo de furo também é um passo prévio para se fazer um furo com broca comum.



- b) Fazer um furo cilíndrico por deslocamento de uma broca montada no cabeçote e com o material em rotação. É um furo de preparação do material para operações posteriores de alargamento, torneamento e roscamento internos.



- c) Fazer uma superfície cilíndrica interna, passante ou não, pela ação de uma ferramenta deslocada paralelamente ao eixo do torno. Essa operação é conhecida também como **broqueamento**. Com ela, obtém-se furos cilíndricos com diâmetros exatos em buchas, polias, engrenagens e outras peças.



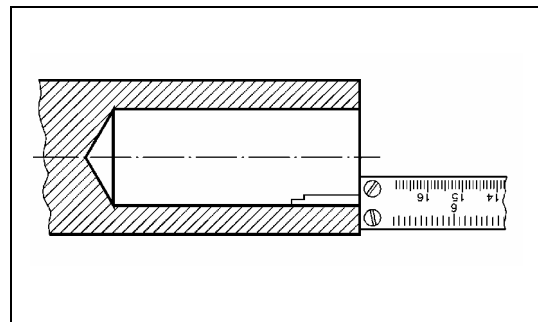
Vamos imaginar então, que sua tarefa seja preparar material para uma operação posterior de broqueamento. Para fazer isso, você terá que seguir as seguintes etapas:

1. Centralização e fixação da peça.
2. Execução de faceamento para obter o perfil na medida desejada.
3. Fixação da broca de centrar com o mandril. Ao colocar o mandril no mangote, deve-se observar se os cones estão perfeitamente limpos. Limpe, se necessário.
4. Deslocamento do cabeçote para aproximar a broca do material.
5. Fixação do cabeçote na posição correta.
6. Ajuste da rpm e acionamento do torno.
7. Execução do furo de centro: para fazer a broca penetrar no material, o volante do cabeçote deve ser acionado com movimentos lentos e uniformes e os seguintes cuidados devem ser tomados:
 - A broca de centro deve estar alinhada com o eixo do material. A correção do desalinhamento é feita por meio dos parafusos de regulação do cabeçote.
 - Deve-se usar fluido de corte adequado ao material e à operação.
 - Durante a operação, a broca é afastada para permitir a saída dos cavacos e a limpeza, que deve ser feita com um pincel.

Se o objetivo for obter apenas um **furo de centro**, para prender a peça na contraponta, a operação pára aqui. Se o objetivo for obter um furo para fazer um rebaixo interno, por exemplo, continua-se a operação:

8. Após obter a medida desejada para o furo de centro, trocar a broca para fazer o furo para o broqueamento. Isso implica verificar o diâmetro da broca com o paquímetro, medindo sobre as guias, sem girá-la. Furos maiores que 12 mm devem ser precedidos de uma furação com diâmetro menor do que o furo que se quer obter.
9. Fixação da broca, que pode ser feita no mandril ou diretamente no cone do mangote. No caso de brocas de haste cônica, pode ser necessário também o uso de uma bucha de redução no cone morse.

10. Determinação da rpm de acordo com o material e a medida da broca a ser usada.
11. Aproximação do cabeçote móvel de modo que a ponta da broca fique a uma distância aproximada de 10 mm do material.
12. Fixação do cabeçote na posição correta.
 - O mangote deve ficar o máximo possível dentro de seu alojamento para evitar oscilação excessiva.
13. Acionamento do torno e execução do furo na peça.
 - A broca deve ser retirada do furo freqüentemente com o torno ligado para ajudar na saída do cavaco.
 - O fluido de corte deve ser adequado à operação e ao material a ser usinado.
 - Para furos não-passantes, a profundidade do furo deve ser controlada por meio de paquímetro ou pelo anel graduado do cabeçote móvel. Na verificação da profundidade do furo, não se deve levar em conta a parte cônica da ponta da broca.



Pare! Estude! Responda!

Exercício

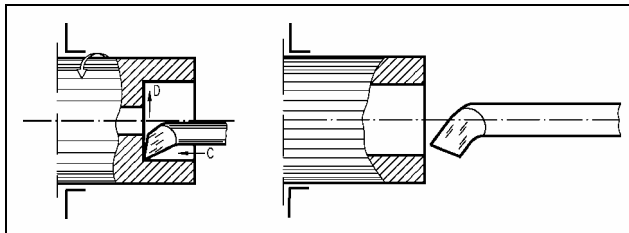
3. Cite os tipos de operações que são executados no torno após a furação.
4. Ordene, numerando de 1 a 7, as etapas para fazer furo de centro de uma peça:
 - a) () fixação da broca de centrar.
 - b) () deslocamento do cabeçote, aproximando a broca do material.
 - c) () ajuste da rpm e acionamento do torno.
 - d) () fixação do cabeçote na posição correta.
 - e) () execução do furo.
 - f) () centralização e fixação da peça.
 - g) () execução do faceamento.

5. Preencha as lacunas das alternativas abaixo:

- a) Verifique o diâmetro da com o paquímetro medindo nas sem girá-las.
- b) Antes de iniciar a operação de selecione a rpm em função do a ser trabalhado e do da broca.
- c) A aproximação do móvel deve manter, em relação à ponta da , uma distância de cerca de mm do material antes de ser fixado.
- d) Para facilitar a saída do cavaco, a broca deve ser retirada freqüentemente do com o em funcionamento.
- e) Para furos não-passantes, a do deve ser verificada com paquímetro ou controlada pelo graduado do volante do

Torneando rebaixo interno

Depois de fazer o furo, você pode, por exemplo, fazer um **rebaixo interno**, ou **broqueamento**. Para isso, você deve usar ferramentas especiais:

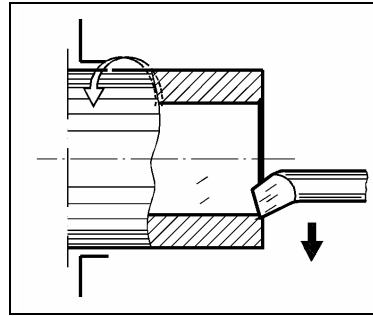


Depois de facear e fazer um furo com diâmetro suficiente para a entrada da ferramenta, as etapas da operação de broqueamento são as seguintes:

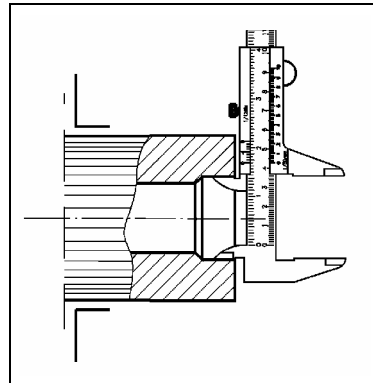
1. Montagem da ferramenta, deixando para fora do porta-ferramenta um comprimento suficiente para que, no furo passante ou no não-passante, o porta-ferramentas fique a uma distância segura da peça. O corpo da ferramenta deve estar paralelo ao eixo do torno e sua ponta, na altura do centro.

2. Fixação da ferramenta.
3. Preparação do torno: escolha de rpm e avanço da ferramenta.
4. Acionamento do torno.

5. Início do torneamento: fazer a ferramenta penetrar no furo e deslocá-la transversalmente até que a ponta toque na peça.



6. Torneamento de um rebaixo na boca do furo para servir como base para a medição.
7. Medição com paquímetro: para isso, deve-se parar o torno, afastar a ferramenta no sentido longitudinal e medir.



8. Realização do torneamento executando o número de passes necessários até obter um diâmetro 0,2 mm menor que o final, para o acabamento.
9. Finalização do torneamento. Nessa última etapa, pode-se trocar ou afiar a ferramenta, se for necessário um melhor acabamento.
 - O avanço deve ser compatível com a operação de acabamento.
10. Execução de rebaixo com a profundidade final e verificação da medida.
11. Término do passe. No caso do rebaixo não-passante, deve-se toronar primeiro o diâmetro e, em seguida, facear na profundidade requerida.
12. Verificação das medidas finais: os furos, conforme a precisão exigida devem ser verificados com paquímetro, com micrômetro interno, com calibrador-tampão ou com a peça que entrará no furo.

Como operação final ou intermediária, a furação no torno é uma operação muito usada. Faça agora os exercícios e prepare-se para a próxima aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

6. Seqüencie, numerando de 1 a 12, as etapas da operação de broqueamento:
- a) () fixação da ferramenta.
 - b) () início do torneamento.
 - c) () finalização do torneamento.
 - d) () término do passe.
 - e) () execução do torneamento do rebaixo inicial, base para medição.
 - f) () acionamento do torno.
 - g) () preparação do torno.
 - h) () verificação das medidas finais.
 - i) () montagem da ferramenta.
 - j) () medição com o paquímetro.
 - k) () realização do torneamento.
 - l) () execução do rebaixo com a profundidade final e verificação da medida.

Gabarito

1. **a)** Torno **b)** Cabeçote móvel
2. **a)** Alojamento a contraponta, mandril ou outras ferramentas para furar, escarear, alargar ou roscar.
b) Serve de apoio para o corpo.
c) Serve para fixação e deslocamento do cabeçote móvel.
d) Dá suporte aos mecanismos do cabeçote móvel e permite o alinhamento ou o deslocamento da contraponta.
3. **a)** Abrir furos de forma e dimensões determinadas, chamados de furos de centro; fazer furo cilíndrico com broca; fazer broqueamento.
4. **a)** 3; **b)** 4; **c)** 6; **d)** 5;
e) 7; **f)** 1; **g)** 2.
5. **a)** Broca; guias. **b)** Furar no torno; material; diâmetro.
c) Cabeçote; broca; 10. **d)** Furo; torno. **e)** Profundidade; furo; anel; cabeçote móvel.
6. **a)** 2; **b)** 5; **c)** 9; **d)** 11; **e)** 6;
f) 4; **g)** 3; **h)** 12; **i)** 1; **j)** 7;
k) 8; **l)** 10.

As operações de tornear superfícies cilíndricas ou cônicas, embora simples e bastante comuns, às vezes apresentam algumas dificuldades.

É o que acontece, por exemplo, com peças longas que se fossem presas somente pela placa universal se flexionariam por causa da pressão da ferramenta.

Para resolver esse problema, os tornos apresentam uma série de acessórios que permitem que a peça seja torneada sem o inconveniente já citado.

Esses acessórios, suas características, utilização e as operações que podem ser realizadas com eles, são os assuntos desta aula.

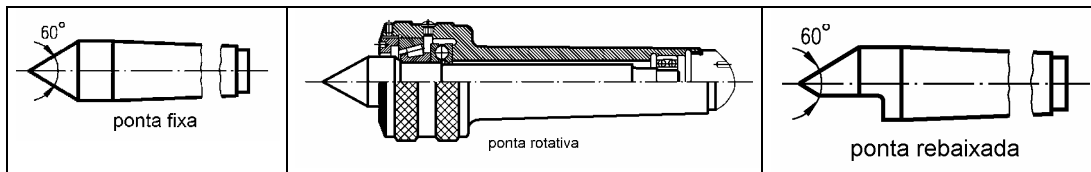
Acessórios em ação

O torno tem vários tipos de acessórios que ajudam a prender as peças de maior comprimento: pontas, contrapontas, placas arrastadoras e arrastador, lunetas fixas e móveis.

As **pontas** e **contrapontas** são cones duplos retificados de aço temperado cujas extremidades se adaptam ao centro da peça a ser torneada para apoiá-la.

A contraponta é montada no mangote do cabeçote móvel, padronizado pelo sistema morse, com um cone de 60° . Recebe esse

nome porque está montada em uma posição oposta à uma placa arrastadora com ponta. É apresentada em vários tipos:



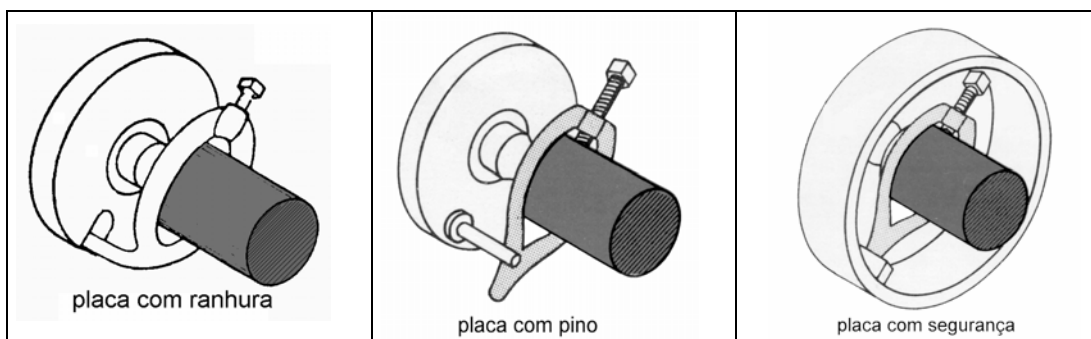
Dica tecnológica

Nos catálogos de fabricantes, as pontas e contrapontas recebem o nome genérico de ponta.

- ponta fixa;
- ponta rotativa: reduz o atrito entre a peça e a ponta, pois gira suavemente e suporta esforços radiais e axiais, ou longitudinais;
- ponta rebaixada: facilita o completo faceamento do topo.

A ponta é semelhante à contraponta fixa e é montada no eixo principal do torno por meio da placa arrastadora.

A **placa arrastadora** é um acessório que transmite o movimento de rotação do eixo principal às peças que devem ser torneadas entre pontas. Tem o formato de disco, possui um cone interior e uma rosca externa para fixação. As placas arrastadoras podem ser:



Em todas as placas usa-se o **arrastador** que é firmemente preso à peça, transmitindo-lhe o movimento de rotação, funcionando como órgão intermediário.

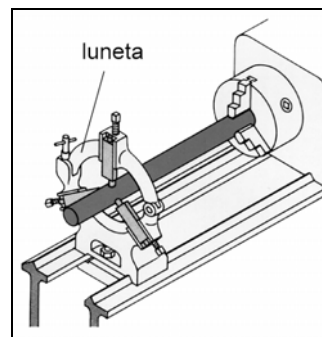
Os arrastadores podem ser de vários tipos:



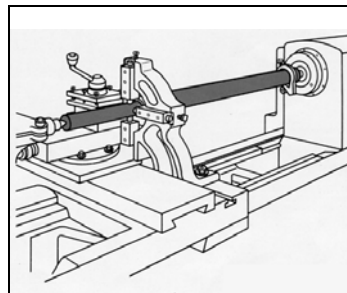
- arrastador de haste reta: é o mais empregado na placa com pino e na placa com dispositivo de segurança;
- arrastador de haste curva: é empregado com a placa com ranhura;
- arrastador com dois parafusos: indicado para suportar esforços em usinagem de passes profundos.

A **luneta** é outro dos acessórios usados para prender peças de grande comprimento e finas que, sem esse tipo de suporte adicional, tornariam a usinagem inviável, por causa da vibração e flexão da peça devido ao grande vão entre os pontos. A luneta pode ser fixa ou móvel.

A **luneta fixa** é presa no barramento e possui três castanhas reguláveis por parafusos e a parte da peça que nela se apoia deve estar previamente torneada. Se a peça não puder ser torneada antes, o apoio deve ser lubrificado.



A **luneta móvel** geralmente possui duas castanhas. Ela apoia a peça durante todo o avanço da ferramenta, pois está fixada no carro do torno.



Esses acessórios permitem a realização de várias operações. Elas serão apresentadas na próxima parte da aula.

Pare! Estude! Responda!

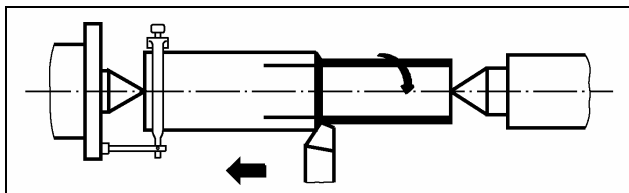
Exercícios

1. Responda às seguintes questões.
 - a) Cite pelo menos quatro tipos de acessórios empregados no torno mecânico que são utilizados para usinagem de peças longas e de formatos especiais.
 - b) Qual a função da contraponta rebaixada?
 - c) Qual a vantagem do uso do ponta rotativa?
 - d) Que tipo de acessório do torno é utilizado para transferir movimento de rotação às peças a serem torneadas entre pontas?
 - e) Qual o órgão intermediário entre a peça e a placa arrastadora, indispensável para transmissão de rotação.
2. Escreva os nomes dos tipos de arrastadores utilizados conforme as funções relacionadas a seguir.
 - a) Utilizado na placa com pino e placa de segurança:.....
.....
 - b) Utilizado com placa de ranhura:.....
 - c) Utilizado para suportar usinagem de grandes esforços:.....

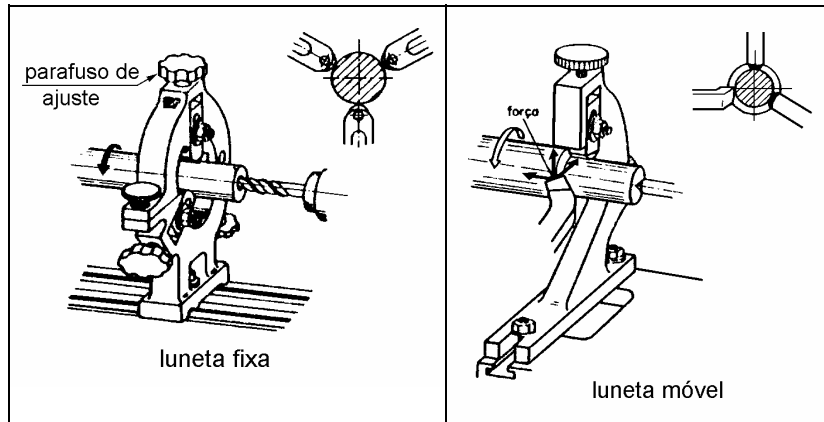
Usando os acessórios

Com os acessórios que você estudou na primeira parte desta aula, é possível realizar as seguintes operações:

1. Tornear superfície cilíndrica com placa universal de três castanhas e ponta, ou entre pontas, ou seja, placa arrastadora e contraponta: é usada para o torneamento de superfícies externas de peças de menores diâmetros.

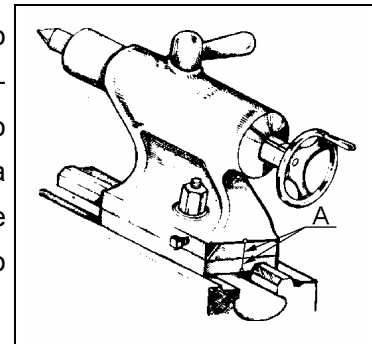


2. Tornear superfícies cilíndricas com luneta fixa ou móvel, podendo ser realizada em torneamentos externos e internos. Pode trabalhar peças de maiores diâmetros.



Então, vamos dizer, por exemplo, que você tenha que tornear um eixo de um metro de comprimento. Por ser uma peça longa e de pequeno diâmetro, você deverá torneá-la fixando-a por meio de uma placa universal e de uma ponta. Esta operação obedecerá as seguintes etapas:

1. Preparação do material: o material deve ser faceado e ter o furo de centro feito com a broca de centrar.
2. Fixação da peça na placa universal com aperto suave.
- 3 Aproximação da contraponta pelo deslocamento do cabeçote móvel; centralização da contraponta e fixação do cabeçote. A ponta do mangote deve ficar o mínimo possível fora do mangote. O alinhamento da contraponta deve ser verificado por meio da marca de referência no próprio cabeçote móvel (A) ou por meio do uso de relógio comparador.



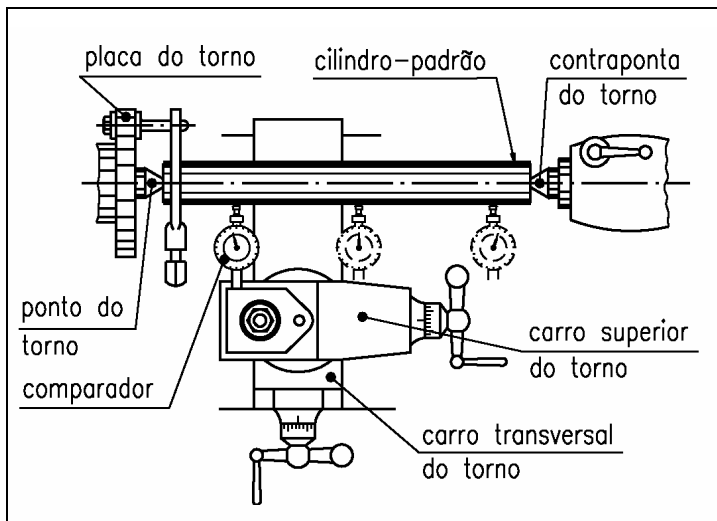
Dica tecnológica

O atrito gerado na **ponta fixa** provoca dilatação da peça. Isso pode causar deformações na peça, afetar a têmpera das pontas e danificar o torno, porque a peça está presa sem folga. Para evitar esse inconveniente, deve-se lubrificar o furo de centro e a ponta com graxa de boa aderência tipo EP.

A ponta rotativa não precisa dessa providência.

4. Verificação da centralização do material e fixação definitiva da peça na placa universal.
5. Fixação da ferramenta.
6. Escolha da rpm adequada e acionamento do torno para verificar o paralelismo, ou seja, tomar referência nas extremidades da peça que devem apresentar a mesma profundidade de corte nos respectivos rebaixos. Isso é controlado com paquímetro. Se houver diferenças de medidas, é possível regular o ajuste do cabeçote móvel.
7. Torneamento até obter a medida adequada. Depois de iniciado o trabalho, deve-se evitar retirar a peça devido à dificuldade de nova centragem.

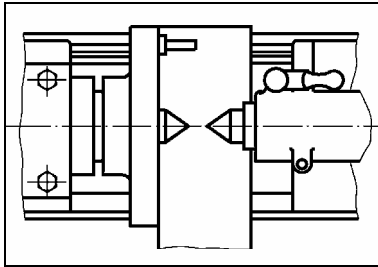
Se a peça apresentar uma exigência de concentricidade entre todos os **corpos da peça**, é necessário que ela seja presa entre pontas, porque isso garante o atendimento a essa necessidade. Esse modo de fixação se aplica também a peças que precisem de usinagens posteriores onde a centralização seja fundamental. Essa centralização é verificada com auxílio do relógio comparador.



Corpos da peça: são os diversos diâmetros ou perfis que se pode obter em uma peça torneada.

O torneamento com esse tipo de fixação segue as mesmas etapas da operação que acabamos de descrever. A diferença é que na fixação, é necessário usar a placa de arraste, o **arrastador**.

Além disso, deve-se garantir a perfeita centragem e o alinhamento das pontas.



Esses dois métodos de fixação permitem apenas o torneamento **externo** de peças de comprimento médio. Para peças realmente longas e delgadas que sofreriam flexão por causa da pressão da ferramenta, ou para o torneamento da face e superfície **internas** de peças longas, empregam-se as **lunetas fixa** ou **móvel**.

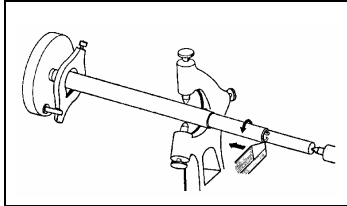
A luneta fixa é usada para torneamentos externos; mas mais comumente para torneamentos internos.

Assim, se você precisar torner um encaixe de rolamento de um eixo de caminhão, a peça terá uma das extremidades presa à placa universal e a outra será apoiada na luneta fixada no barramento do torno. A operação terá as seguintes etapas:

1. Montagem da luneta fixa: a base da luneta e o barramento devem estar limpos para se obter bom apoio e centragem. A luneta deve ser fixada de modo que o material se apoie o mais próximo possível da extremidade a ser torneada. O material deve ser apoiado sobre as pontas da luneta e sua outra extremidade se apoia na placa. As castanhas são ajustadas suavemente.
2. Centralização do material pelo deslocamento das pontas da luneta. A centragem deve ser verificada com relógio comparador. Se a peça tiver furo de centro, usar a contraponta para centralizar. A superfície do material em contato com as pontas da luneta deve ser lubrificada.
3. Torneamento da peça: deve-se torner com baixa velocidade de corte, mantendo bem lubrificadas os contatos entre os braços da luneta e o material. Usa-se fluido de corte.

A **luneta fixa** é usada para torneamentos externos, rebaiços e, mais apropriadamente, no torneamento das faces e superfícies internas. A **luneta móvel**, por sua vez, é usada em torneamentos **externos** em peças finas e longas em que o risco de ocorrer uma flambagem é muito grande.

Ela acompanha o torneamento, já que é fixada no carro principal.



Uma operação de torneamento com luneta móvel segue as mesmas etapas de uma operação com luneta fixa, com algumas precauções que são:

- o torneamento com luneta móvel se faz sempre em peças presas entre pontas ou entre placa e ponta.
- a ferramenta é sempre deslocada para a frente da luneta.

Esses acessórios de fixação servem não só para operações de torneamento cilíndrico interno ou externo, mas também para torneamentos cônicos, de perfis (rebaixos, canais, raios etc.) que serão estudados nas próximas aulas.

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Escreva o nome do tipo de luneta que você utilizaria para as operações abaixo:
 - a) torneamento de peças longas e finas:
 - b) torneamento interno de eixo que necessite de apoio na extremidade:
4. Ordene numerando as etapas para o torneamento de um eixo utilizando placa universal de três castanhas e contraponta.

- a) () fixação da peça na placa universal (com aperto suave);
- b) () preparação do material (facear e fazer centros);
- c) () seleção da rpm;
- d) () execução do torneamento;
- e) () fixação da ferramenta;
- f) () verificação da centralização do material;
- g) () aproximação da contraponta, ajustando o cabeçote móvel.

5 Escreva com suas palavras as etapas para torneiar um rebaixo interno em um eixo preso na placa com apoio da luneta fixa.

Gabarito

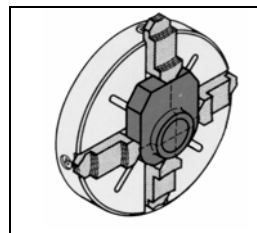
1. a) Contraponta, placa arrastadora, arrastador, luneta.
 b) Ela facilita o completo faceamento do topo.
 c) A ponta rotativa reduz atrito entre a peça e a ponta, pois gira suavemente e suporta esforços radiais e axiais ou longitudinais.
 d) Placa arrastadora.
 e) Arrastador.
2. a) Arrastador com haste reta.
 b) Arrastador com haste curva.
 c) Arrastador com dois parafusos.
3. a) luneta móvel b) luneta fixa.
4. a) 2; b) 1; c) 6; d) 7;
 e) 5; f) 4; g) 3.
5. Resposta pessoal.

Torneando outras formas

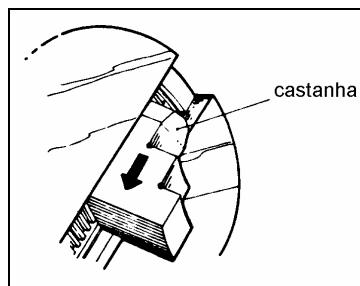
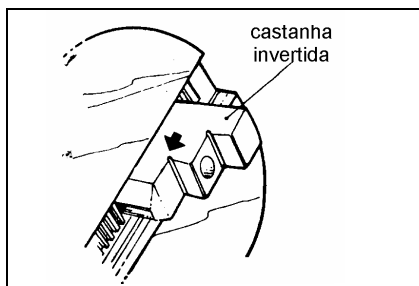
Como já vimos nas aulas anteriores, os acessórios de fixação permitem prender peças para operações de faceamento ou para obtenção de furos de centro. Você pode usá-los também para prender peças longas. Esses acessórios, porém, servem apenas para os formatos cilíndricos regulares. O que fazer então se a peça tiver formatos tão assimétricos que fica difícil achar seu centro, por exemplo? E se, a partir de uma peça cilíndrica, for preciso obter um perfil cônico? As repostas a essas perguntas você terá estudando esta aula.

Mais acessórios

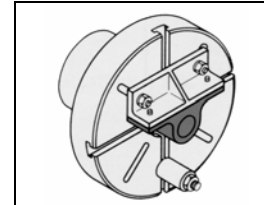
Vamos, então, supor que você tenha que torneiar peças com formatos não-simétricos, prismáticos. Com os acessórios que você já conhece, isso não é possível. Por isso, você vai usar uma **placa de castanhas independentes**.



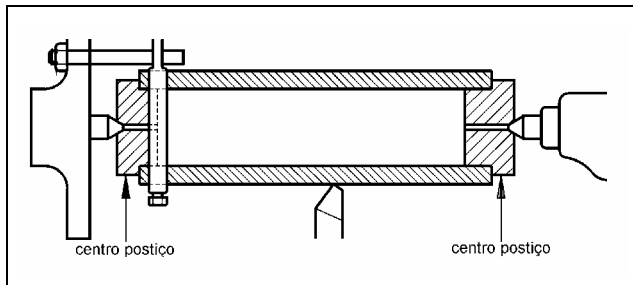
É um dispositivo formado por um corpo de ferro fundido cinzento, com quatro castanhas de aço temperado e endurecido que podem ser invertidas para a fixação de peças com diâmetros maiores.



Se a peça tiver formato tão irregular que não possa ser fixada com a placa de quatro castanhas independentes, como mancais e corpos de motores, usa-se uma **cantoneira**, fixada em uma placa com entalhes, chamada de **placa lisa**.



Para a peça sem face que contenha furo de centro, usa-se um dispositivo de fixação provisória chamado de **centro postiço**. Ele é colocado nos furos da peça para servir de apoio às pontas do torno na usinagem concêntrica das partes externas ou para obter alinhamento paralelo para torneiar peças excêntricas.



Com esses dispositivos, é possível realizar uma série de operações. Algumas delas serão descritas na próxima parte desta aula.

Pare! Estude! Responda!

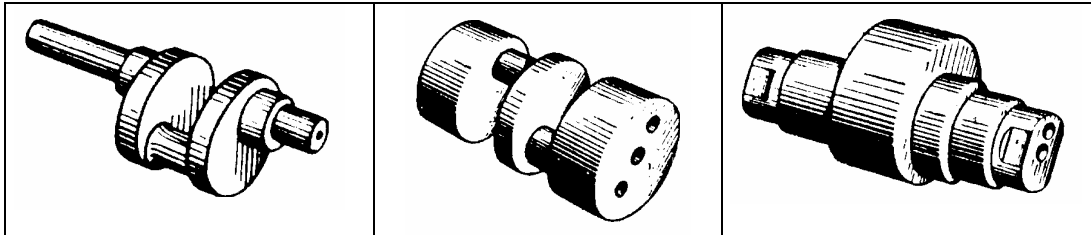
Exercício

1. Responda.

- a) Qual o tipo de dispositivo você deve utilizar no torno para prender peças com perfis irregulares, prismáticos ou circulares?
- b) Que tipo de complemento pode ser usado na placa com entalhes ou lisa para prender peças muito irregulares?
- c) Qual a finalidade do uso do centro postiço no torneamento de superfície externa?

Usando os acessórios

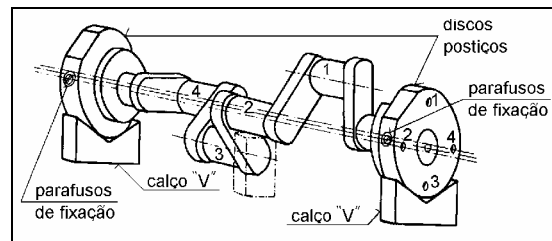
Você sabe o que é um virabrequim? É o eixo-árvore principal de um motor automotivo sobre o qual agem os pistões por intermédio das bielas. Para refrescar sua memória, veja as ilustrações a seguir



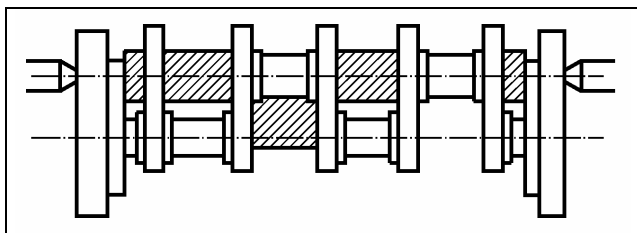
Como você pode ver, ele é cheio de eixos **excêntricos**, quer dizer, fora de centro. Assim, para torneiar os diversos diâmetros cujos centros não são alinhados (munhões), quando não for possível fazer os furos de centro na face da peça, uma das técnicas que se pode usar é o emprego do centro postiço. A operação de torneamento excêntrico seguirá as seguintes etapas:

1. Preparação dos discos de centro de modo que o número de centros e suas posições correspondam exatamente aos centros dos vários diâmetros do virabrequim.

2. Fixação dos discos com os centros postiços nas extremidades da peça. Os furos de centro devem ser alinhados com os munhões.

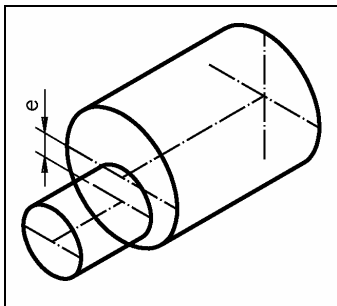


3. Ajuste do eixo de manivelas entre pontas, verificando a centralização. Os espaços vazios do virabrequim devem ser preenchidos com calços de madeira, ou outro material, para evitar a flambagem da peça.



4. Torneamento dos munhões: a rotação inicial deve ser baixa, aumentando gradualmente até atingir a rotação ideal, que não está em tabelas e depende da experiência do profissional.

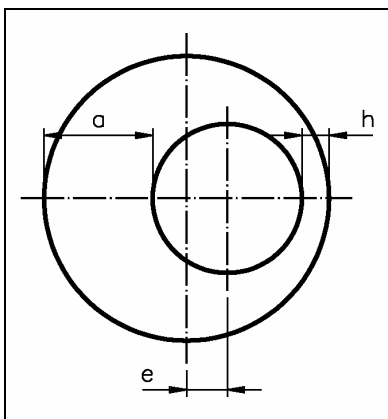
Este método é recomendado quando a peça é desprovida de face com furo de centro. Se a peça permitir, usa-se o **torneamento excêntrico com o uso de placas com castanhas independentes**, que consiste em toronar uma peça cujo eixo de simetria está deslocado em relação ao eixo do torno. Assim, vamos supor que você, a partir de um cilindro, tenha que toronar uma peça com o formato mostrado ao lado.



As etapas dessa operação são as seguintes:

1. Cálculo da distância de um centro ao outro para a traçagem. Isso é feito usando uma fórmula:

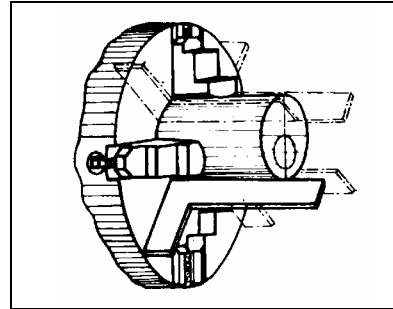
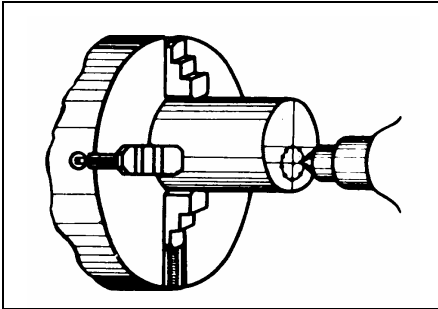
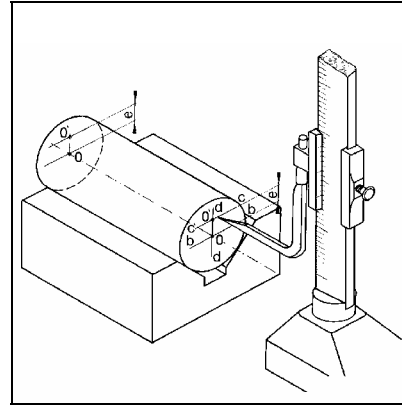
$$e = \frac{a - h}{2}$$



2. Traçagem do centro do excêntrico (fora de centro): é feita com o auxílio de graminho, bloco em **V** e esquadro.

3. Fixação da peça na placa de castanhas independentes:

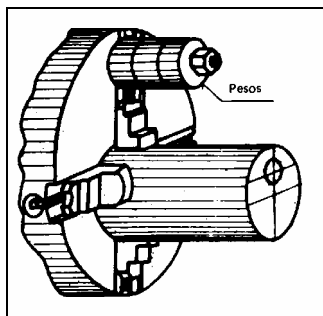
- As castanhas devem ser abertas de modo que as peças se alojem facilmente.
- A centragem deve ser auxiliada com contraponta e esquadro.
- As castanhas devem ser apertadas suavemente.



4. Finalização da centragem apertando e desapertando as castanhas. Nessa etapa, nunca se deve deixar mais de uma castanha desapertada ao mesmo tempo.

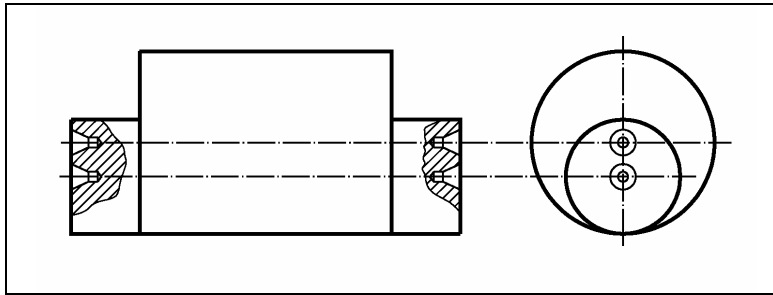
5. Realização do balanceamento da placa com pesos: a placa deve ser girada com a mão. Os pesos devem ser colocados nas partes que ficaram para cima. Eles não devem ser longos e nem exceder a periferia da placa.

- O eixo principal do torno deve estar girando livremente.
- O balanceamento estará correto quando se gira a placa várias vezes e se observa que ela pára em posições diferentes.



6. Escolha da rpm adequada e acionamento do torno.
 - Existe um limite de rotação quando se usa a placa de quatro castanhas e que não deve ser ultrapassado.
7. Início do torneamento dando passes finos, ou seja, com pequena profundidade de corte, usando deslocamento constante da ferramenta.
8. Verificação da centragem e do balanceamento. Se necessário, deve-se fazer a correção.
9. Conclusão do torneamento com tantos passes quantos forem necessários.

Essa operação também pode ser realizada com fixação entre pontas, usando furos de centro feitos com brocas de centrar, e relativos aos vários diâmetros (corpos) da peça.



Pare! Estude! Responda!

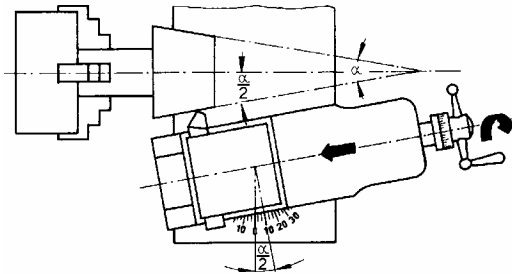
Exercício

2. Ordene, numerando de 1 a 8, as etapas do processo de torneamento de um eixo com corpo excêntrico.
 - a) () fixar a peça na placa de castanhas independentes;
 - b) () balancear a placa com pesos;
 - c) () finalizar a centragem;
 - d) () calcular o deslocamento dos centros aplicando a fórmula;
 - e) () selecionar a rpm e acionar o torno;
 - f) () concluir o torneamento;
 - g) () traçar o centro do excêntrico;
 - h) () verificar a centragem e o balanceamento.

Torneamento cônico

O torneamento de peças cônicas, externas ou internas, é uma operação muito comum na indústria metal-mecânica. Para fazer isso, o torneiro tem três técnicas a sua disposição: ele pode usar a inclinação do carro superior, o desalinhamento da contraponta ou um aparelho conificador.

Como você já sabe, a **inclinação do carro superior** é usada para torneiar peças cônicas de pequeno comprimento. O torneamento cônico com o deslocamento do carro superior consiste em inclinar o carro superior da espera de modo a fazer a ferramenta avançar manualmente ao longo da linha que produz o corte no ângulo de inclinação desejado.



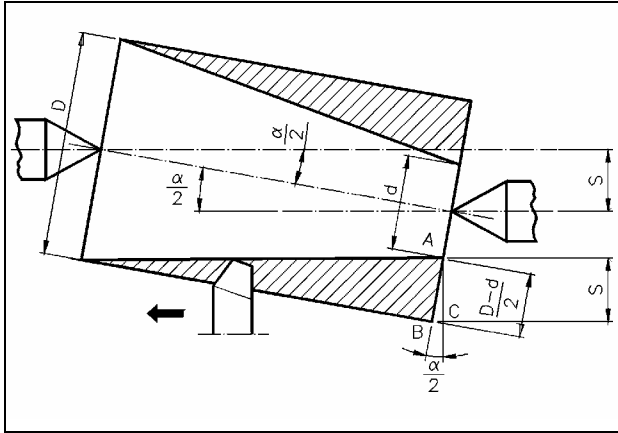
Recordar é aprender

Como você já deve ter estudado no livro sobre Cálculo Técnico, para o torneamento de peças cônicas com a inclinação do carro superior, a fórmula a ser usada é sempre:

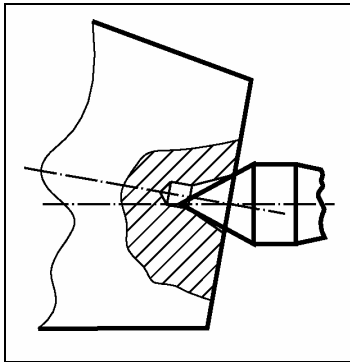
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2c}$$

O **desalinhamento da contraponta**, por sua vez, é usado para o torneamento de peças de maior comprimento, porém com pouca conicidade, ou seja, até aproximadamente 10°. O torneamento cônico com o desalinhamento da contraponta consiste em deslocar transversalmente o cabeçote móvel por meio de parafuso de regulagem. Desse modo, a peça trabalhada entre pontas fará um determinado ângulo com as guias do barramento. Quando a ferramenta avançar paralelamente às guias, cortará um cone com o

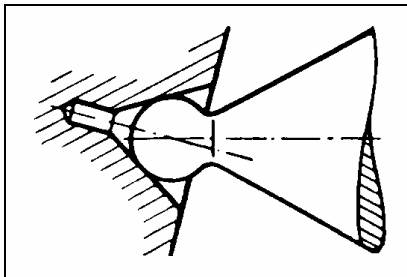
ângulo escolhido. Esse método é pouco usado e só é indicado para pequenos ângulos em cones cujo comprimento seja maior do que o curso de deslocamento do carro de espera.



Ele tem a vantagem de usinar a superfície cônica com a ajuda do avanço automático do carro principal. O tempo de trabalho é curto e a superfície usinada fica uniforme. A desvantagem é que com o cabeçote móvel deslocado, os centros da peça não se adaptam perfeitamente às pontas do torno que, por isso, são facilmente danificadas.



Para a execução desse recurso, recomenda-se o uso de uma ponta esférica.



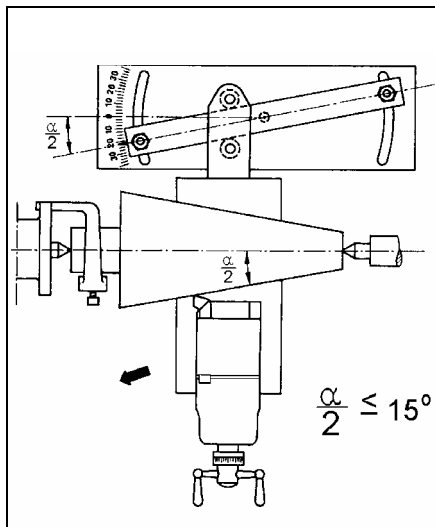
Recordar é aprender

Quando todo o comprimento da peça for cônico, calcula-se o desalinhamento da contraponta pela fórmula.

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

O **aparelho conificador** é usado para tornear peças cônicas em série. O torneamento cônico com o aparelho conificador utiliza o princípio do funcionamento do próprio dispositivo, ou seja, na parte posterior do torno coloca-se o copiador cônico que pode se inclinar no ângulo desejado.

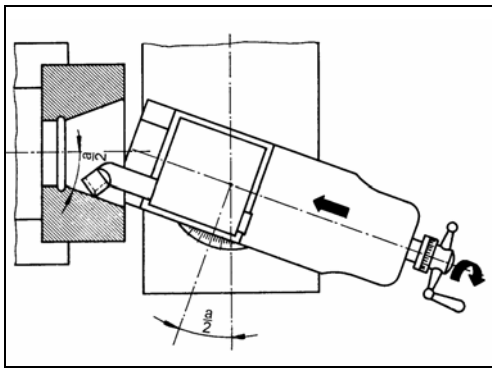
O deslizamento ao longo do copiador comanda o carro transversal que, para isso, deve estar desengatado. Quando o carro principal (ou longitudinal) avança, manual ou automaticamente, conduz o carro transversal cujo movimento é comandado pelo copiador cônico. O movimento, resultante do deslocamento longitudinal do carro e do avanço transversal da ferramenta, permite cortar o cone desejado. Nos dispositivos mais comuns, a conicidade é de aproximadamente 15° .



O torneamento cônico externo é feito com as mesmas ferramentas usadas no torneamento cilíndrico externo. Há técnicas diferentes para obter esse resultado e sua escolha depende de fatores como formato e dimensões finais da peça.

Para o torneamento cônico da parte externa ou de furos, sem levar em conta se o trabalho será realizado por um dos três processos que citamos, a extremidade cortante da ferramenta deve ficar exatamente ao nível da linha de centro da peça. Isso significa que o broqueamento cônico envolve problemas que só poderão ser resolvidos se o profissional tiver muita experiência. Se a peça a ser conificada for muito longa, convém usar luneta.

O procedimento para o torneamento cônico interno é semelhante ao do torneamento externo. O ângulo de deslocamento do carro superior é igual ao ângulo de inclinação do cone que se pretende fabricar. A ferramenta é aquela usada no broqueamento.

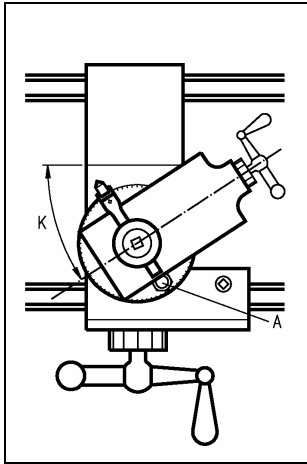


O controle da conicidade é feito com um calibrador cônico, porém, quando se constrói um cone interior para ser acoplado a um cone exterior, deve-se fabricar primeiro o cone exterior, usando-o depois como calibrador para controlar a conicidade da peça com cone interno.

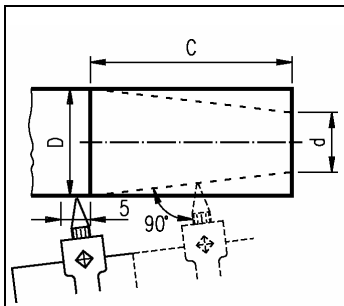
A principal aplicação do torneamento cônico é na produção de pontas de tornos, buchas de redução, válvulas, pinos cônicos. As etapas de uma operação de torneamento cônico com inclinação do carro superior são:

- Preparação do material: a peça deve ser torneada cilíndricamente no diâmetro maior, para torneamento cônico externo, e no diâmetro menor, se for interno.
- Inclinação do carro superior de acordo com os cálculos feitos.
- Correção da posição da ferramenta que deve estar rigorosamente na altura do centro e perpendicular à geratriz do cone. Para o torneamento cônico externo a ferramenta é a mesma

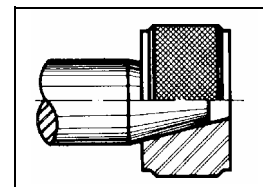
usada no torneamento externo cilíndrico; Para o interno, usa-se ferramenta de broqueamento.



4. Posicionamento do carro principal na posição de torneamento do cone. Isso é feito por meio do posicionamento da ferramenta de forma que ela ultrapasse em aproximadamente 5 mm o comprimento do cone, a fim de garantir que o curso da ferramenta seja suficiente. Em seguida, o carro principal é fixado por meio de uma trava.



5. Regulagem da rpm e acionamento do torno: a manivela deve ser girada lenta e ininterruptamente para que os passes sejam finos e de modo que se obtenha um bom acabamento. Deve-se usar fluido de corte adequado.
6. Verificação do ângulo do cone e correção (se necessário). A verificação final deve ser feita com um calibrador cônico. Para isso, a ferramenta é afastada, limpando-se a peça e o calibrador.



Esta aula ensinou operações de torneamento que, embora exigissem elementos de fixação diferentes ou então, ajustes no torno, usaram ferramentas comuns já utilizadas em operações que você estudou nas aulas anteriores. Nas próximas aulas, você vai conhecer ferramentas diferentes que permitem produzir perfis com os mais variados formatos. Aguarde!

Pare! Estude! Responda!

Exercícios

3. Responda às seguintes perguntas.
 - a) Qual a técnica utilizada para um torneamento cônico de uma peça longa com pequena conicidade?
 - b) Como se chama o dispositivo usado no torneamento para produção de grande quantidade de peças cônicas?
 - c) Qual a vantagem e a desvantagem que o processo de torneamento cônico pelo deslocamento do cabeçote móvel traz?
 - d) Qual o desalinhamento da contraponta para o torneamento total de um cone cujas dimensões são: $D = 100 \text{ mm}$
 $d = 90 \text{ mm}$?
 - e) Que tipos de peças são produzidas por torneamento cônico?

4. Complete as etapas que compõem a operação de torneamento cônico pela inclinação do carro superior.
 - a) Preparação do material.
 - b) Inclinação do carro de acordo com os cálculos.
 - c) Correção da da ferramenta na altura do centro da peça; e perpendicular à do cone.
 - d) Posicionamento do principal na posição de torneamento do
 - e) Seleção da e do torno.
 - f) Verificação do do cone e (se necessário).
 - g) A final do ângulo do cone deve ser feita com um cônico.

Gabarito

1. a) Placa de castanhas independentes.
b) Cantoneira
c) Para servir de apoio de peças sem faces que contenham furo de centro.

2. a) 3; b) 5; c) 4; d) 1;
e) 6; f) 8; g) 2; h) 7.

3. a) Com desalinhamento da contraponta.
b) Aparelho conificador.
c) **Vantagem:** usina a superfície cônica com a ajuda do avanço automático do carro principal (o tempo de trabalho é curto; a superfície usinada fica uniforme).
Desvantagem: o deslocamento do cabeçote móvel faz com que os centros da peça não se adaptem perfeitamente as pontas do torno, podendo ser danificadas.
d) $M = 5 \text{ mm}$.
e) Pontas de torno, buchas de redução, válvulas, pinos cônicos.

4. b) Superior;
c) posição; geratriz;
d) carro; cone;
e) rpm; acionamento;
f) ângulo; correção;
g) verificação; calibrador.

Formatos que saem da linha

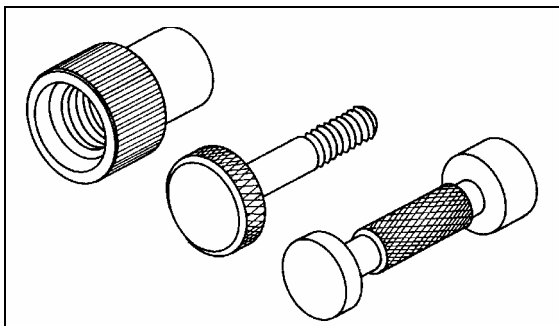
Até agora você aprendeu que mudando o acessório com o qual se prende a peça é possível torneiar peças com formatos assimétricos. Aprendeu também que, deslocando dispositivos do torno, é possível obter o torneamento cônico.

Muitas vezes, porém, esses recursos não são suficientes para torneiar determinados perfis. Isso acontece quando é preciso, por exemplo, abrir canais, arredondar arestas, obter superfícies côncavas ou convexas, produzir sulcos paralelos ou cruzados.

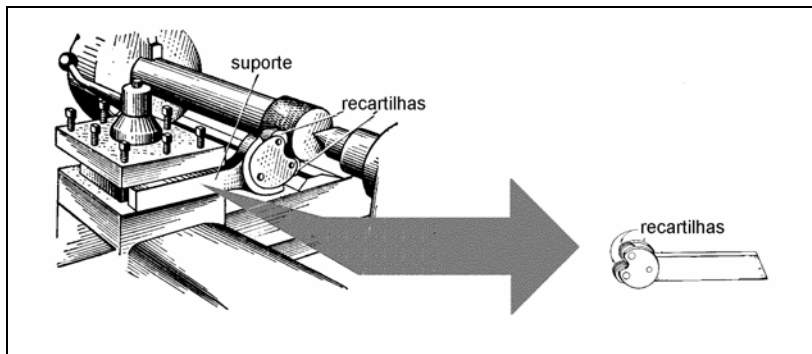
Essas operações necessitam de ferramentas especiais como a recartilha. Nesta aula falaremos dessas ferramentas e dessas operações.

Ferramenta para recartilhar

Se certas peças utilizadas manualmente tiverem superfícies rugosas, isso vai ajudar no seu manuseio, porque a rugosidade evitará que a peça “escorregue” da mão do operador. É o caso das cabeças dos parafusos dos instrumentos de medida, como o paquímetro, ou mesmo do próprio corpo do instrumento, como o do calibre de furos.

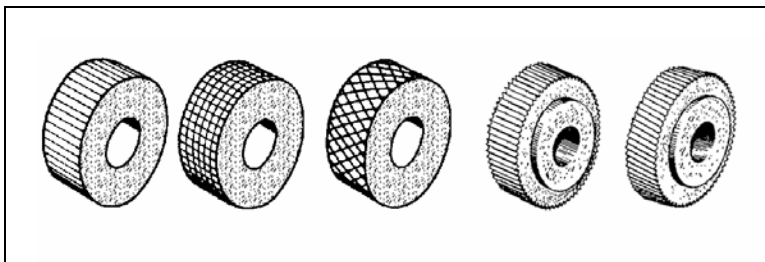


Pelo emprego de uma ferramenta chamada **recartilha**, obtém-se no torno a superfície com serrilhado desejado. Essa ferramenta executa na superfície da peça uma série de estrias ou sulcos paralelos ou cruzados.



As recartilhas, que dão nome ao conjunto da ferramenta, são roletes de aço temperado, extremamente duros e que possuem uma série de dentes e estrias que penetram, mediante grande pressão, no material da peça. A superfície estriada resultante recebe o nome de **recartilhado**.

No tipo mais comum de recartilha, na haste de aço se articula uma cabeça na qual estão montados dois roletes recartilhadores. Conforme o desenho do recartilhado que se quer dar à superfície, selecionam-se as recartilhas com roletes de estrias inclinadas ou não, com maior ou menor afastamento entre as estrias.



Para obter o recartilhado, monta-se a recartilha no porta-ferramenta da mesma maneira como uma ferramenta comum do torno. Os roletes são arrastados pela rotação da peça e, como estão firmemente pressionados contra ela, imprimem na sua superfície o desenho das estrias, à medida que o carro porta-ferramentas se desloca.

O recartilhado é uma operação que demanda grande pressão no contato entre a ferramenta e a superfície da peça. Por isso, exige cuidados como:

- dosar a pressão e executar vários passes para que as peças de pouca resistência não se deformem;
- centralizar a peça corretamente na placa;
- certificar-se de que os furos de centro e a ponta ou a contra-ponta não estão deformadas, para que a peça não gire excêntricamente.

A operação de recartilhar obedece as seguintes etapas:

1. Torneamento da parte que será recartilhada para deixá-la lisa, limpa e com um diâmetro ligeiramente menor que a medida final. Isso é necessário porque a ferramenta de recartilhar penetra por compressão, o que aumenta ligeiramente o diâmetro inicial. A medida do diâmetro depende do passo da recartilha.

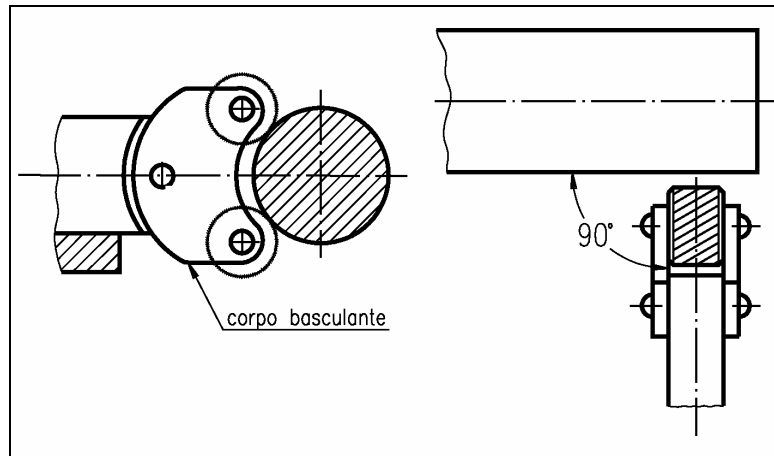
Observação: O passo da recartilha é selecionado em função do diâmetro e da largura do recartilhado, do material da peça e do tipo de recartilhado. A tabela a seguir orienta a escolha do passo.

Medidas de peças		Recartilhado simples	Recartilhado cruzado	
Diâmetro D	Largura L	P (mm) (qualquer material)	P (mm) latão Alumínio-fibra	P (mm) Aço
Até 8mm	Qualquer	0,5	0,5	0,6
De 8 a 16mm	Qualquer	0,5 ou 0,6	0,6	0,6
De 16mm a 32mm	Até 6mm	0,5 ou 0,6	0,6	0,8
	Acima de 6mm	0,8	0,8	1
De 32mm a 64mm	Até 6mm	0,8	0,5	0,8
	De 6 a 14mm	0,8	0,8	1
	Acima de 14mm	1	1	1,2
De 64mm a 100mm	Até 6mm	0,8	0,8	0,8
	De 6 a 14mm	0,8	0,8	1
	De 14 a 30mm	1	1	1,2
	Acima de 30mm	1,2	1,2	1,6

O cálculo do diâmetro a ser desbastado, deve ser igual ao diâmetro final do recartilhado menos a metade do passo das estrias do rolete, ou seja:

$$\text{Diâmetro a torneiar} = \varnothing \text{ recartilhado} - 1/2 \text{ do passo}$$

2. Montagem da recartilha no porta-ferramenta na altura do eixo da peça, perpendicularmente à superfície que será recartilhada.



3. Deslocamento da recartilha até próximo da extremidade da parte que será recartilhada.
4. Regulagem do avanço do torno, que deverá ter um valor igual a 1/5 do passo das roldanas e da rpm de acordo com a velocidade de corte recomendada.

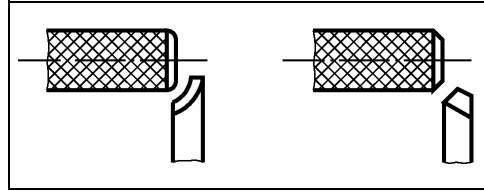
Dica tecnológica

Para **materiais macios**, pode-se usar uma vc de 8 a 10m/min.

Para **materiais duros**, usar uma vc de 6m/min.

5. Acionamento do torno e deslocamento transversal da recartilha até que ela toque e marque o material. Depois, a ferramenta deve ser deslocada um pouco longitudinalmente.
6. Parada do torno para exame da zona recartilhada. Se o recartilhado estiver irregular, deve ser corrigido repetindo-se as etapas 4, 5 e 6 até que ele fique uniforme.
7. Acionamento do torno, aplicação de forte pressão aos roletes e engate do avanço automático do carro longitudinal para a realização do recartilhamento em toda a superfície desejada. Nessa operação, é muito importante que a lubrificação seja contínua e abundante a fim de que as superfícies trabalhadas não se deformem por causa do intenso atrito. Usualmente, emprega-se querosene para essa finalidade.

8. Avanço do carro em sentido contrário para repassar a recartilha.
9. Limpeza do recartilhado com uma escova de aço, sempre nos sentido das estrias.
10. Chanframento dos cantos para eliminar as rebarbas e dar acabamento.



Pare! Estude! Responda!

Exercícios

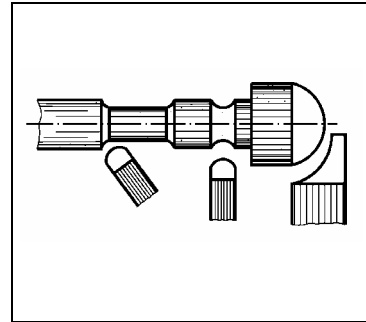
1. Resolva às seguintes questões
 - a) Cite alguns tipos de componentes de máquinas, ferramentas e instrumentos que tem recartilhados.
 - b) Quais os cuidados a serem tomados na preparação da peça e da ferramenta para executar o recartilhado?

2. Ordene, numerando seqüencialmente de 1 a 10, as etapas para recartilhar.
 - a) () acionamento do torno e engate do carro longitudinal.
 - b) () chanframento dos cantos.
 - c) () marcação da superfície da peça com a recartilha.
 - d) () parada do torno para conferir o recartilhado.
 - e) () limpeza do recartilhado.
 - f) () posicionamento da recartilha na extremidade da parte a ser recartilhada.
 - g) () montagem da recartilha no porta-ferramenta.
 - h) () repasse da recartilha com retorno do carro.
 - i) () determinação do avanço e da rpm, e acionamento do torno.
 - j) () realização do recartilhamento.

Torneando perfis

Como você já deve ter estudado no módulo sobre elementos de máquinas, os conjuntos mecânicos são formados por engrenagens, polias, rolamentos, mancais, acoplamentos, fixados com chavetas e pinos montados em eixos.

Por causa de sua função, os eixos às vezes precisam apresentar rebaixos, ranhuras, perfis côncavos ou convexos, acabamentos arredondados. Para dar à peça esses formatos, variados mas regulares, cujo perfil formado de retas e curvas seja simétrico em relação ao eixo geométrico da peça, usam-se ferramentas especiais chamadas de ferramentas **de forma** ou **de perfilar**.



No torneamento desses perfis variados, é melhor o uso de ferramentas cujas arestas de corte tenham as mesmas formas a serem dadas à peça.

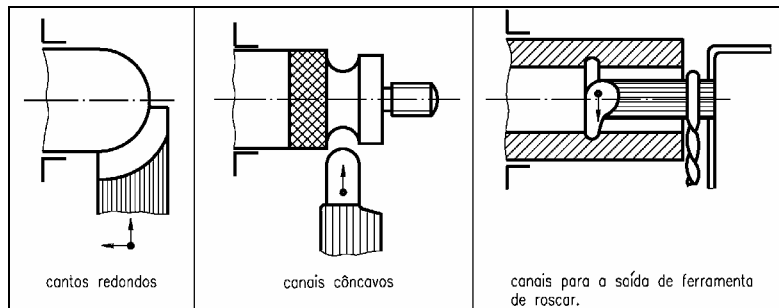
Os perfis são obtidos por meio de movimentos combinados de avanços transversais e longitudinais da ferramenta. Esse trabalho exige extrema habilidade e cuidados especiais do operador do torno, com freqüente controle das formas por meio de gabaritos. Devido às variações de formatos e medidas, essa operação é demorada, e por isso é usada na produção de peças unitárias ou de pequenas quantidades.

Não é aconselhável o uso de ferramentas com arestas de corte muito grandes, pois neste caso ocorrerá trepidação, causada pela forte pressão de corte. Isso prejudica o acabamento e acelera o desgaste da aresta cortante. Além disso, a ferramenta pode se quebrar e a peça é danificada.

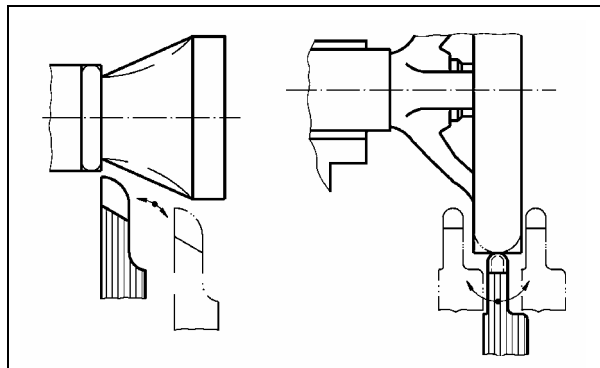
Essas ferramentas de perfilar permitem a execução de sulcos côncavos e convexos, arredondamento de arestas, e de perfis esféricos ou semi-esféricos.

No torneamento de perfis maiores, emprega-se mais do que uma ferramenta. Com elas pode-se:

- Perfilar, ou seja, obter sobre o material usinado uma superfície com o perfil da ferramenta. É freqüentemente realizada para arredondar arestas e facilitar a construção de peças com perfis especiais.



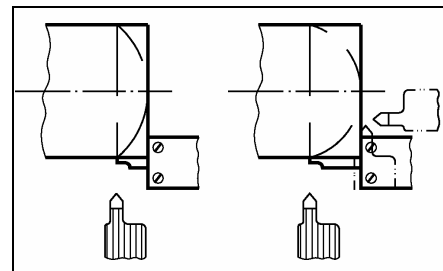
- Tornear superfícies côncavas e convexas com uma ferramenta que se desloca simultaneamente com movimentos de avanço ou penetração, que o operador realiza com as duas mãos.



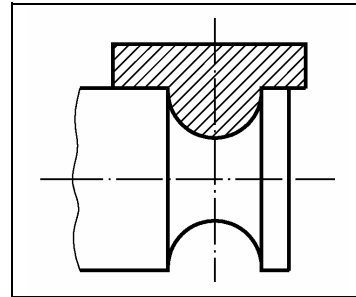
Para qualquer operação de perfilar, é aconselhável um desbaste prévio com ferramentas comuns que dêem à peça uma forma aproximada da que se deseja obter.

Uma operação de torneamento de perfil terá as seguintes etapas:

1. Preparação do material: a peça deve ser desbastada e alisada.
2. Marcação dos limites da superfície desejada com uma ferramenta com ponta fina.



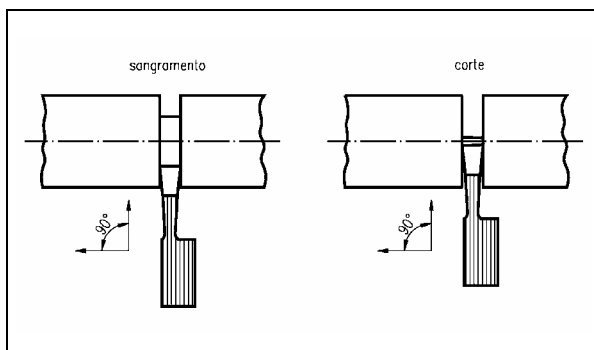
3. Montagem da ferramenta que deve ser selecionada de acordo com o perfil a ser obtido.
4. Fixação da ferramenta, cujo corpo deve estar o mais possível apoiado dentro do porta-ferramenta.
5. Preparação da máquina: seleção de rpm e avanço.
6. Acionamento do torno e execução do torneamento: a penetração é iniciada lentamente. Para o torneamento côncavo ou convexo os movimentos de avanço e penetração devem ser coordenados. Deve-se usar fluido de corte conforme o material a ser usinado.
7. Verificação do perfil com gabarito ou calibrador de raios.



Sangrar e cortar no torno

Após ter estudado tantas operações com o torno, você deve estar se perguntando o que fazer quando a peça está terminada. É só tirar a peça do torno e pronto? Nem sempre. Às vezes o material que está preso na placa deve ser separado do corpo da peça. Por exemplo, quando se fabrica uma arruela.

Para isso, usam-se as operações de **sangrar e cortar no torno**. Elas consistem em abrir canais através da ação de uma ferramenta especial chamada de **bedame de sangrar** que penetra no material perpendicularmente ao eixo do torno, podendo chegar a separar o material, caso em que se obtém o corte. É usada na fabricação de arruelas, polias, eixos roscados e canais para alojamento de anéis de trava ou vedação, conhecidos como "O ring".



A ferramenta de sangrar, ou bedame, é a mais frágil de todas. Sua seção é fina por causa das inclinações laterais que determinam as folgas dos ângulos da ferramenta.

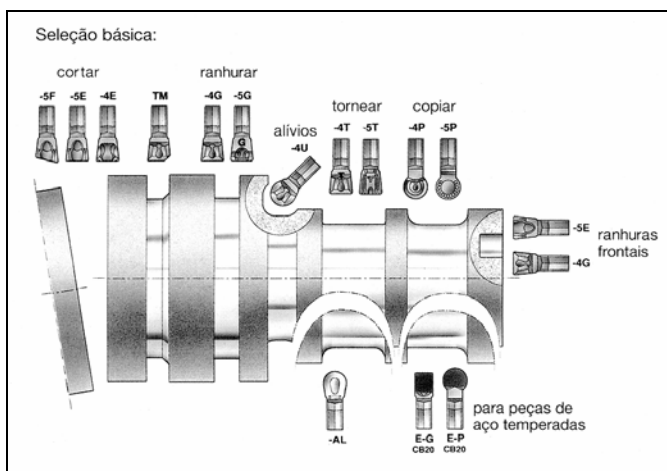
Dica tecnológica

Se houver folga nos mancais da árvore do torno, a tendência da ferramenta de penetrar e levantar a peça, produz grande vibração na máquina. Para contornar esse problema, pode-se montar a ferramenta invertida, invertendo-se também o movimento de rotação do motor. Isso força a árvore do torno contra seus mancais, praticamente eliminando a vibração. A desvantagem desse procedimento é que, conforme a pressão de corte, a placa montada tende a se deslocar. Em caso de quebra da ferramenta, existe risco de que ela atinja o operador.

Em todas as operações que descrevemos nesta aula, foram usadas ferramentas para tornos convencionais. Para as produções de grandes quantidades de peças em tornos CNC, são usadas ferramentas com insertos de pastilhas de metal duro que não requerem afiação. Isso significa que quando o gume cortante termina sua vida útil, ou quando se quebra, o inserto é substituído por outro, sem perda de tempo. Esse fator somado às altas velocidades de corte resulta em grande produtividade.

Vale lembrar também que, nessas máquinas, a variação dimensional é praticamente nula, por não haver interferência direta do operador.

Os insertos de metal duro podem ter os formatos mostrados na ilustração abaixo.



A próxima aula mostrará outras ferramentas especiais para a construção de roscas. Por enquanto, faça os exercícios desta aula.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

3. Assinale com **X** a alternativa correta.
 - a) Para o torneamento de formas e perfis variados, é necessário a usar ferramentas de:
 1. () roscar e broquear;
 2. () alargar e perfilar;
 3. () perfilar e de forma;
 4. () alargar e facear.

4. Preencha as lacunas das sentenças que compõe as etapas para torneamento de perfis.
 - a) preparar o a ser trabalhado;
 - b) marcar os da superfície a ser perfilada;
 - c) selecionar e montar a a ser utilizada;
 - d) preparar a selecionando o e a rpm;
 - e) acionar o e executar o torneamento;
 - f) verificar o com gabarito ou calibrador.

5. Responda às perguntas a seguir:
 - a) No que consistem as operações de sangrar e cortar no torno?
 - b) Qual a vantagem do uso de insertos de pastilhas de metal duro para sangrar, perfilar e cortar no torno?

Gabarito

1. a) Cabeças de parafusos; corpos de instrumentos.
b) Dosar a pressão e executar vários passes para que as peças de pouca resistência não se deformem.
Centralizar a peça corretamente na placa.
Certificar-se de que os furos de centro e as pontas não estão deformadas para que a peça não gire excêntrica-mente.

2. a) 6; b) 10; c) 7; d) 5; e) 9;
f) 3; g) 2; h) 8; i) 4; j) 1.

3. a) 3

4. a) Material; b) limites;
c) ferramenta; d) máquina e avanço;
e) torno; f) perfil.

5. a) Consistem em abrir canais através da ação de uma ferramenta especial chamada de bedame de sangrar que penetra no material perpendicularmente ao eixo do torno, podendo chegar a separar o material, caso em que se obtém o corte.

b) Os insertos de pastilhas de metal duro não requerem afiação.

No mundo da mecânica, é inegável a importância das roscas: seja para fixar elementos (com parafusos e porcas), seja para transmitir movimentos (com eixos roscados).

Neste livro, você já aprendeu que é possível abrir roscas manualmente com taraxas (ou cossinetes) e com os machos de ros-car. Nas peças de diâmetros maiores, o limite da força humana impede que esse método seja usado. Além disso, há sempre o problema da produtividade: para produções seriadas o ideal é usar máquinas.

Se existe uma máquina que tem “vocação” para a construção de roscas, essa máquina é o torno. Nesta aula, você vai aprender como abrir roscas com o torno.

Métodos para abrir roscas

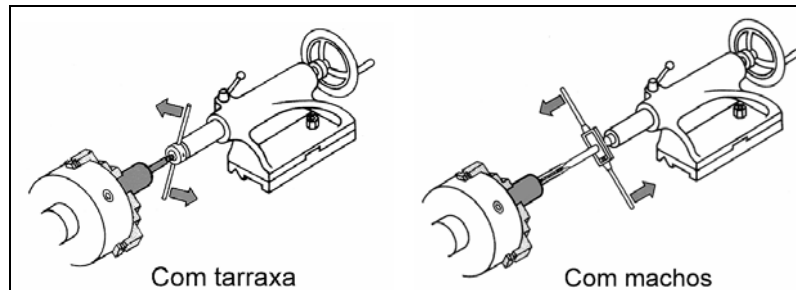
O torno é uma máquina muito versátil. Desde que começamos a falar sobre ele, você vem ouvindo isso. Essa fama vem da grande gama de possibilidades de se realizar as mais diversas operações com ele. Isso quer dizer que, a partir de uma barra cilíndrica de metal em bruto, você pode obter os mais variados perfis apenas trocando as ferramentas.

Com toda essa versatilidade, existe uma operação em que o torno é realmente “imbatível”: abrir roscas. Como você já estudou, basicamente, abrir roscas é filetar uma superfície externa de um

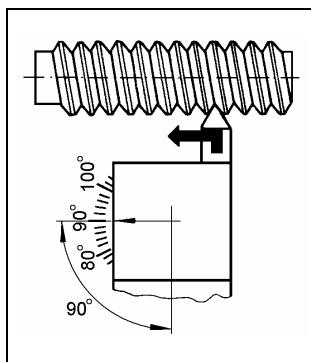
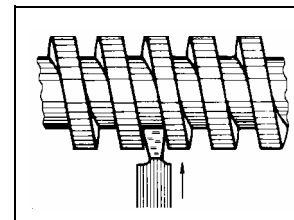
cilindro ou cone, ou o interior de um furo cilíndrico ou cônico. Com isso, você obtém parafusos, porcas, fusos de máquinas.....

Existem vários métodos para abrir roscas no torno classificados de acordo com o tipo de ferramenta que se pode usar:

- abrir roscas com tarraxa (externas) ou machos (internas), fixados no desandador ou no cabeçote móvel, diretamente ou por meio de mandril. É usado para peças de pequeno diâmetro (até 12 mm).

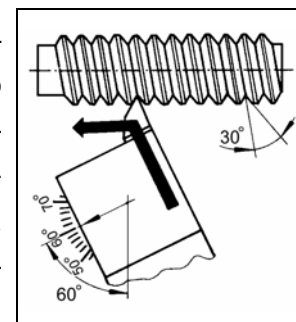


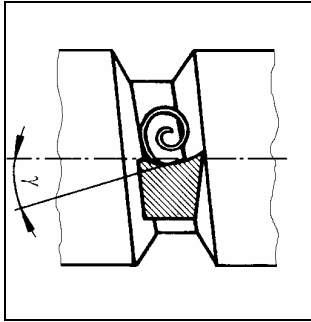
- abrir roscas com ferramentas com gume de rosqueamento (perfil), fixadas no porta-ferramentas. Empregado para roscas de dimensões e passo maiores, ou roscas não normalizadas.



O perfil da rosca que se quer obter determina a escolha da ferramenta. Ao iniciar o trabalho deve-se considerar as dimensões do filete e a dureza do material. As roscas pequenas e finas de material macio (alumínio, ferro fundido, bronze, latão), cujos cavacos se quebram facilmente, são torneadas com **penetração perpendicular** ao eixo da peça com uma ferramenta que corta frontal e lateralmente.

Para abrir roscas de passo grande ou quando o material a ros-car for duro ou de média dureza, é aconselhável usar o método de **penetração oblíqua**. Nele, um dos flancos da rosca é obtido por reprodução do perfil da ferramenta, enquanto que o outro é construído pelo deslocamento oblíquo do carro de espera do torno. Isso garante menor esforço de corte, eliminando vibrações.





A ferramenta com penetração oblíqua tem a vantagem de trabalhar com ângulo adequado de formação e saída de cavaco. Com isso, o cavaco não fica preso entre a aresta cortante e a peça e os resultados da usinagem são melhores em termos de refrigeração.

Algumas diferenças entre os dois tipos de penetração da ferramenta estão mostradas no quadro a seguir.

Características	Com penetração perpendicular	Com penetração oblíqua
Aplicação	Todos os tipos de perfis; roscas com passos até 3mm em materiais macios.	Produção em série apenas de roscas triangulares, com passos grandes. Materiais duros ou de média dureza.
Velocidade de corte	Menor vc	Maior vc, execução mais rápida.
Ferramenta de corte	Corte feito pela ponta da ferramenta. Menor resistência da ferramenta aos esforços de corte.	Corte feito lateralmente. Maior resistência da ferramenta devido ao modo de cortar. Maior facilidade para o corte.
Acabamento e exatidão	Melhor	Menor

Entre as ferramentas de abrir roscas mais usadas pelos mecânicos, são usuais os bites de aço rápido montados em portaferramentas, ou com pastilhas de metal duro.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Complete:

- a) Através da operação de roscar, você produz
- b) A ferramenta utilizada com auxílio do cabeçote móvel e desandadores para abrir roscas externas e internas é respectivamente
- c) Abrir roscas com ferramentas fixadas no porta-ferramentas é empregado para roscas de e maiores ou roscas não normalizadas.
- d) O perfil da rosca que se quer obter é que determina a escolha da
- e) As roscas de passo grande ou de material ou precisam de ferramentas com penetração oblíqua.
- f) As ferramentas de roscas mais usadas pelos mecânicos são os de aço rápido ou pastilhas de

Abrindo roscas triangulares

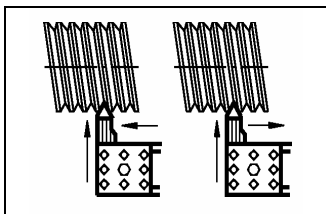
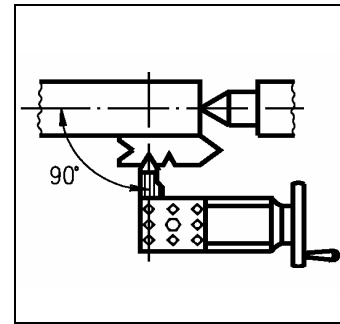
Como você já sabe, existem vários tipos de roscas que podem ser classificadas de acordo com o formato do filete: triangular, quadrado, trapezoidal, redondo e dente-de-serra. Para explicar a operação de roscar no torno, vamos usar sempre como exemplo a rosca triangular por ser a mais empregada.

Essa operação de abrir rosca consiste em dar forma triangular ao filete com uma ferramenta de perfil adequado. A ferramenta é conduzida pelo carro principal ou longitudinal.

Dependendo do tipo de torno usado, a relação entre os movimentos da ferramenta e do material é obtida com as engrenagens da

grade ou da caixa de avanço automático. O avanço deve ser igual ao passo da rosca por volta completa do material.

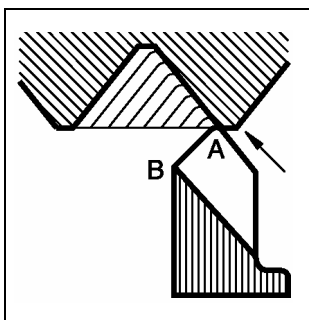
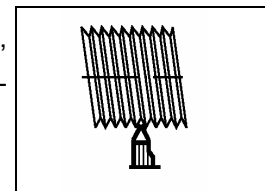
Para abrir rosca triangular por **penetração perpendicular** da ferramenta e quando a rosca desejada for do sistema métrico, usa-se uma ferramenta com ângulo de ponta de 60° . Para uma rosca do sistema Whitworth, a ferramenta terá um ângulo da ponta de 55° . Empregando-se um verificador de ângulos, conhecido como *escantilhão*, monta-se a ferramenta com o eixo longitudinal perpendicular ao eixo da peça.



Com pequenos deslocamentos iguais e laterais da ferramenta, ora em um sentido, ora em outro, e ainda com passes de profundidade iguais, ataca-se alternadamente ora o flanco esquerdo ora o flanco direito do filete da rosca.

Os deslocamentos laterais da ferramenta são controlados pelo anel graduado existente no eixo girando manualmente o volante do carro porta-ferramenta. A profundidade dos passes é controlada por outro anel graduado no eixo, girando manualmente o volante do carro transversal.

Quando a profundidade fixada pelas normas de roscas é atingida, e por meio de verificadores adequados (pente de rosca), a abertura do filete triangular é concluída.



Para abrir rosca triangular com **penetração oblíqua** da ferramenta, o eixo longitudinal da ferramenta permanece perpendicular ao eixo da peça, mas a aresta cortante **AB** da ferramenta desloca-se paralelamente a um dos flancos do filete, porque são a aresta e o bico que atacam o material.

A fim de se conseguir o deslocamento oblíquo da ferramenta, é necessário inclinar o carro superior do porta-ferramentas segundo os ângulos das roscas. Assim, para a rosca métrica ou americana (60°), $i = 60^\circ$, $2 = 30^\circ$; para rosca Whitworth (55°), $i = 55^\circ$, $2 = 27^\circ 30'$. Es-

sas são as condições teóricas para o deslocamento da aresta cortante.

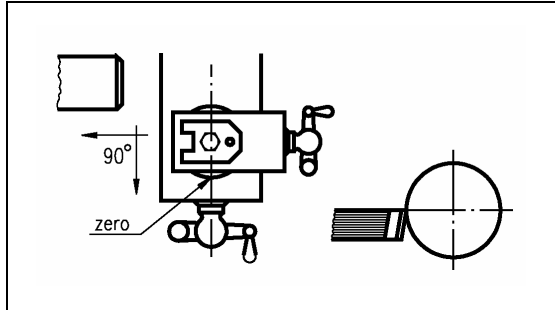
Dica tecnológica

A ferramenta deverá ter um ângulo com aproximadamente 5° **menos** que o perfil da rosca, no sentido do deslocamento.

Os sucessivos avanços da ferramenta e as profundidades dos passes são controlados respectivamente pelo anel graduado da espera e pelo anel graduado do carro transversal.

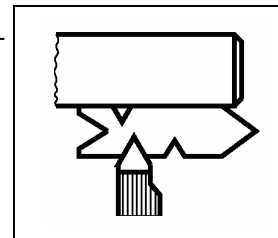
Para exemplificar uma operação de abertura de rosca, vamos descrever as etapas para a construção de uma rosca triangular externa por penetração perpendicular. Elas são:

1. Torneamento do diâmetro: o material é torneado no diâmetro externo (maior) da rosca. A ferramenta de corte não deve iniciar o trabalho com canto vivo no topo da peça. O ideal é chanfrar em um ângulo de 45° , ou arredondar com uma ferramenta própria.



2. Posicionamento da ferramenta e na altura do eixo da peça: o carro superior deve estar paralelo ao eixo para posicionar a ferramenta perpendicularmente (90°) em relação à peça.

3. Verificação do ângulo da ferramenta com escantilhão e fixação.



4. Preparação do torno usando a caixa de câmbio com as respectivas engrenagens para selecionar o avanço.

Dica tecnológica

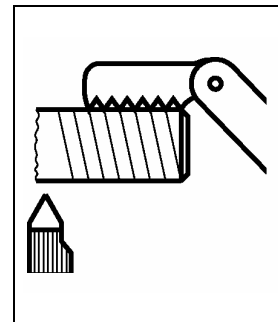
Caso o torno não tenha a caixa de câmbio, ou a rosca não seja padronizada, é necessário calcular o jogo de engrenagens na grade por meio da fórmula:

$$E = \frac{Pr}{Pf}$$

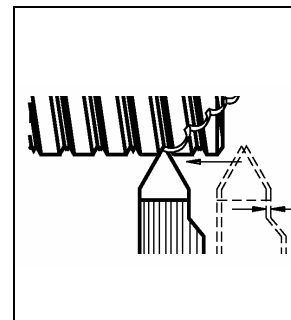
na qual **E** corresponde à relação de transmissão, **Pr** é o passo da rosca a ser aberta e **Pf** é o passo da rosca do fuso. Multiplicando-se os dois termos dessa fração por um coeficiente, obtém-se o número de dentes das engrenagens **motriz** e **conduzida** da grade.

5. Verificação da preparação:

- acionar o torno;
- aproximar a ferramenta do material para tomar referência zero no anel graduado;
- dar uma profundidade de corte de 0,3 mm;
- engatar o carro principal e deixar a ferramenta se deslocar aproximadamente 10 filetes;
- afastar a ferramenta e desligar o torno;
- verificar o passo com um verificador de rosca.

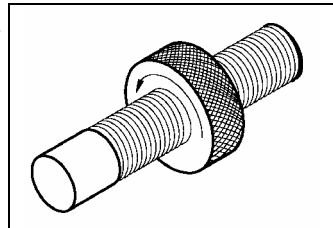


6. Retorno ao ponto inicial de corte: o retorno se faz invertendo-se o sentido de rotação do motor e com o carro engatado. Nessa etapa, dá-se nova profundidade de corte, controlando com o anel graduado os sucessivos passos para saber quando se chega à altura correta do filete. Isso é repetido até que falem alguns décimos de milímetros para a medida correta do filete.



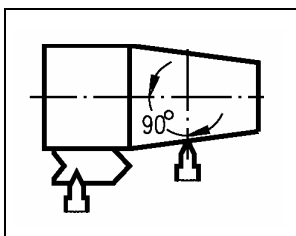
7. Término da rosca: coloca-se a ferramenta no centro do vão da rosca e com o carro em movimento dá-se a menor profundidade de corte possível até que a ferramenta de corte encoste nos flancos do filete, a fim de reproduzir exatamente sua forma, e toma-se nova referência no anel graduado. Toda a rosca deve ser repassada com a mesma profundidade de corte.

8. Verificação com um calibrador de rosca: o calibrador deve entrar justo, mas não forçado. Se necessário, repassa-se a rosca com o mínimo possível de velocidade de corte, até conseguir o ajuste.



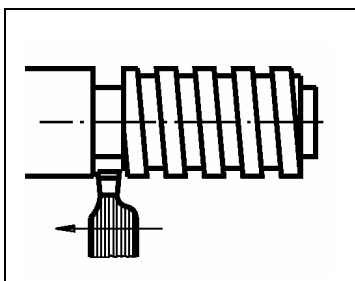
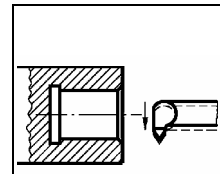
Outros tipos de roscas

Para abrir roscas **à esquerda**, o carro deve ser avançado da esquerda para a direita e o sentido de rotação do fuso, invertido. O modo de construção da rosca é o mesmo.



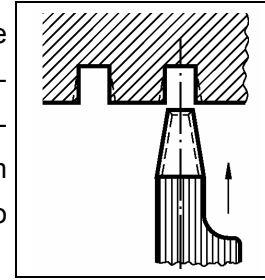
As roscas em superfícies **cônicas** são construídas com o auxílio do copiador ou com o deslocamento transversal do cabeçote móvel. O eixo da ferramenta deve estar em ângulo reto em relação ao eixo da peça e não em relação à superfície do cone.

As roscas **internas** são geralmente abertas com uma ferramenta de broquear que avança normalmente na peça. A ferramenta entra na peça em sentido oposto ao que é comumente usado para abrir rosca externa, isto é, penetra no material no sentido do operador. A profundidade de corte deve ser diminuída, pois a ferramenta tende a se flexionar se for forçada com muita intensidade por causa da distância da ponta de apoio.

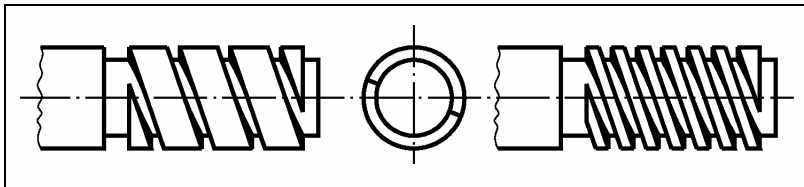


Os filetes **quadrados** são cortados com ferramentas de lados paralelos, com o suporte da espera colocado exatamente paralelo ao eixo da peça. A profundidade de corte é dada pelo carro transversal. No acabamento, o suporte da espera é usado para mover a ferramenta para a direita e para a esquerda, contra os flancos de filete.

As roscas com filetes **trapezoidais** aplicam-se na construção de parafusos e porcas que resistem a grandes esforços e que transmitem movimentos como os de tornos, fresadoras e plainas limadoras. Os filetes trapezoidais não-padronizados são cortados com uma ferramenta com um ângulo de 10° . Os parafusos ACME são cortados com ângulo de 29° .



As roscas **múltiplas** podem ser de filete duplo, tríplice, e assim por diante. Nelas, os filetes são cortados como roscas separadas. Assim, por exemplo, uma rosca tríplice ou de três entradas é cortada como três roscas separadas. Assim que uma rosca é completada, a outra é aberta no intervalo dela. A profundidade de corte, ou seja, a altura do filete, é a mesma de uma rosca simples.



Essas roscas são usadas geralmente em parafusos e porcas de comando de movimento ou de peças que exigem um fechamento rápido, tais como fusos para prensas, válvulas hidráulicas, buchas roscadas etc.

Com a operação de roscar, terminamos de descrever algumas das operações que se pode fazer em tornos universais, que dependem muito da prática e habilidade do operador. Tudo isso pode ser feito em tornos mais avançados, com mais rapidez, qualidade e eficiência. É o caso do torno CNC, do qual revelaremos alguns dos segredos na próxima aula.

Exercícios

2. Assinale com **X** a alternativa correta abaixo:

a) As roscas são classificadas conforme :

1. () o formato do filete;
2. () a profundidade do vão;
3. () a dureza do material;
4. () o passo da rosca.

b) A saliência em forma helicoidal que se desenvolve externa ou internamente ao redor de uma superfície cilíndrica ou cônica, denomina-se:

1. () passo;
2. () filete;
3. () parafuso;
4. () perfil.

c) A distância entre dois filetes consecutivos de uma rosca, medidos paralelamente ao eixo, denomina-se:

1. () perfil;
2. () parafuso;
3. () filete;
4. () passo.

d) Para as roscas métricas, Whitworth e americana, os ângulos dos perfis dos filetes são, respectivamente:

1. () 55°, 55° e 60°;
2. () 60°, 55° e 60°;
3. () 60°, 55° e 55°;
4. () 55°, 55° e 55°.

e) Ao posicionar a ferramenta de roscar no torno, o auxílio usado é:

1. () o pente de rosca;
2. () gabarito;
3. () escantilhão;
4. () verificador de rosca.

- f) Durante a execução de uma rosca no torno, controla-se a altura do filete com o:
1. () parafuso padrão;
 2. () anel graduado do carro transversal;
 3. () verificador de rosca;
 4. () escantilhão.
3. Ordene seqüencialmente numerando de 1 a 7 as etapas da construção de uma rosca por penetração perpendicular.
- a) () posicionar a ferramenta;
 - b) () preparar o torno;
 - c) () verificar com calibrador;
 - d) () terminar a rosca;
 - e) () verificar o ângulo da ferramenta;
 - f) () retorno da ferramenta ao ponto inicial de corte;
 - g) () torneamento do diâmetro.

Gabarito

1. a) Parafusos; porcas; fusos roscados.
b) Tarraxa; macho.
c) Dimensões; passos.
d) Ferramenta.
e) De média dureza; duro.
f) Bites; metal duro.
2. a) 1; b) 2; c) 4;
d) 2; e) 3; f) 3.
3. a) 2; b) 4; c) 7;
d) 6; e) 3; f) 5;
g) 1.

No final dos anos 40, a Força Aérea Americana achou que precisava de um método mais rápido e preciso de usinar as peças de formas complicadas utilizadas em seus aviões. Assim, em conjunto com uma empresa chamada Parsons Corporation e um instituto de pesquisas americano denominado MIT, começou a trabalhar num novo tipo de fresadora.

Essa máquina deveria ser capaz de entender ordens codificadas, transmitidas por meio de uma fita de papel perfurada, semelhante àquelas utilizadas em máquinas de telex. Para que pudesse compreender estas ordens e transformá-las em movimentos da ferramenta, instalou-se na máquina um equipamento eletrônico chamado controlador.

Esse controlador deveria receber as ordens, interpretá-las e, por intermédio de outros dispositivos eletrônicos, movimentar os motores elétricos associados a cada um dos eixos (transversal, longitudinal e vertical) da máquina, a cada um dos quais estava associado um sensor de posição. Esse sensor informava ao controlador se a ordem de movimentação havia sido obedecida fielmente. Caso contrário, o controlador deveria fazer a correção necessária, até que a posição desejada fosse realmente alcançada. A fresadora ficou pronta em 1952. Começava assim a era das máquinas operatrizes CN.

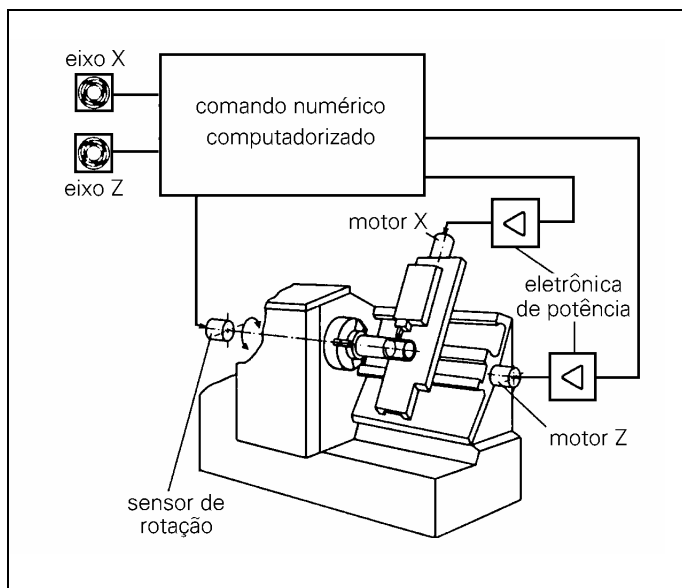
Como essa história pôs o torneamento no século XXI, e como você pode programar um torno CNC é o que você vai aprender nesta aula.

CN? Mas o que é CN?

Como você viu acima, o controlador era um equipamento eletrônico destinado a receber ordens de um operador, interpretar essas ordens, transmiti-las aos motores da máquina e tomar providências para corrigir possíveis desvios entre o que ele desejava que ocorresse e o que realmente aconteceu.

Essas “ordens” que vão para lá e para cá dentro dos circuitos eletrônicos do controlador são, na verdade, sinais elétricos. A esses sinais associa-se uma tensão elétrica. Logo, o controlador só é capaz de entender duas informações: se, num determinado momento e num certo ponto do circuito, existe tensão ou não. Se não há tensão, o controlador indica essa situação com o número 0. Se, por outro lado, há tensão, o número associado é o 1. Assim, toda máquina elétrica – e o controlador é uma delas – só “entende” esses dois números: 0 e 1.

Como o controlador utiliza esses dois números para executar suas atividades, dizemos que ele é um **controlador numérico**, ou uma máquina de controle numérico, ou, abreviadamente, **CN**.



Na época, ainda não se falava em computador. Esses controladores eram, na verdade, grandes calculadoras eletrônicas com circuitos constituídos de relês ou válvulas eletrônicas. Com o passar do tempo, os componentes eletrônicos ficaram menores e mais

poderosos, até que nos anos 70 foi desenvolvido um tipo especial de componente eletrônico: o microprocessador. A partir daí, a sigla CN ganhou uma nova letra “C”, e o controlador de máquinas-ferramenta passou a denominar-se **CNC**, ou seja, **Comando Numérico Computadorizado**.

Mas, como você já deve ter imaginado, seria muito difícil para o homem dar ordens para as máquinas utilizando-se apenas de códigos formados por “zeros e uns”. Assim, foram desenvolvidas linguagens de programação de máquinas operatrizes CNC.

Essas linguagens são constituídas por um conjunto de símbolos: as funções. Elas fazem o papel das palavras numa linguagem humana natural, como o português ou inglês. Para unir essas funções de modo que se forme um programa compreensível para o CNC, existem algumas regras, assim como em qualquer idioma.

Utilizando-se dessas linguagens, o homem é capaz de escrever um programa que pode ser comparado a uma receita de bolo. Nessa receita estão descritas, passo a passo, todas as tarefas que a máquina deverá realizar numa linguagem que ela seja capaz de entender.

Um programa para máquinas-ferramenta CNC é constituído por uma grande quantidade de códigos. A maior parte deles “manda” a ferramenta se mover em relação à peça segundo uma determinada trajetória. Pode-se dizer, assim, que o controlador numérico é um computador com uma tarefa bem específica: controlar movimentos. E isso vale para qualquer máquina-ferramenta, incluindo o torno.

Mas, se queremos dizer para onde a ferramenta deve se mover, precisamos, antes de mais nada, de um sistema de referência, também chamado de **sistema de coordenadas**.

Brincando de localizar pontos

Mas o que é um sistema de coordenadas, afinal?

Imagine a seguinte situação: depois de um longo dia de trabalho, você está parado num ponto de ônibus esperando (aliás, já há bastante tempo) a bendita condução. Alguém se aproxima e pergunta:

- Por favor, meu amigo, onde fica o banco Cruzeiro do Sul?
- Ah, é fácil – você responde. – Siga por esta mesma rua durante dois quarteirões e vire à direita. Ande mais três quarteirões, e pronto.

Observe que, para explicar a localização do banco, você precisou de algumas coisas: primeiramente, um ponto de partida. No caso acima, esse ponto de partida é o ponto de ônibus onde você estava quando lhe fizeram a pergunta.

Além do ponto de partida, você precisou de duas direções de movimentação. Quando você disse “Siga por esta rua”, na verdade, você indicou uma direção em que a pessoa deveria andar. Mas numa mesma direção, você pode ter dois sentidos possíveis: para lá ou para cá. Quando você apontou o braço, na verdade ficou claro em que sentido a pessoa deveria andar.

A outra direção (e sentido) foi dada quando você disse: “Vire à direita”. Você não apenas indicou que ela deveria mudar de direção (virar), mas também deixou claro o sentido (à direita). Numa cidade bem planejada, como Brasília, por exemplo, essas duas direções formariam um ângulo de 90 graus, ou seja, seriam perpendiculares. E, finalmente, para completar a informação, precisamos dizer quanto a pessoa deve andar em cada direção: Dois quarteirões na primeira direção e três, na segunda.

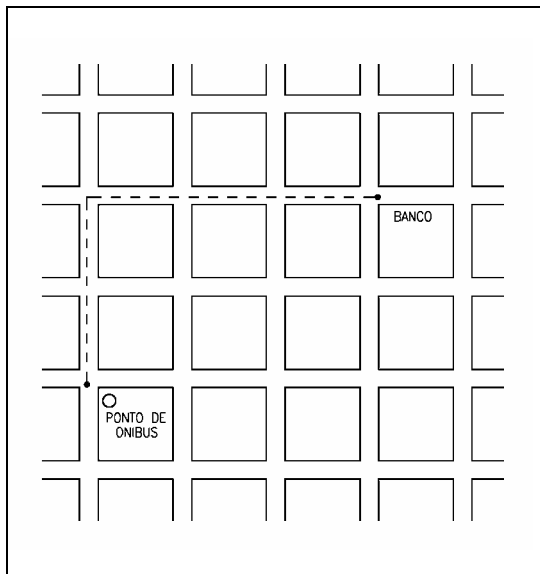
Muito bem! Com um ponto de partida, duas direções e sentidos e dois valores de deslocamentos (também chamados de módulos), conseguimos explicar à pessoa como chegar ao banco.

As máquinas CNC, para poderem posicionar a ferramenta, precisam exatamente das mesmas informações. Só que, agora, vamos usar os nomes técnicos para todos esse dados. Vamos lá!

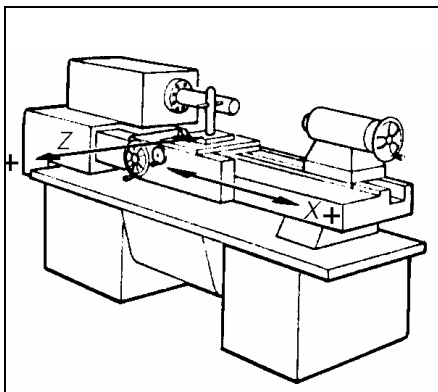
O ponto de partida é chamado de **origem** ou “**Zero-peça**”.

As duas direções são chamadas de **eixos**. No caso de um torno, temos o eixo **X** (transversal) e o eixo **Z** (longitudinal).

Para indicar o sentido de deslocamento, usamos os sinais positivo ou negativo. Quando não se coloca o sinal, a máquina entende que se trata do sentido **positivo**.



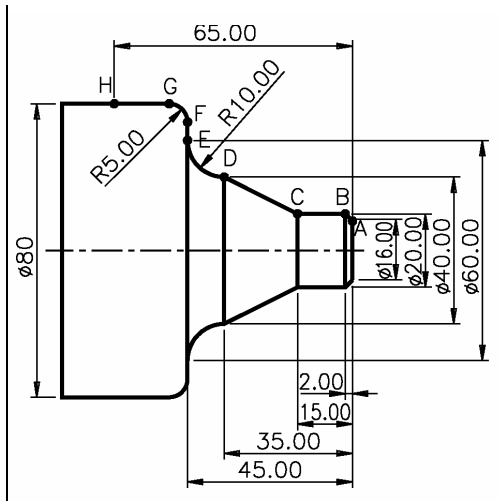
E os valores de deslocamento são chamados de **coordenadas**. Temos, então, a **coordenada X** e a **coordenada Z**. No nosso exemplo, as coordenadas do banco seriam os valores 2 e 3, isto é, dois quarteirões numa direção e três quarteirões na outra. Em usinagem, a unidade de medida das coordenadas não será, é claro, quarteirões. Elas serão indicadas em milímetros ou polegadas.



Observe agora, na figura abaixo, o desenho de uma peça a ser torneada. Vamos imaginar, inicialmente, que a matéria-prima já se

encontra faceada e desbastada, restando apenas realizar um único passe de acabamento ao longo de todo o perfil da peça.

A primeira coisa a fazer é escolher o Zero-peça. Para peças torneadas, esse ponto deve estar obrigatoriamente sobre o eixo de simetria da peça, ou seja, sobre o eixo Z. Mas você deve estar pensando: “Puxa... mas sobre o eixo Z há infinitas possibilidades de se escolher um ponto... Qual, então, devo escolher?”

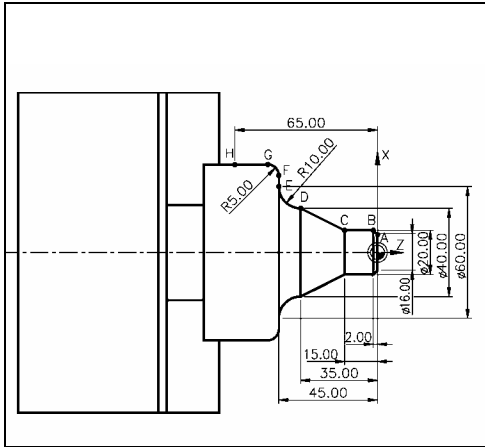


Teoricamente, qualquer ponto pode ser escolhido. No entanto, para a facilitar a obtenção dos valores das coordenadas dos pontos que compõem o perfil, há duas escolhas adequadas: a face direita ou a face esquerda da peça. A opção depende do programador de máquinas CNC. No entanto, é importante que, uma vez escolhida uma determinada face, você se mantenha fiel a ela para todas as peças que venha a programar. Caso contrário, você estará complicando a vida do preparador da máquina e aumentando a probabilidade de acidentes.

Vamos posicionar, então, o zero-peça na face direita, conforme a figura ao lado. Observe que os eixos X e Z “nascem” nesse ponto. Daí porque também costumamos chamar esse ponto de “origem”.

Observe que as setas nas extremidades das linhas que representam os eixos indicam o sentido positivo dos respectivos eixos. Assim, se, saindo do zero-peça, andarmos para a direita ao longo

do eixo Z, estaremos percorrendo o sentido positivo do eixo e todas as coordenadas Z dos pontos nessa região serão valores positivos. No entanto, se andarmos para a esquerda, estaremos percorrendo o sentido negativo do eixo Z. Agora, as coordenadas Z dos pontos serão negativas.



O mesmo ocorre com o eixo X. Do zero-peça para cima temos coordenadas X positivas e do zero-peça para baixo, coordenadas X negativas.

Vamos, agora, encontrar as coordenadas X e Z de cada um dos pontos A até H mostrados no desenho. Para fazer isso, você deve imaginar que está sempre no zero-peça e se perguntar: “Para chegar a tal ponto, quantos milímetros devo andar ao longo do eixo X e quantos milímetros devo andar ao longo do eixo Z?”

Bem, vamos tentar para o ponto A. Para chegar ao ponto A, quantos milímetros devo andar ao longo do eixo X? Saindo da origem, para chegar ao ponto A, devemos andar 8 milímetros (porque o diâmetro da peça é 16 milímetros) no sentido positivo do eixo. Logo a coordenada X é +8 ou, para simplificar, 8.

Mas, veja bem. Os desenhos de peças torneadas sempre indicam as medidas dos diâmetros e não dos raios. Os instrumentos de medição que ajudam a realizar o controle dimensional da peça medem diâmetros e não raios. Dessa forma, os fabricantes dos comandos numéricos resolveram fazer com que suas máquinas também fossem programadas utilizando-se os diâmetros das peças. Assim, embora matematicamente o valor da ordenada X seja

de 8 milímetros, como vimos acima, o valor que deverá aparecer no programa será o do diâmetro, ou seja, 16 milímetros. Feita essa observação, a coordenada X do ponto A será 16.

E a coordenada Z do ponto A? Bem, basta fazer aquela boa e velha pergunta: “Para chegar ao ponto A, saindo do zero-peça, quantos milímetros devo andar ao longo do eixo Z?”. Como tanto o ponto A quanto o zero-peça encontram-se na mesma face da peça, a coordenada Z dos dois pontos é a mesma. Ou seja, zero. Isso mesmo: para chegar ao ponto A saindo do zero-peça não preciso andar nada ao longo do eixo Z.

Lembre-se de que, quando você fornece uma informação a alguém dizendo “É só ir reto por aqui”, fica claro que não é necessário andar na outra direção. Não precisa “virar” ou “dobrar a esquina”. É o que ocorre com o ponto A: para chegar a ele é só andar 16 milímetros (na verdade, 8) no sentido positivo do eixo X. E pronto, você está lá.

Vamos achar, agora, a coordenada do ponto B. Para chegar ao ponto B saindo do zero-peça, devemos andar 10 mm no sentido positivo do eixo X. No entanto, vamos considerar, como já foi dito, o valor do diâmetro. Ou seja, 20 mm.

Depois “virmos à esquerda” e andamos 2 mm no sentido negativo do eixo Z. Dessa forma, temos que a coordenada X do ponto B é 20 e a coordenada Z é - 2. Logo, as coordenadas do ponto B podem ser representadas como (20, - 2).

Devemos fazer a mesma coisa com todos os outros pontos. Mas lembre-se: **você sempre deve imaginar que está saindo do zero-peça.**

As coordenadas encontradas dessa maneira são chamadas de coordenadas absolutas. Nesse caso, o sistema de coordenadas, formado pelo zero-peça e pelos eixos X e Z, está absolutamente imóvel. O zero-peça encontra-se sempre na face direita e na linha de centro da peça, independentemente de qual ponto se esteja querendo determinar as coordenadas.

Se você quiser achar as coordenadas do próximo ponto do perfil, partindo-se do ponto anterior, aí então dizemos que a coordenada encontrada é relativa. Indica quanto você deve andar a partir do ponto anterior e não do zero-peça.

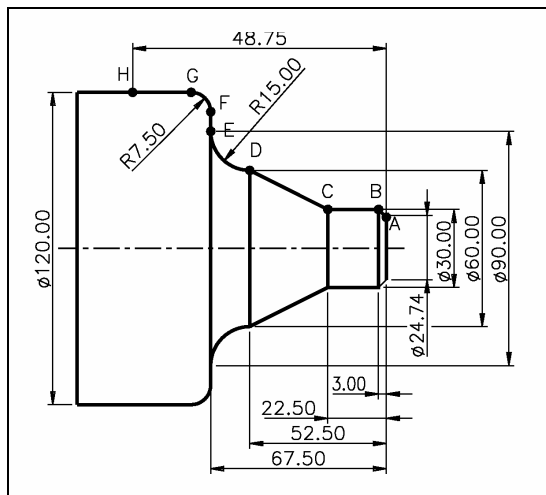
As máquinas CNC podem utilizar os dois sistemas de coordenadas: o absoluto e o relativo. Porém, para não complicar sua vida, vamos utilizar apenas coordenadas absolutas, mais usadas na prática.

Além disso, é importante observar que a maioria dos comandos numéricos exige que se coloque um ponto decimal nos valores de coordenadas. Assim, para esses comandos, 16 equivale, na verdade, a 0,016 mm. Se quisermos representar 16 mm, devemos programar **16.** (dezesseis ponto).

Pare! Estude! Responda!

Exercício

1. Ache as coordenadas X e Z dos demais pontos do desenho.



	X	Z
A	16.	0
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		

Ponto	Coordenada	Coordenada
-------	------------	------------

Iniciando um programa de usinagem

Para programar uma máquina CNC, você deve falar na linguagem dela. Bem, falar não é bem o termo. Pelo menos, ainda não. Devemos, na verdade, escrever as instruções que a máquina deve executar numa linguagem que ela entenda. Essas instruções têm, como já vimos, a forma de códigos ou símbolos chamados funções. Cada função faz a máquina executar uma determinada tarefa. Muitas dessas funções apresentam a letra “G”, daí porque alguns costumam referir-se à linguagem de programação de máquinas-ferramenta CNC como “linguagem G”. O nome tecnicamente mais correto, no entanto, é linguagem ISO, em razão da sigla da organização internacional que padronizou, em parte, as funções de programação entre os vários fabricantes de comandos numéricos.

Como exemplo de programação, vamos usinar a peça da página 147. Para isso, devemos dar algumas instruções à máquina. Essas instruções ou funções são agrupadas em linhas, denominadas **blocos**. Para sinalizar o fim de cada bloco, usa-se um sinal característico que muda conforme o comando usado: alguns usam ponto-e-vírgula (;), outros usam #.

Para instruir a máquina, você tem que conhecer as funções “G” que englobam as funções preparatórias e as funções “M”, que são as funções miscelâneas ou auxiliares. Outras funções indicadas por letras são:

- **F** - indica a velocidade de avanço em mm/volta ou pol/volta. É sempre acompanhada por um valor numérico. Por exemplo, **F Ø.25** indica que a máquina assumirá um avanço de **Ø 25** mm por rotação do eixo-árvore.
- **T** - indica a ferramenta e o corretor (função para corrigir coordenadas). Também é acompanhada de um número. Assim, **TØ 3Ø 3** indica ferramenta **3** e corretor **3**.
- **X** - indica posicionamento do eixo transversal (coordenada de diâmetro).
- **Z** - indica posicionamento do eixo longitudinal (coordenada de comprimento).
- **N** - indica o número seqüencial de blocos. Normalmente, a numeração é feita de 5 em 5 para flexibilizar ainda mais a pro-

gramação. Por exemplo: na numeração N5, N10, N15, você pode inserir N1, N5, N6, N7, N10, N15, N16 etc.

- **O** – identifica o número do programa.
- **S** – indica a velocidade de corte.

Fique por dentro

Para programar um torno CNC, você deve sempre consultar o manual de programação da máquina. Como curiosidade, vamos listar algumas funções “G” e “M” que costumam ser comuns à maioria dos tornos CNC.

Funções “G”	Designação	Funções “M”	Designação
G0	Posicionamento rápido	M00	Parada de programa
G01	Interpolação linear	M01	Parada opcional de programa
G02 e G03	Interpolação circular	M03	Sentido horário de rotação do eixo-árvore
G40	Cancela compensação do raio da ponta da ferramenta	M04	Sentido anti-horário de rotação do eixo-árvore
G41	Compensação do raio da ponta da ferramenta (esquerda)	M05	Desliga o eixo-árvore
G42	Compensação do raio da ponta da ferramenta (direita)	M08	Liga o refrigerante de corte
G20 ou G70	Admite programa em polegada	M09	Desliga o refrigerante de corte
G21 ou G71	Admite programa em milímetro	M30	Fim de programa com rebobinamento automático da memória
G91	Programação em coordenadas incrementais		
G96	Programação em vc constante		

O programa é a reunião de vários blocos. Cada programa tem um número de identificação que depende do tipo de comando empregado. Assim, o primeiro bloco do programa fica: **NØ1 O 1000**; Isso significa que este será o programa número 1000.

Depois de identificar o programa, podemos, por meio da função **G21**, dizer à máquina que os valores de coordenadas são dados em milímetros e, por intermédio da função **G99**, especificar que a

unidade de medidas do avanço será mm/rot. Assim, o segundo bloco do programa fica: **NØ5 G21 G99;** .

A seguir devemos:

- a) Girar a torre porta-ferramentas, posicionando a ferramenta de acabamento número 3. Para fazer isso, devemos programar a função **TØ3Ø3**.
- b) Definir que vamos trabalhar com velocidade de corte constante, através da função **G96**, e que esta velocidade é de 250 m/min. Indicamos isso como **S250**.

Dica tecnológica

A possibilidade de trabalhar com velocidades de corte constantes é uma das vantagens dos tornos CNC. À medida que a ferramenta se aproxima do centro da peça, a rotação da placa aumenta de modo a manter a velocidade de corte constante, de acordo com os valores ótimos obtidos dos catálogos dos fabricantes de ferramentas.

- c) Ligar a placa no sentido anti-horário (olhando-se da placa para a contraponta). Isso é feito por meio da função M4. Para ligar a placa no sentido horário, usamos a função M3. A escolha entre M3 e M4 depende do tipo de ferramenta (direita ou esquerda) e de como ela está fixada na torre porta-ferramentas. Assim, esses blocos ficam: **N10 T0303; N15 G96 S250 M4;**

Em seguida, devemos limitar a rotação da placa. Caso contrário, à medida que a ferramenta se aproxima do centro e a rotação aumenta (para manter a velocidade de corte constante), o risco da peça escapar da placa também aumenta. Assim, se quisermos que a máxima rotação da placa seja de 2500 rpm, devemos programar: **N20 G50 S2500;**

Convém observar que, dependendo do fabricante do comando numérico, a função de limitação de rotação pode apresentar um código diferente.

Movimentando a ferramenta

As funções mais comuns num programa CNC são as responsáveis pelos deslocamentos das ferramentas. São elas:

GØ: Para deslocar a ferramenta no maior avanço disponível numa determinada máquina, por exemplo, 30.000 mm/min. Essa função é usada para aproximar a ferramenta da peça e afastá-la após o término da usinagem.

G1 : Para deslocar a ferramenta num movimento linear com um avanço de usinagem dado pela função F em mm/rot ou mm/min. Essa função é usada para facear, cilindrar e tornear cones, ou seja, descrever movimentos retilíneos.

G2 : Para deslocar a ferramenta num movimento circular no sentido horário com um avanço de usinagem, dado pela função F, em mm/rot ou mm/min. Também deve ser especificado o raio do arco que a ferramenta deverá descrever.

G3 : Para deslocar a ferramenta num movimento circular no sentido anti-horário com um avanço de usinagem, dado pela função F, em mm/rot ou mm/min. Assim como em G2, também deve ser especificado o raio do arco que a ferramenta deverá descrever.

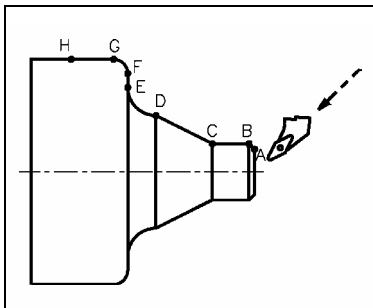
Antes de começar a usinagem do perfil, no entanto, devemos deslocar a ferramenta até um ponto próximo ao perfil. Vamos escolher o ponto de coordenada X=12. e Z=2. Para chegarmos até esse ponto por meio de um deslocamento rápido, devemos programar: **N25 GØ X12. Z2.;**

Observe que a coordenada que aparece junto à função GØ é a do ponto-destino, para onde se deseja que a ferramenta se desloque. O mesmo ocorre com as funções G1, G2 e G3.

Agora podemos ligar o fluido de corte por meio da função M8, colocada no mesmo bloco. Temos, então: **N25 GØ X12. Z2. M8;**

Aqui cabe uma observação importante a respeito do que se chama de compensação do raio da ponta da ferramenta. Os tornos CNC usam, normalmente, ferramentas com insertos de metal duro. Esses insertos têm os vértices arredondados.

No entanto, os comandos numéricos movimentam a ferramenta ao longo do perfil como se ela não tivesse esse arredondamento. Isso, se não for corrigido, ou, compensado, para usar a palavra correta, acaba ocasionando erros nas medidas das peças usinadas. Para que a máquina compense automaticamente essa diferença de modo a produzir peças perfeitas, utilizam-se as funções de compensação. Como, no caso, estamos realizando uma usinagem externa, com a ferramenta deslocando-se à direita do perfil, a função utilizada é a **G42**, que deve ser incluída no bloco posterior ao da aproximação da ferramenta. Teremos, então: **N25 GØ X12. Z2. M8; N30 G42;**

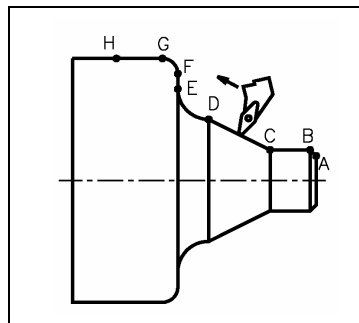


Ativada a compensação e concluída a aproximação da ferramenta, devemos, em seguida, chegar até o ponto A, de coordenada X=16. e Z=0. (ver tabela que você preencheu no exercício 1) através de um movimento linear dado pelo bloco: **N35 G1 X16. ZØ. FØ.25;** . Observe que a função F indica que o avanço de usinagem é de 0.25 mm/rot.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

- Escreva os blocos para movimentar a ferramenta para os pontos C e D, respectivamente, conforme exemplo do ponto B:
 De A até B: N40 G1 X20. Z-2. F0.25;
 De B até C: N45
 De C até D: N50



Observação: O que permanece igual de um bloco para outro, não precisa ser reprogramado. Assim, os blocos acima podem ficar: **N40 G1 X20. Z-2.;** E porque o avanço já estava no bloco anterior: **N45 Z-15.;** **N50 X40. Z-35.;**

Observe agora que, de D para E, a ferramenta deve descrever um arco de raio 10 mm, no sentido horário. Esse movimento é programado como: **N55 G2 X60. Z-45. R10.;** em que R é a função que indica o raio do arco. O valor de avanço (0.25 mm/rot) dado pela função F continua valendo desde a primeira vez em que foi programado, não precisando ser reprogramado. Continuando o perfil, temos: de E para F: **N6Ø G1 X70. Z-45.;** de F para G: **N65 G3 X80. Z-50. R5. ;** de G para H: **N7Ø G1 Z-65.;**

Concluída a usinagem, afastamos a ferramenta do perfil e desligamos o fluido de corte por meio da função M9. Temos, então: **N75 G1 X85. M9;** . No bloco seguinte, ativamos a descompensação do raio da ponta da ferramenta utilizando a função G40. Teremos, então: **N80 G40.;** Para que ocorra a descompensação é necessário um movimento linear da ferramenta. Temos, então: **N85 G1 X 86.Z-64.;**

A seguir, deslocamos rapidamente a ferramenta para longe da peça, para facilitar sua retirada da placa e desligamos a placa por meio da função M5. Finalmente, indicamos, por meio da função M30, que o programa terminou. Temos, então: **N90 GØX200. Z200. M5;** **N95 M30.;**

Ao final, o seu programa ficou assim:

```
N01 O 1000;
N05 G21 G99;
N10 TØ3Ø3;
N15 G96 S250 M4;
N20 G5Ø S2500;
N25 GØ X12. Z2. M8;
N30 G42;
N35 G1 X16. ZØ. FØ.25;
N40 G1 X20. Z-2. FØ.25; (ou N40 X20. Z-2.;)
N45 G1 X20. Z-15. FØ.25; (ou N45 Z-15.;)
N50 G1 X40. Z-35. FØ.25; (ou N50 X40. Z-35.;)
N55 G2 X60. Z-45. R10. FØ.25; (ou N55 G2 X 60. Z-45. R10.;)
N60 G1 X70. Z-45.;
```

N65 G3 X80. Z-50. R5.;
 N70 G1 Z-65.;
 N75 G1 X85. M9.;
 N80 G40;
 N85 G1 X86. Z-64.;
 N90 GØ X200.Z200. M5;
 N95 M30;

Depois de criado o programa, ele é inserido no computador da máquina por meio do teclado. Se a máquina tem simulador, deve-se simular graficamente o trabalho de usinagem. E corrigir o programa se necessário.

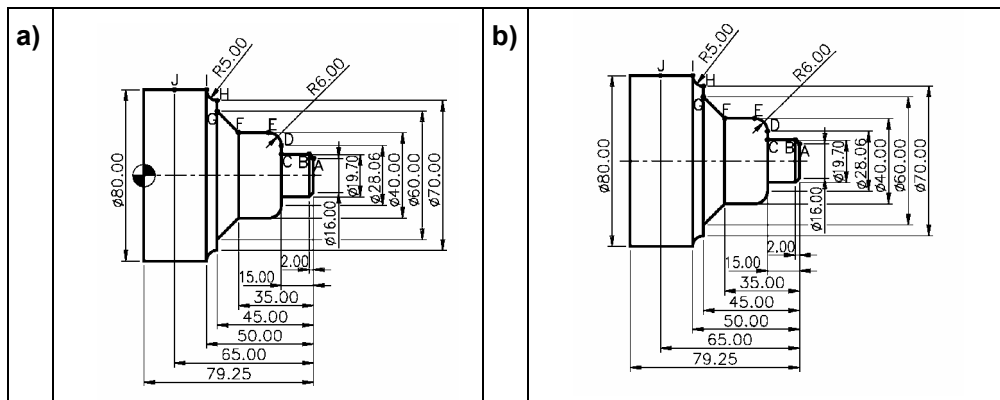
O passo seguinte, é montar as ferramentas nos suportes e fazer seu referenciamento, isto é, informar à máquina a dimensão das ferramentas e seu posicionamento em relação ao “zero máquina” estabelecido pelo fabricante da máquina, e ao “zero-peça” estabelecido no programa.

Finalmente, o torno é acionado e a peça é usinada. A partir daí, é possível fazer tantas peças quantas forem necessárias sempre com a mesma rapidez, exatidão, e qualidade.

Pare! Estude! Responda!

Exercício

- Para cada uma das peças das figuras abaixo, crie um programa de usinagem para dar um passe de acabamento ao longo do perfil externo.



Gabarito

1. a) 16 - 0
b) 20 - 2
c) 20 - 15
d) 40 - 35
e) 60 - 45
f) 70 - 45
g) 80 - 50
f) 80 - 65

2. de B até C N 45 **G1 X 20.Z - 15.** **FØ. 25;**
de C até D N 50 **G1 X 36.Z - 15.** **FØ. 25;**

3. a) NØ101ØØ1;
NØ5G21G99;
N1ØTØ1Ø1;
N15G96S3ØØM4;
N2ØG5ØS2ØØØ;
N25GØX22.Z122M8;
N3ØG42;
N35G1x24Z119.88F02;
N4ØG1X3ØZ116.88;
N45G1Z97.38;
N5ØG1X34;
N55G3X6ØZ9438R3.;
N6ØG1Z67,38;
N65G2X9ØZ52.38R15.;
N7ØG1X105.74;
N75G1X120.06Z44.88;
N8ØG1Z22.38;
N85G1X123.M9;
N9ØG40;
N95G1X124.Z24;
N1ØØGØX2ØØ.M5;
N1Ø5M3Ø;

b) NØ101ØØ2;
NØ5G21G99;
N1Ø TØ2Ø2;
N15G96S28ØM4;
N2ØG5ØS3ØØØ;
N25GØX14.Z82M8;
N3ØG42;
N35G1X24Z119.88F02;
N4ØG1X3ØZ116.88;
N45G1Z64.25;
N5ØG1X28.06;
N55G3X40.Z58.25R6.;
N6ØG1Z44.25;
N65G1X6Ø.Z34.25;
N7ØG1X7Ø;
N75G2X80.Z29.25R5.;
N8ØG1Z14.25;
N85G1X83.M9;
N9ØG40;
N9561X84.Z16.;
N1ØØGØX200.Z2ØØ.M5;
N1Ø5M3Ø;

Fresagem

As peças a serem usinadas podem ter as mais variadas formas. Este poderia ser um fator de complicação do processo de usinagem. Porém, graças à máquina fresadora e às suas ferramentas e dispositivos especiais, é possível usinar praticamente qualquer peça e superfícies de todos os tipos e formatos. A operação de usinagem feita por meio da máquina fresadora é chamada de fresagem.

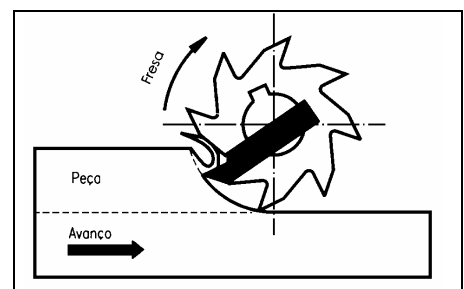
Neste livro, você vai estudar as diversas operações de fresagem que podem ser executadas com a máquina fresadora.

O que é fresagem

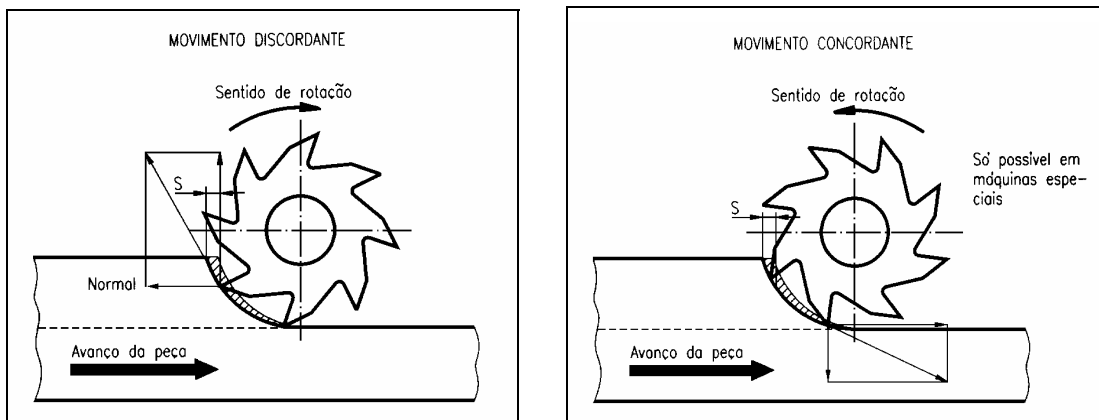
A **fresagem** é um processo de usinagem mecânica, feito por fresadoras e ferramentas especiais chamadas fresas. A fresagem consiste na retirada do excesso de metal ou sobremetal da superfície de uma peça, a fim de dar a esta uma forma e acabamento desejados.

Na fresagem, a remoção do sobremetal da peça é feita pela combinação de dois movimentos, efetuados ao mesmo tempo. Um dos movimentos é o de rotação da ferramenta, a fresa. O outro é o movimento da mesa da máquina, onde é fixada a peça a ser usinada.

É o movimento da mesa da máquina ou movimento de avanço que leva a peça até a fresa e torna possível a operação de usinagem. Veja esquema ao lado.

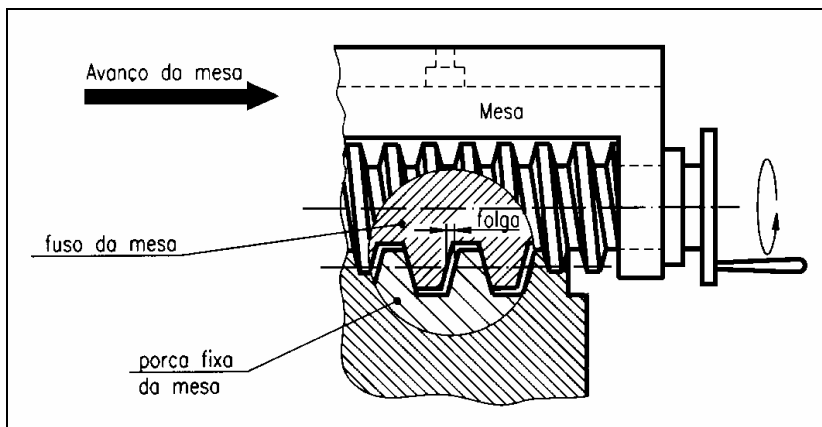


O movimento de avanço pode levar a peça contra o movimento de giro do dente da fresa. É o chamado movimento discordante. Ou pode também levar a peça no mesmo sentido do movimento do dente da fresa. É o caso do movimento concordante.



A maioria das fresadoras trabalha com o avanço da mesa baseado em uma porca e um parafuso. Com o tempo e desgaste da máquina ocorre uma folga entre eles. Veja figura abaixo.

No movimento concordante, a folga é empurrada pelo dente da fresa no mesmo sentido de deslocamento da mesa. Isto faz com que a mesa execute movimentos irregulares, que prejudicam o acabamento da peça e podem até quebrar o dente da fresa.



No movimento discordante, a folga não influi no deslocamento da mesa. Por isso, a mesa tem um movimento de avanço mais uniforme. Isto gera um melhor acabamento da peça.

Assim, nas fresadoras dotadas de sistema de avanço com porca e parafuso, é melhor utilizar o movimento discordante. Para tanto,

basta observar o sentido de giro da fresa e fazer a peça avançar contra o dente da ferramenta.

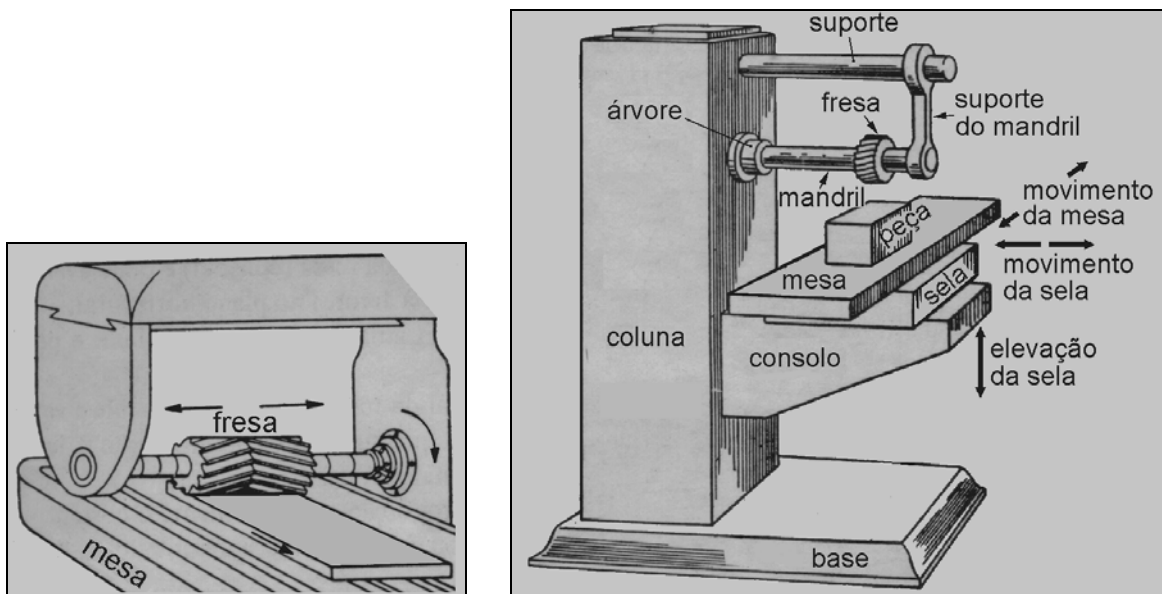
Como outros processos, a fresagem permite trabalhar superfícies planas, convexas, côncavas ou de perfis especiais. Mas tem a vantagem de ser mais rápido que o processo de tornear, limar, aplainar. Isto se deve ao uso da fresa, que é uma ferramenta multicortante.

Fresadoras

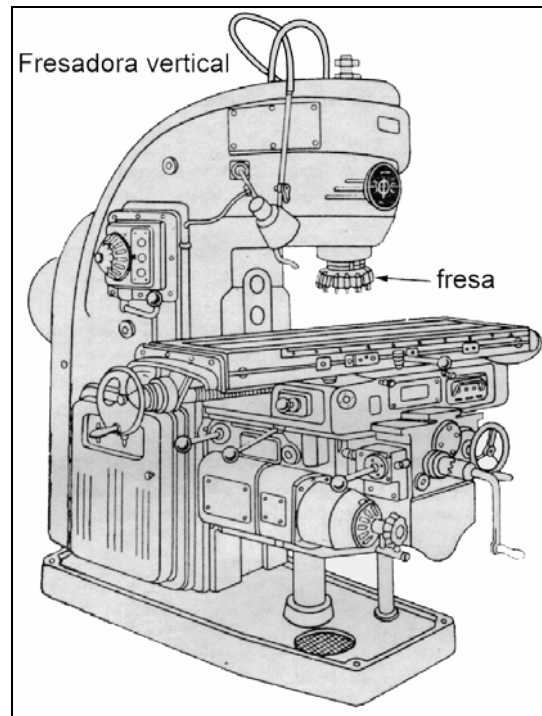
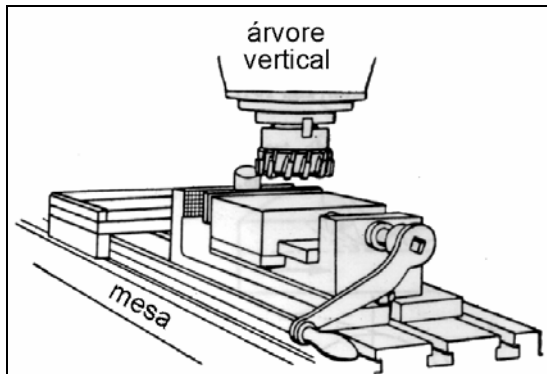
As máquinas fresadoras são classificadas geralmente de acordo com a posição do seu eixo-árvore em relação à mesa de trabalho. Mesa de trabalho é o lugar da máquina onde se fixa a peça a ser usinada. O eixo-árvore é a parte da máquina onde se fixa a ferramenta.

As fresadoras classificam-se em relação ao eixo-árvore em horizontal, vertical e universal.

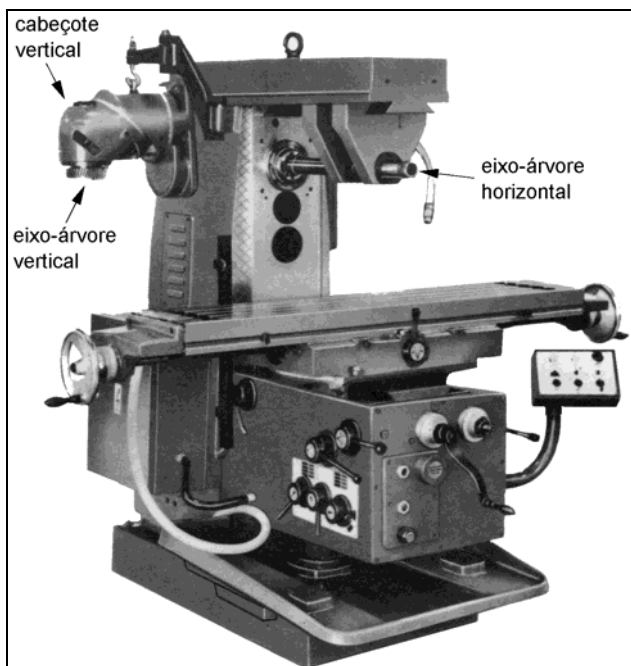
A fresadora é **horizontal** quando seu eixo-árvore é paralelo à mesa da máquina.



Se o eixo-árvore for perpendicular à mesa da máquina, dizemos que se trata de uma fresadora vertical.

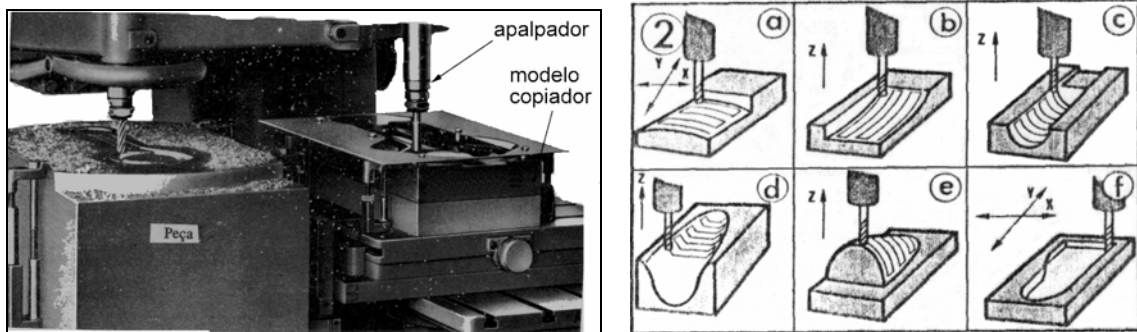


Já a **fresadora universal** dispõe de dois eixos-árvore, um horizontal e outro vertical. O eixo vertical situa-se no cabeçote, parte superior da máquina. O eixo horizontal localiza-se no corpo da máquina. O fato de a fresadora universal dispor de dois eixos permite que ela seja utilizada tanto na posição horizontal quanto na vertical.

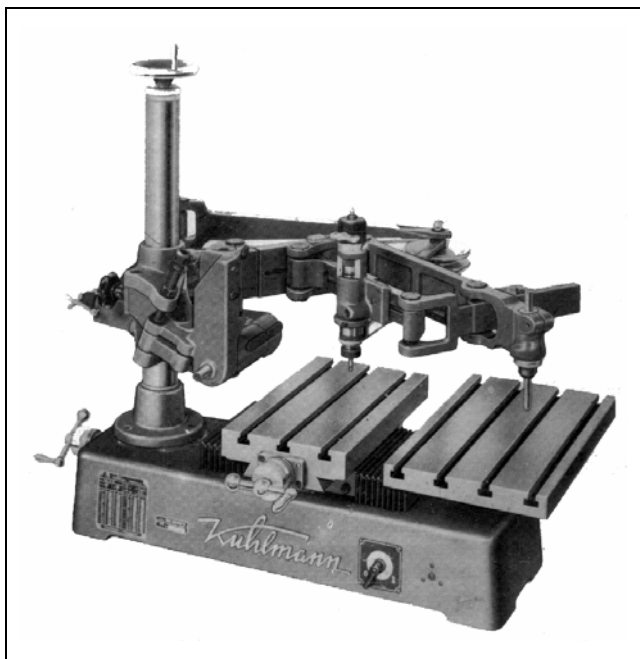


Não pense porém que há apenas esses tipos de fresadoras! Há outras que tomaram como modelo as fresadoras horizontais e verticais, mas não funcionam do mesmo modo.

Uma delas é a **fresadora copiadora**, que trabalha com uma mesa e dois cabeçotes: o cabeçote apalpador e o de usinagem. Como o nome diz, a fresadora copiadora tem a finalidade de usinar, copiando um dado modelo.



Outro tipo de fresadora é a fresadora pantográfica ou o pantógrafo. Como a fresadora copiadora, o pantógrafo permite a cópia de um modelo.



No pantógrafo, a transmissão do movimento é coordenada manualmente pelo operador. Isso permite trabalhar detalhes como canais e pequenos raios, mais difíceis de serem obtidos numa fresadora copiadora.

Quanto aos modelos, eles podem ser confeccionados em material metálico, como o aço e o alumínio, ou ainda em resina. A escolha do material depende do número de peças a ser copiado. Devido à sua resistência, modelos em aço são recomendáveis para um número elevado de cópias. Caso o modelo seja utilizado poucas vezes, para a cópia de duas ou três peças por exemplo, recomenda-se o uso da resina.

Há também a fresadora CNC e as geradoras de engrenagens, das quais falaremos em aulas específicas, neste mesmo livro.

Pare! Estude! Responda

Exercícios

Assinale com **X** a alternativa correta.

1. As fresadoras são geralmente classificadas de acordo com:
 - a) () sua estrutura, peso e tipo de eixo-árvore;
 - b) () a posição da base em relação ao eixo-árvore;
 - c) () a posição do eixo-árvore em relação à mesa;
 - d) () a posição do eixo-árvore em relação ao cabeçote.

2. Faça corresponder corretamente as fresadoras (coluna **A**) quanto à posição dos eixos-árvore (coluna **B**).

Coluna A	Coluna B
1. () Horizontal	a) Horizontal e vertical
2. () Universal	b) Paralelo à mesa da máquina
3. () Angular, universal	c) Perpendicular à mesa da máquina
4. () Vertical	
5. () Plana, vertical	

Fresas

A fresa é dotada de facas ou dentes multicortantes. Isto lhe confere uma vantagem sobre outras ferramentas: quando os dentes não estão cortando, eles estão se refrigerando. Isto contribui para um menor desgaste da ferramenta.

Fique por dentro

Quanto menor o desgaste, maior vida útil da ferramenta.

A escolha da ferramenta é uma das etapas mais importantes da fresagem. Ela está relacionada principalmente com o tipo de material a ser usinado.

Ao escolher uma fresa, deve-se levar em conta se ela é resistente ao material que será usinado. Os materiais são mais ou menos resistentes. Assim, uma fresa adequada à usinagem de um material pode não servir para a usinagem de outro.

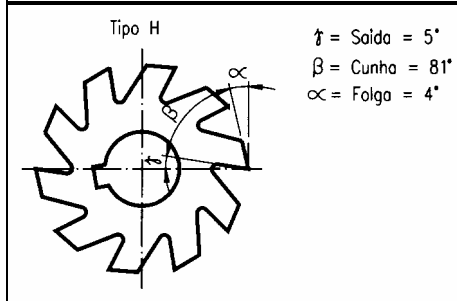
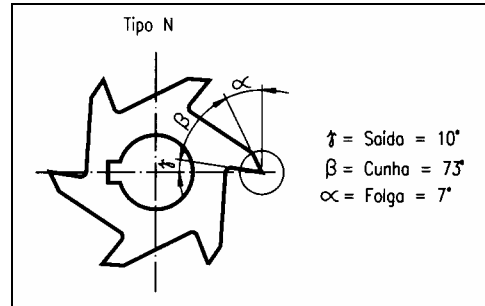
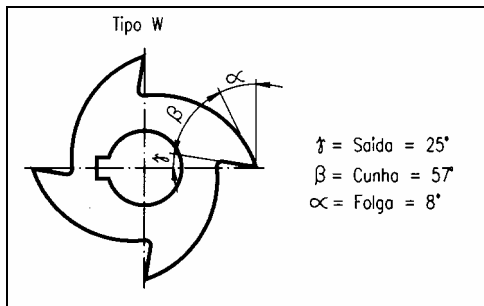
Escolhendo a fresa

Então como escolher a ferramenta adequada? Para começar, você deve saber que os dentes da fresa formam ângulos. Estes por sua vez formam a cunha de corte.

Recordar é aprender

São ângulos da cunha de corte o ângulo de saída (γ), de cunha (β) e de folga (α).

Pois bem, são os ângulos β dos dentes da fresa que dão a esta maior ou menor resistência à quebra. Isto significa que quanto maior for a abertura do ângulo β , mais resistente será a fresa. Inversamente, quanto menor for a abertura do ângulo β , menos resistente a fresa será. Com isto, é possível classificar a fresa em: tipos W, N e H. Veja figuras a seguir.



Percebeu que a soma dos ângulos α , β e γ em cada um dos tipos de fresa é sempre igual a 90° ? Então você deve ter percebido também que, em cada um deles, a abertura dos ângulos sofre variações, sendo porém o valor do ângulo de cunha sempre crescente.

Pois bem, a partir desta observação e de acordo com o material a ser usinado, você já pode escolher a fresa adequada ao seu trabalho.

A fresa tipo W, por ter uma abertura de ângulo de cunha menor ($\beta = 57^\circ$), é menos resistente. Por isso ela é recomendada para a usinagem de materiais não-ferrosos de baixa dureza como o alumínio, o bronze e plásticos.

A fresa tipo N ($\beta = 73^\circ$) é mais resistente que a fresa tipo W e por isso recomendada para usinar materiais de média dureza, como o aço com até 700N/mm^2 de resistência à tração.

Finalmente, a fresa tipo H ($\beta = 81^\circ$) é mais resistente que a fresa W e a fresa N. Portanto, é recomendada para usinar materiais duros e quebradiços como o aço com mais de 700N/mm^2 de resistência à tração.

Ainda quanto às fresas tipo W, N e H, você deve estar se perguntando por que uma tem mais dentes que outra. A resposta tem a ver com a dureza do material a ser usinado.

Suponha que você deve usinar uma peça de aço. Por ser mais duro que outros materiais, menor volume dele será cortado por dente da fresa. Portanto, menos cavaco será produzido por dente e menos espaço para a saída será necessário.

Já maior volume por dente pode ser retirado de materiais mais moles, como o alumínio. Neste caso, mais espaço será necessário para a saída de cavaco.

Fique por dentro

Um dos problemas em usinar materiais moles com fresa com muitos dentes é que o cavaco fica preso entre os dentes e estes não são refrigerados adequadamente. Isto acarreta o desgaste dos dentes e pode ainda gerar um mau acabamento da peça.

Viu como é importante estar ligado nos ângulos? Eles permitem classificar as fresas de acordo com o tipo de material a ser usinado.

Pare! Estude! Responda

Exercícios

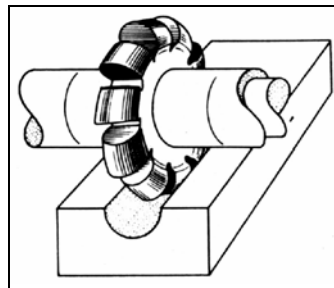
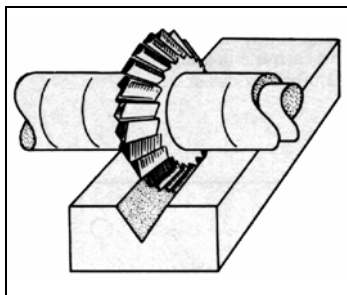
Assinale com **X** a alternativa que completa corretamente as questões abaixo.

3. O que confere à fresa uma vantagem sobre outras ferramentas é o fato de serem..... de dentes.....
- a) () flexíveis, variados;
 - b) () dotadas, multicortantes;
 - c) () multicortantes, variados.
4. A escolha da está relacionada principalmente com o tipo de a ser usinado.
- a) () temperatura, material;
 - b) () ferramenta, material;
 - c) () máquina, componente.

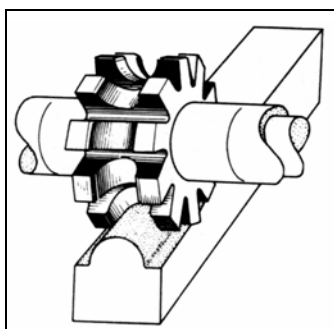
Outra preocupação deve ser quanto à aplicação que você vai dar à fresa. É o que vamos ver agora, estudando os diversos tipos de fresas e suas aplicações.

Fresas de perfil constante

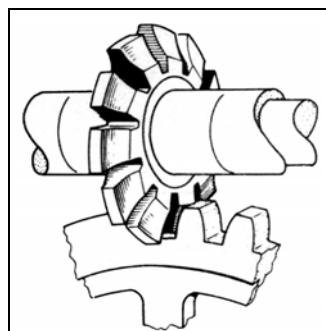
São fresas utilizadas para abrir canais, superfícies côncavas e convexas ou gerar engrenagens entre outras operações. Veja alguns tipos dessa fresa e suas aplicações.



fresa biangular/perfil em V fresa convexa/perfil côncavo



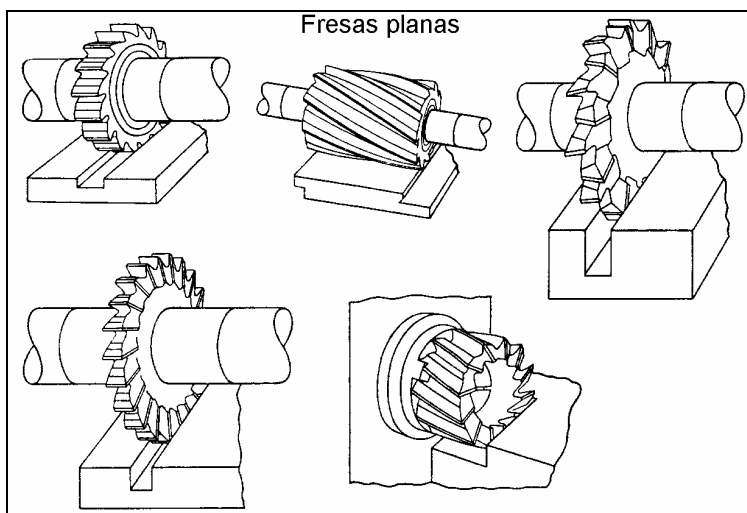
fresa côncava/perfil convexo
engrenagem



fresa módulo/dentes de

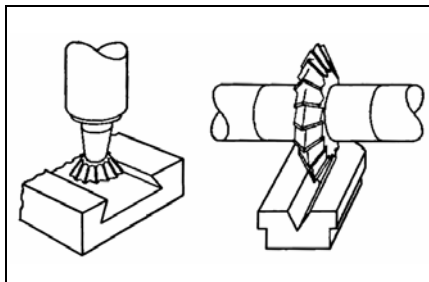
Fresas planas

Trata-se de fresas utilizadas para usinar superfícies planas, abrir rasgos e canais. Veja a seguir, fresas planas em trabalho e suas aplicações.



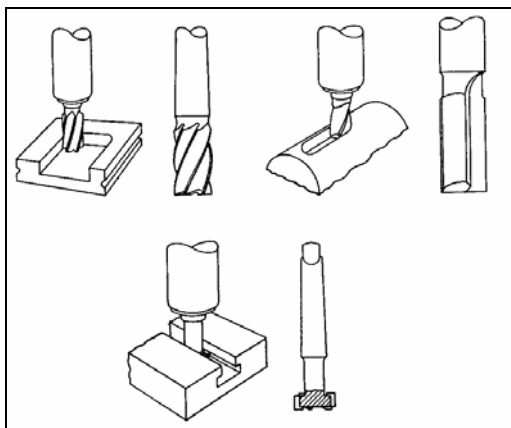
Fresas angulares

Estas são fresas utilizadas para a usinagem de perfis em ângulos, como rasgos prismáticos e encaixes do tipo rabo-de-andorinha.



Fresas para rasgos

As fresas para rasgos são utilizadas para fazer rasgos de chaves, ranhuras retas ou em perfil T, como as das mesas das fresadoras e furadeiras.



Fresas de dentes postiços

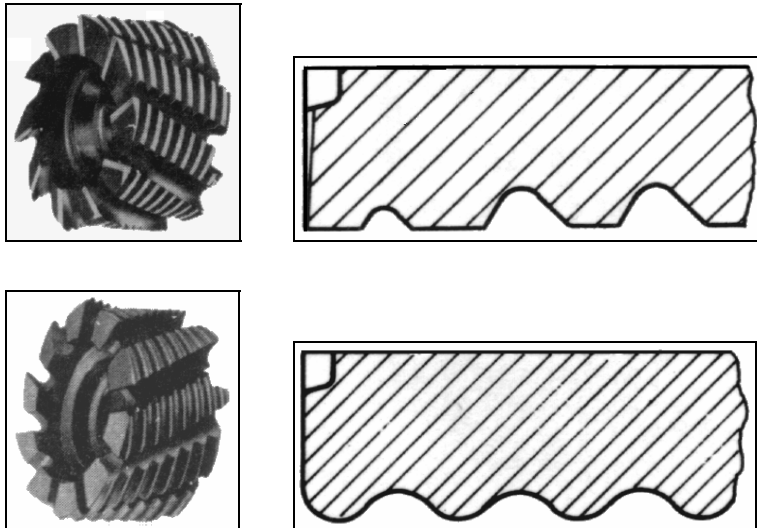
São também chamadas de cabeçote de fresamento. Trata-se de uma ferramenta com dentes postiços. Esses dentes são pastilhas de metal duro, fixadas por parafusos, pinos ou garras, e podem ser substituídas facilmente.



Fresas para desbaste

Estas são fresas utilizadas para o desbaste de grande quantidade de material de uma peça. Em outras palavras, servem para a usinagem pesada.

Esta propriedade de desbastar grande quantidade de material é devida ao seccionamento dos dentes. Veja figuras abaixo.



Pare! Estude! Responda

Exercícios

5. Responda às seguintes questões:
- Qual a primeira preocupação que você deve ter ao escolher uma fresa em relação ao material a ser usinado?
 - Qual o tipo de fresa adequado para gerar superfícies côncavas e convexas, engrenagens e rasgos?
 - Que tipo de fresa é recomendado para remover grande quantidade de sobremetal.
 - Qual a principal vantagem das fresas de dentes postiços.
 - Que fresa é utilizada para abrir rasgos de chavetas, ranhuras retas e preparar rasgos em T, como os das mesas de máquinas.

6. Faça corresponder o material (coluna **A**) com o tipo de fresa e o ângulo de cunha, assinalando 1, 2 ou 3 na coluna **B**.

Coluna A	Coluna B	
material a ser usinado	tipos de fresa	ângulo de cunha
1. Aço de média dureza como o aço de até 700 N/mm ²	a) () H	$\beta = 81^\circ$
	b) () W	$\beta = 57^\circ$
	c) () N	$\beta = 73^\circ$
2. Alumínio, bronze e plásticos	a) () H	$\beta = 73^\circ$
	b) () N	$\beta = 81^\circ$
	c) () W	$\beta = 57^\circ$
3. Materiais duros e quebradiços	a) () N	$\beta = 73^\circ$
	b) () H	$\beta = 81^\circ$
	c) () W	$\beta = 57^\circ$

7. Marque **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.
- a) () Quanto maior o número de dentes maior a refrigeração dos dentes.
 - b) () Usinando material mole com fresas para trabalhar material mais duro, o acabamento da superfície usinada é melhorada.
 - c) () Quanto mais duro o material a ser usinado, maior deve ser o número de dentes.
 - d) () Quanto mais mole o material, menor deve ser o número de dentes da fresa.

Gabarito

1. c

2. 1 (b)

2. (a)

3. ()

4. (c)

5. ()

3. b

4. b

5. a) Escolher a fresa entre os tipos W, N e H, de acordo com a resistência dos materiais a usinar.

b. Fresa de perfil constante

c. Fresa para desbaste

d. A facilidade na substituição das facas de corte

e Fresa para rasgos

6. 1 (c)

2. (c)

3. (b)

7. (F)

(F)

(V)

(V)

Removendo o cavaco

Na aula passada, tratamos das noções gerais sobre a operação de usinagem feita com máquinas fresadoras. Vimos, de modo geral, como se dá a **fresagem** e aprendemos um pouco sobre as **fresadoras** e sua ferramenta, a **fresa**.

Mas isso ainda não é suficiente para você saber como fresar uma peça. Faltam os parâmetros de corte, sobre os quais você aprendeu no livro 2 deste módulo. Pois bem, nesta aula vamos tratar dos parâmetros de corte específicos para a fresagem.

Por exemplo, suponha que na oficina seu chefe lhe dá a tarefa de fresar uma peça com as seguintes características: aço com 85 kgf/mm de resistência, 4 mm de profundidade de corte, fresa HSS de 6 dentes e 40 mm de diâmetro. Como solucionar este problema?

Ao longo desta aula você aprenderá a resolver este e outros problemas relacionados à fresagem. Mas lembre-se! É muito importante não deixar dúvidas para trás. Assim, não hesite em reler aulas passadas ou pedir ajuda ao seu orientador de aprendizagem.

Nossa aula

Como calcular a rpm, o avanço e a profundidade de corte em fresagem

Você deve estar lembrado que rpm, avanço e profundidade de corte são parâmetros de corte para qualquer tipo de usinagem. A escolha dos parâmetros de corte é uma etapa muito importante na fresagem. Parâmetros de corte inadequados podem causar sérios problemas, como alterar o acabamento superficial da peça e até mesmo reduzir a vida útil da ferramenta.

Como então calcular os parâmetros de corte na fresagem? O primeiro passo é calcular a melhor rotação. Esta depende basicamente de dois elementos: o diâmetro da fresa e a velocidade de corte. A velocidade de corte, por sua vez, vai depender de fatores como o tipo de material a ser usinado, o material da fresa e o tipo de aplicação da fresa.

Escolher a velocidade de corte é uma tarefa relativamente simples. Os fabricantes das fresas fornecem tabelas com as velocidades de corte relacionadas com o material da fresa e da peça a ser trabalhada. Isso não é bom?

Mas fique ligado, porque as tabelas podem trazer tanto valores de V_c para ferramentas de aço rápido, as HSS (*High Speed Steel*), quanto para as fresas de metal duro. Ou ainda contemplar em um mesmo espaço as V_c dos dois materiais: aços rápidos e metal duro.

Dica tecnológica

As V_c para ferramentas de metal duro chegam a ser entre 6 a 8 vezes maior que as V_c utilizadas para ferramentas de aço rápido. Isso porque as ferramentas de metal duro têm maior resistência ao desgaste.

Escolha da velocidade de corte

Suponha que você deve desbastar 4mm de profundidade em uma peça de aço de 85 kgf/mm² de resistência, utilizando uma fresa de aço rápido. Qual deve ser a velocidade de corte da ferramenta?

Para responder a esta questão, a primeira coisa a fazer é observar a tabela abaixo.

ESCOLHA DA VELOCIDADE DE CORTE PARA FRESAS DE AÇO RÁPIDO

MATERIAL a ser cortado	Velocidade de corte em m/min		
	Desbaste até a profundidade de		Acabamento 1,5 mm
	8 mm	5 mm	
Aço até 60 kgf/mm ²	16 - 20	22 - 26	32 - 36
Aço de 60-90 kgf/mm ²	14 - 16	20 - 24	26 - 30
Aço de 90-110 kgf/mm ²	12 - 14	18 - 22	22 - 26
Aço acima de 110 kgf/mm ²	8 - 12	14 - 16	16 - 20
Ferro fundido até 180 HB	18 - 22	24 - 28	18 - 32
Ferro fundido acima de 180 HB	10 - 14	12 - 18	18 - 22
Latão	32 - 48	46 - 72	60 - 120
Metais leves	220 - 320	280 - 480	400 - 520
Cobre	40 - 50	60 - 80	80 - 100

O passo seguinte é verificar na coluna de materiais a classificação em que se enquadra a peça. Veja detalhe.

aço de 60 - 90 kgf/mm	14 - 16	20 - 24	26 - 30
-----------------------	---------	---------	---------

Observou que o aço da peça está classificado entre 60 e 90 kgf/mm²? Agora é só relacionar a resistência do aço à profundidade de desbaste pedida. Veja o detalhe abaixo.

aço de 60 - 90 kgf/mm	14 - 16	20 - 24	26 - 30
-----------------------	---------	---------	---------

Então, a V_c que se deve usar para usinar um aço de 85 kgf/mm² de resistência a uma profundidade de 4 mm é de 20 a 24 m/min.

Caso a profundidade de corte fosse outra, 8 mm, por exemplo, a velocidade de corte seria de **14 a 16 m/min**.

Dica tecnológica

Observe na tabela. Quanto maior a profundidade de corte, menor será o valor da velocidade de corte.

Acima demos o exemplo de um tipo de tabela em que se relacionam a resistência e a dureza Brinell de alguns materiais com a velocidade de corte da fresa. Ainda há também a simples classificação de materiais como o latão, por exemplo, sem referência à sua resistência ou dureza.

Mas há outros tipos de tabelas. Para ter acesso a uma maior variedade delas, você deve consultar uma biblioteca ou pedir catálogos de fornecedores de fresas. Aliás, consultar catálogos é algo que você deve fazer com frequência, pois vai garantir que você fique ligado com o que há de mais atualizado no mercado.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 1

Qual é a velocidade de corte adequada para fazer o acabamento em uma peça de ferro fundido com dureza Brinell de 200HB e profundidade de corte de 1,5 mm, utilizando-se uma fresa de aço rápido?

Achada a velocidade de corte, podemos calcular a rpm. Antes, porém, é preciso mais um dado, o **diâmetro da fresa**. Mas este não é preciso calcular: basta medir a fresa. Então, vamos ao cálculo da rpm?

Cálculo da rotação da fresa (rpm)

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

Calculamos a rpm com a fórmula acima. Vamos ver como aplicá-la?

Tomemos o exemplo do aço com 85 kgf/mm e profundidade de corte de 4 mm. Tínhamos que **Vc = 20 - 24 m/min**. Supondo que devemos utilizar uma fresa de diâmetro de 40 mm, que rpm deverá ser selecionada na máquina?

Considerando π igual a aproximadamente 3,14, temos:

$$n = \frac{22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 40}$$

$$n = 175 \text{ rpm}$$

Como se vê, o valor utilizado foi de **22 m/min**, ou seja, a média da velocidade de corte encontrada na tabela. E o resultado: **n = 175 rpm**.

O valor **175 rpm** deve ser selecionado na fresadora. Mas vamos supor que a gama de rotações da sua fresadora não contempla este valor. Mas dispõe de valores aproximados, 120 e 210 rpm, por exemplo.

Qual dos valores utilizar? De preferência utilize o valor maior, que garante maior produção de peças. Cuide porém para que ele não ultrapasse a velocidade de corte recomendada pelo fabricante.

Caso contrário, pode haver problemas com sua ferramenta, como queima dos dentes de corte e, conseqüentemente, perda do corte. E também problemas no acabamento superficial, que pode ficar rugoso, por exemplo.

Então, se optamos pelo maior valor de rpm encontrado, no exemplo acima 210 rpm, devemos calcular a **velocidade de corte real**.

Para isso invertamos a fórmula usada para o cálculo da rpm. Veja abaixo.

$$V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad \therefore$$

Substituindo os novos valores temos:

$$V_c = \frac{210 \cdot 3,14 \cdot 40}{1000} \quad \therefore$$

$$V_c = 26,39 \text{ m/min}$$

Como se vê acima, o valor encontrado ultrapassou a faixa recomendada pelo fabricante. Neste caso não é possível utilizar a rpm maior mais próxima na máquina. Então, a escolha deve recair sobre a menor rpm mais próxima, a fim de não danificar a fresa.

Exercício 2

Calcule a rpm necessária para fresar uma peça de latão com uma fresa de aço rápido com diâmetro de 50 mm e profundidade de corte de 3 mm.

Calculamos a rpm. O que já permite pôr a ferramenta em movimento. Mas ainda precisamos fazer avançar a mesa que leva a peça ao encontro da ferramenta. Isso porque se a peça não avança até a ferramenta, não há a retirada contínua do cavaco. Então vamos aprender a calcular o avanço da mesa?

Cálculo do avanço da mesa

Para calcular o avanço da mesa, consultamos inicialmente uma tabela. Isto nos dá o valor de avanço por dente da fresa. Para consultar a tabela, é preciso conhecer o material, o tipo de fresa e identificar se a operação é de desbaste ou acabamento.

**Pare! Estude!
Responda!**

Também é preciso saber o número de dentes da fresa. Para isto basta observá-la.

ESCOLHA DO AVANÇO POR DENTE PARA FRESAS DE AÇO RÁPIDO

MATERIAL a ser cortado	TIPO da fresa	AVANÇO em milímetro por dente		
		desbaste		acab.
		até 8mm	até 5mm	até 1mm
Aço até 60 kgf/mm ² Aço de 60-90 kgf/mm ² Aço de 90-110 kgf/mm ² Aço acima de 110 kgf/mm ² Ferro fundido, até 180HB Ferro fundido, acima de 180HB Latão Metais leves Cobre	Cilíndrica DIN 884	0,22 0,20 0,17 0,10 0,22 0,18 0,24 0,10 0,26	0,26 0,24 0,22 0,12 0,30 0,20 0,28 0,12 0,26	0,10 0,08 0,06 0,04 0,08 0,06 0,10 0,04 0,08
Aço até 60 kgf/mm ² Aço de 60-90 kgf/mm ² Aço de 90-110 kgf/mm ² Aço acima de 110 kgf/mm ² Ferro fundido, até 180 HB Ferro fundido, acima de 180HB Latão Metais leves Cobre	de topo DIN 841 DIN 1880	0,25 0,22 0,22 0,12 0,25 0,18 0,25 0,12 0,26	0,30 0,27 0,24 0,14 0,34 0,22 0,30 0,16 0,30	0,12 0,10 0,08 0,06 0,10 0,08 0,10 0,06 0,10
Aço até 60 kgf/mm ² Aço de 60-90 kgf/mm ² Aço de 90-110 kgf/mm ² Aço acima de 110 kgf/mm ² Ferro fundido, até 180 HB Ferro fundido, acima de 180 HB Latão Metais leves Cobre	Circulares dentes retos DIN 885B	0,08 0,07 0,06 0,05 0,08 0,06 0,08 0,10 0,10	0,12 0,11 0,10 0,09 0,12 0,10 0,12 0,14 0,14	0,05 0,04 0,03 0,03 0,06 0,03 0,05 0,06 0,05
Aço até 60 kgf/mm ² Aço de 60-90 kgf/mm ² Aço de 90-110 kgf/mm ² Aço acima de 110 kgf/mm ² Ferro fundido, até 180 HB Ferro fundido, acima de 180 HB Latão Metais leves Cobre	Circulares dentes cruzados DIN 885A	0,13 0,12 0,10 0,09 0,13 0,10 0,13 0,15 0,15	0,19 0,18 0,16 0,15 0,19 0,16 0,19 0,22 0,22	0,08 0,07 0,05 0,04 0,08 0,05 0,08 0,09 0,09

Vamos ver como aplicar essas informações?

Ainda tomando o primeiro exemplo, vamos supor que é preciso fazer o desbaste de 4 mm de profundidade em uma peça de aço com 85 kgf/mm de resistência. A fresa é cilíndrica com 6 dentes e 40 mm de diâmetro. Qual será o avanço adequado?

Primeira medida é localizar na tabela da página anterior o material da peça. Veja detalhe abaixo.

aço de 60-90 kgf/mm	cilíndrica	0,20	0,24	0,08
---------------------	------------	------	------	------

Localizado o material, é possível relacioná-lo com o tipo de fresa escolhido. Veja detalhe.

aço de 60-90 kgf/mm	cilíndrica	0,20	0,24	0,08
---------------------	------------	------	------	------

Feito isso, é só relacionar o material e o tipo de fresa ao tipo de usinagem desejado. No caso, desbaste com 4 mm de profundidade. Veja detalhe abaixo.

aço de 60-90 kgf/mm	cilíndrica	0,20	0,24	0,08
---------------------	------------	------	------	------

Pois bem, o avanço recomendado é:

$$0,24 \text{ mm/dente}$$

Achado o avanço por dente da fresa, resta encontrar o avanço da mesa, a ser selecionado na máquina como fizemos com a rpm. Veja como proceder.

Vamos supor uma fresa de trabalho com seis dentes ($z = 6$). Se cada dente avançar 0,24 mm, em uma volta da fresa quanto avançará a mesa? Para achar a resposta é só multiplicar o número de dentes (z) pelo avanço por dentes (ad). Veja abaixo:

$$av = ad \cdot z$$

em que:

z = número de dentes

ad = avanço por dente

av = avanço por volta

Substituindo vem:

$$av = 0,24 \cdot 6$$

$$av = 1,44 \text{ m/volta}$$

O resultado é que o avanço da mesa por volta da fresa é de 1,44 mm. Mas vamos continuar nosso raciocínio.

Temos que em cada volta da fresa a mesa avançou 1,44 mm com a fresa trabalhando em uma rotação de 120 rpm. Tivemos que optar pela menor rpm, devido à velocidade de corte, lembra-se? Mas então quanto avançará a mesa em um minuto?

Respondemos a esta pergunta, utilizando a fórmula de avanço da mesa:

$$am = av \cdot n$$

em que:

am = avanço da mesa

av = avanço por volta

n = rotação

Substituindo vem:

$$am = 1,44 \cdot 120$$

$$am = 172,8 \text{ mm/min}$$

O resultado é que a mesa avançará 172,8 mm/min, com a fresa trabalhando em 120 rpm.

O valor de **172,8 mm/min** deve ser selecionado na fresadora. Caso não seja possível, deve-se escolher o avanço menor mais próximo. Isso evitará que cada dente corte um valor acima do recomendado pelo fabricante. O que poderia acarretar um desgaste excessivo e até mesmo a quebra do dente.

Agora podemos entender por que no começo da aula dissemos, com relação ao cálculo da rpm, que devemos escolher a rotação maior. Vamos ao cálculo!

Vamos ver em quanto avançaria a mesa, se usássemos a rotação de 210 rpm em vez de 120 rpm. Teríamos:

$$am = 1,44 \cdot 210$$

$$am = 302,4 \text{ mm/min}$$

Ou seja, com a fresa trabalhando em 210 rpm, a mesa avançará 302,4 mm/min.

Dica tecnológica

Maior rotação da fresa gera maior avanço da mesa. E o resultado é maior produção de peças em um mesmo intervalo de tempo.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 3

Dada uma peça de aço de 55 kgf/mm de resistência e utilizando uma fresa circular de 40 dentes retos, diâmetro de 80 mm e profundidade de corte de 7 mm, determine:

Vc	rpm	ad	av	am

Profundidade de corte

Finalmente, o último passo antes de usinar uma peça é escolher a profundidade de corte, para saber quantas passadas a ferramenta deve dar sobre a peça a fim de retirar o sobremetal e deixar a peça no tamanho desejado.

Este é um dado prático. Depende muito da experiência do operador em identificar a resistência e robustez da fresadora.

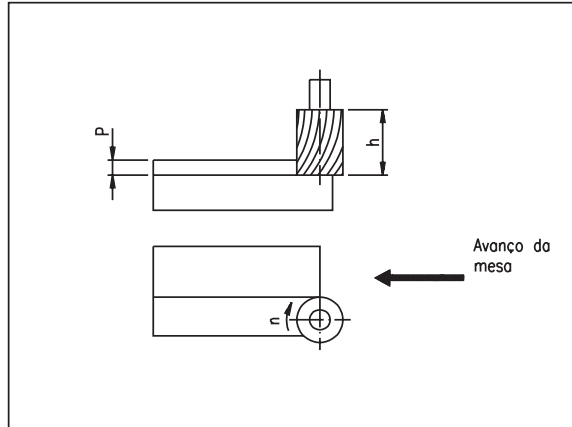
$$n^{\circ} \text{ de passes} = \frac{\text{sobremetal}}{\text{profundidade de corte}}$$

Para escolher a profundidade de corte, é preciso antes medir a peça em bruto, a fim de determinar a quantidade de sobremetal a ser removida. Com este dado em mãos, decide-se o número de passadas da fresa sobre a peça.

Durante a operação, as passadas são executadas sobre a peça, levantando-se a mesa da fresadora ou abaixando-se a fresa.

Dica tecnológica

Na prática, a máxima profundidade de corte adotada é de até 1/3 da altura da fresa.



Em que:

p = profundidade de corte (máximo 1/3 da altura da fresa)
 h = altura da fresa

Exercício 4

Você recebeu uma peça de ferro fundido com dureza Brinell de 170HB e 15 mm de sobremetal. A fresa disponível é cilíndrica de 8 dentes, 40 mm de diâmetro e máxima profundidade de corte de 5 mm. Determine:

Vc	rpm	ad	av	am	nº de passes

**Pare! Estude!
Responda!**



Fresando superfícies planas

Nas aulas passadas você estudou os tipos de fresadoras e fresas e como determinar os parâmetros de corte para fresar.

Mas para começar a fresar é necessário saber mais. É preciso saber escolher a fresa e a fresadora de acordo com o tipo de perfil que será executado na peça. E também saber fixar a fresa e a peça na máquina. É o que vamos fazer nas próximas aulas.

Nesta primeira aula sobre operações de fresagem, vamos aprender informações básicas sobre como fresar superfícies planas.

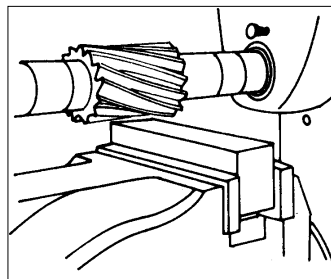
Usinar uma superfície plana é uma das operações mais simples e comuns na fresagem mecânica. É uma operação que pode ser executada em qualquer tipo de fresadora.

Fique atento! Querendo saber mais, não hesite em consultar a bibliografia indicada no final do livro.

Nossa aula

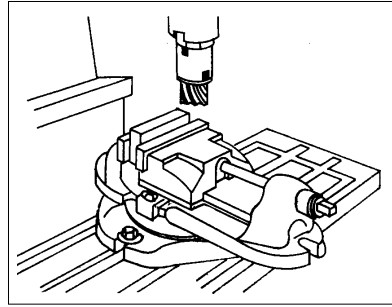
Como fresar superfície plana, plana inclinada e em esquadro

Existem duas formas de fresar superfícies: a tangencial e a frontal. Na fresagem tangencial, o eixo de rotação da fresa é paralelo à superfície da peça que está sendo usinada. Na fresagem frontal, o eixo de rotação é perpendicular à superfície da peça. Tanto a fresagem tangencial quanto a frontal podem ser executadas em qualquer tipo de fresadora. Veja figuras a seguir.

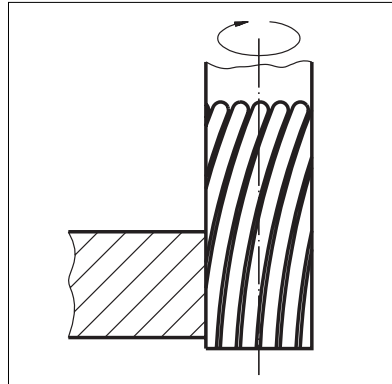


fresagem tangencial em fresadora horizontal

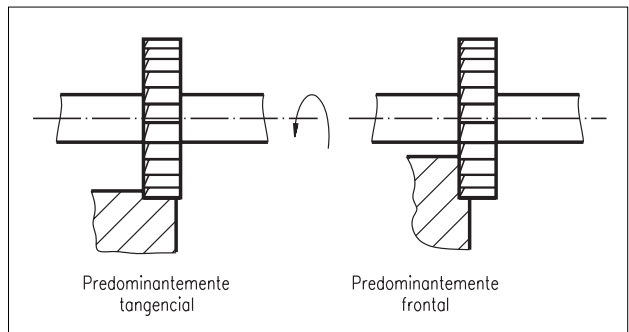
fresagem frontal em fresadora vertical



fresagem tangencial em fresadora vertical



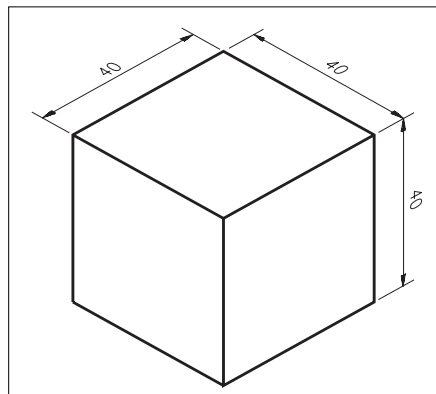
fresagem frontal em fresadora horizontal



Com esta pequena introdução, já podemos entrar no assunto. Distinguímos na fresagem em superfície plana três casos: fresagem de superfície plana simples, de superfície plana perpendicular a uma superfície de referência e, finalmente, de superfície plana inclinada.

Fresagem simples de superfície plana

Vamos supor que você entra na oficina e recebe a tarefa de usinar a superfície plana de uma peça de ferro fundido de 50 x 50 mm e dureza de 240HB, conforme desenho. Você dispõe de uma fresadora horizontal e fresa com 10 dentes e 40 mm de diâmetro. Por onde começar?



O primeiro passo é escolher a fresa com relação ao material da peça. Sabendo que o material é ferro fundido, com dureza de 240HB, que tipo de fresa você deve usar?

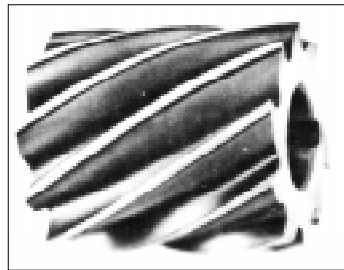
Recordar é aprender

Para usinar ferro fundido com dureza de 240HB, a fresa recomendada é a de tipo H.

Escolhido o tipo de fresa quanto ao material, é preciso especificá-la quanto ao trabalho que ela vai realizar. Para fresar superfícies planas, a fresa indicada é a plana, também conhecida como fresa cilíndrica. Veja, a seguir, alguns tipos básicos de fresas cilíndricas.

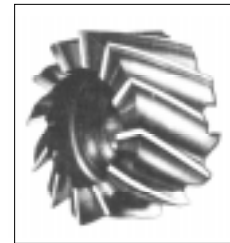


fresa cilíndrica de haste paralela (fresa de topo)



fresa cilíndrica para mandril com chaveta longitudinal

fresa de topo para mandril com chaveta transversal (fresa frontal para mandril)

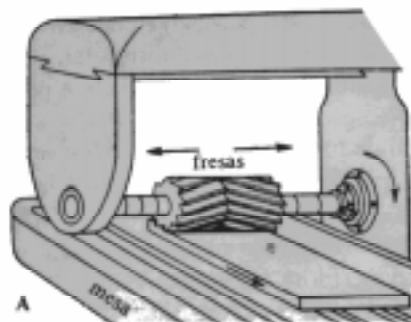


Como vamos fazer uma fresagem tangencial em superfície plana utilizando fresadora horizontal, escolhemos trabalhar com a fresa cilíndrica para mandril com chaveta longitudinal.

Trata-se de um tipo de fresa muito utilizada para usinar superfícies planas em fresadora horizontal. A fresa cilíndrica para mandril com chaveta longitudinal permite uma fixação mais rígida à máquina. E isso garante maior retirada de material e também um melhor acabamento da superfície.

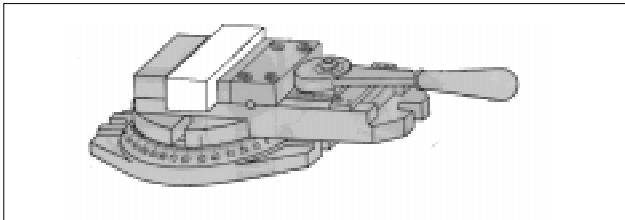
Dica tecnológica

Caso a largura da fresa não seja suficiente para usinar toda a extensão da superfície da peça, monte duas ou mais fresas, com a inclinação das hélices ou facas laterais de corte invertidas, isto é, uma hélice com inclinação à esquerda e a outra à direita. Veja figura abaixo.

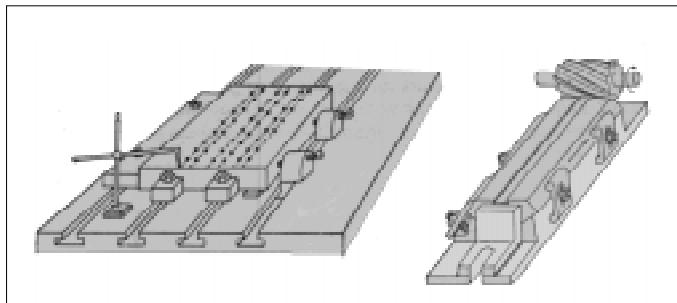


Tendo escolhido a fresa, o passo seguinte é a fixação da peça. Como fazer? Você pode escolher entre várias formas de fixação, de acordo com o perfil da peça e o esforço de corte que ela sofre.

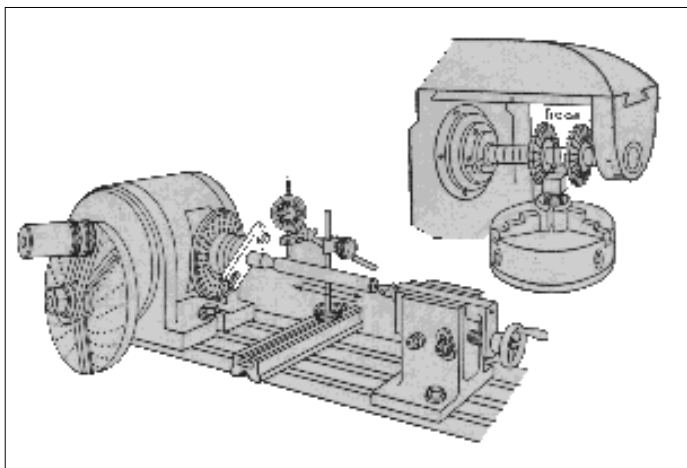
Pode-se fixar a peça diretamente à mesa ou com o auxílio de dispositivos de fixação como: morsa, cantoneiras, calços reguláveis (macaquinhos), aparelhos divisores e outros.



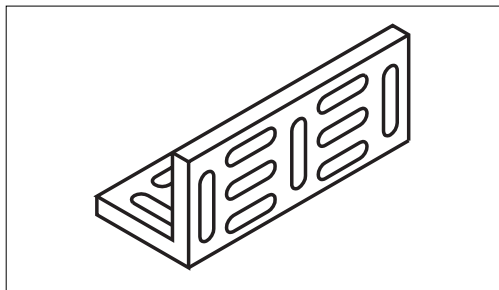
fixação em morsa



fixação sobre a mesa



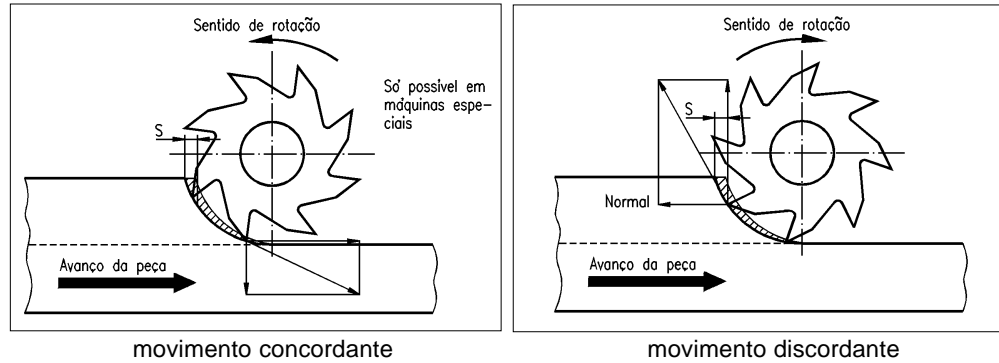
fixação com aparelho divisor



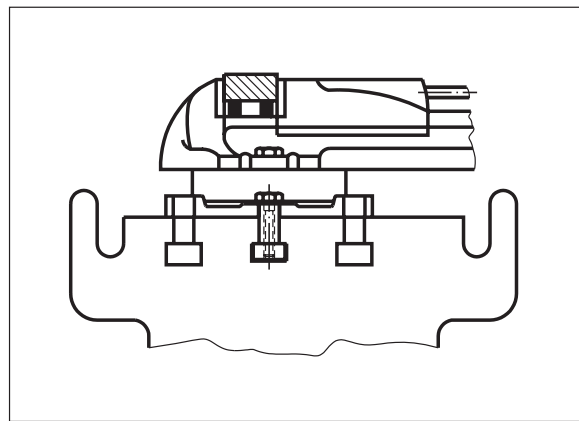
fixação em cantoneira

Recordar é aprender

No movimento discordante, o esforço de corte tende a arrancar a peça do dispositivo onde ela se encontra fixada. No concordante, o esforço de corte tende a empurrar a peça contra o dispositivo em que ela está fixada.



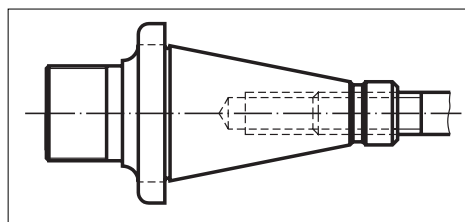
Em nosso exemplo, o movimento adotado é o tangencial discordante, pois a peça a usinar é de pequena dimensão e formato regular. Isso nos permite optar pela fixação em morsa, apesar de haver o risco de a peça ser arrancada, durante a fresagem.



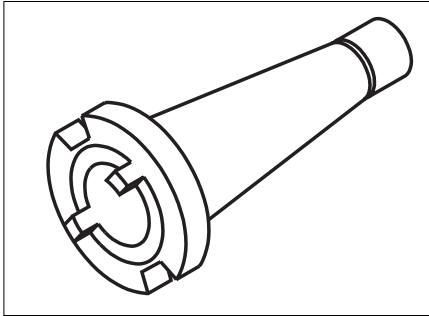
fixação em morsa

Agora podemos fixar a fresa. Esta fixação pode ser por pinças e mandris, também chamados eixos porta-fresas. Os mandris dispõem de hastes com cones do tipo morse ou ISO. Esta é uma informação importante na hora de fixar a fresa.

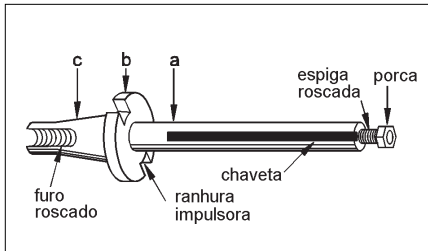
O mandril de cone morse é fixado por pressão e deve ser utilizado para trabalhos em que a fresa não seja submetida a grandes esforços. Nesse caso, o mandril recomendado é o de cone ISO, cujo sistema de fixação impede que ele se solte durante a operação de fresagem. Veja a seguir tipos de mandril e como eles são fixados.



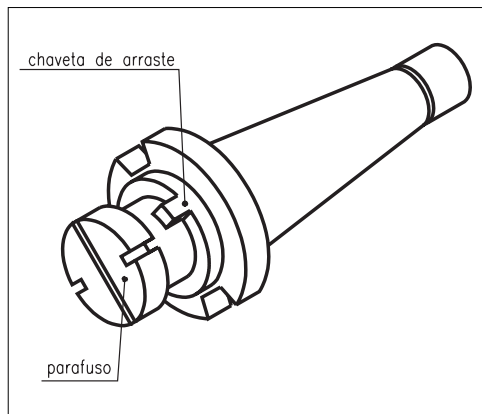
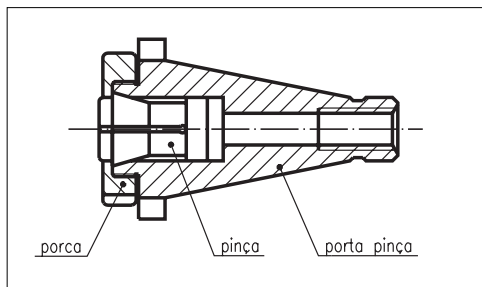
mandril para fresa com furo rosqueado



mandril para fresas de hastes cônicas



eixo porta-fresas (haste longa)

eixo porta-fresas curto
(mandril porta-fresas)

mandril porta-pinças

Optamos por trabalhar com o eixo porta-fresas do tipo haste longo, por ser o mais adequado à nossa fresa de trabalho, a cilíndrica com chaveta longitudinal. O mandril escolhido garante menor vibração da ferramenta durante a usinagem e, portanto, melhor acabamento.

Finalmente, resta determinar os parâmetros de corte. Vamos relembrar como fazer isso?

O primeiro passo é determinar a velocidade de corte. Para isso precisamos da profundidade de corte, da dureza do material e do material da fresa. No nosso caso: 5 mm, 240HB, aço rápido (HSS).

Com esses dados, encontramos na tabela de velocidade de corte o valor 12-18 m/min. Agora podemos calcular a rpm. Lembra que devemos ficar com a média do valor encontrado na tabela? Pois bem, o resultado do cálculo da rotação será de 120 rpm.

Passemos ao cálculo do avanço da mesa. Para isso vamos precisar do avanço por dente da fresa. Consultando a tabela de avanço por dente da fresa, vamos encontrar 0,20 mm/dente.

Com isto já é possível calcular o avanço da mesa, que é de 240 mm/min. Percebeu que esses são os cálculos dos parâmetros de corte necessários para regular a fresadora?

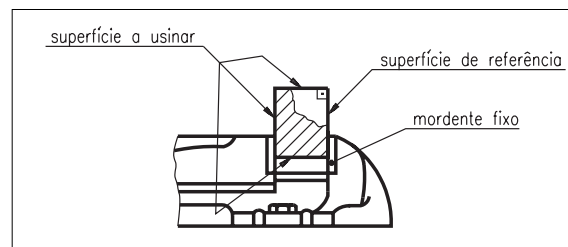
Bem, aprendemos a escolher e a fixar a peça e a fresa à máquina. Também determinamos os parâmetros de corte com os quais regulamos a máquina. Agora é só usinar!

Fresagem de superfície plana perpendicular a uma superfície de referência (fresagem em esquadro)

Na oficina é comum dizer sobre duas superfícies que formam um ângulo reto, isto é de 90° , que elas estão em esquadro. A expressão *fresar em esquadro* significa fresar uma superfície em 90° com relação a uma outra. Em outras palavras, é fresar uma superfície perpendicular a uma superfície de referência.

Fresar em esquadro é o mesmo que usinar uma superfície plana. Isso quer dizer que os critérios para a escolha da ferramenta e parâmetros de corte são os mesmos. Então, o que muda?

O que muda é que agora vamos tomar uma superfície já usinada como referência para usinar as demais. Veja figura a seguir.



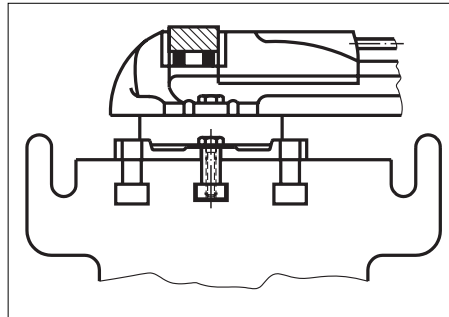
Vamos ver como fazer? Primeiro, devemos escolher a fresa, lembra? Como vamos trabalhar com movimento discordante frontal e fresadora vertical, ela não pode ser a mesma recomendada para o primeiro caso. A fresa adequada agora é a cilíndrica frontal para mandril com chaveta transversal.



fresa cilíndrica frontal para mandril com chaveta transversal

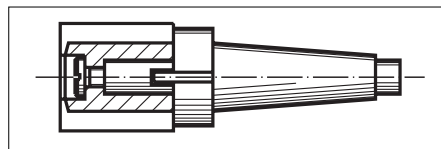
Mas ainda mantemos o tipo, isto é, a fresa tipo *H*, visto que o material da peça continua sendo o ferro fundido.

Feita a escolha da fresa, podemos escolher o meio de fixação da peça. Como no exemplo anterior, o meio recomendado é a morsa.



fixação em morsa

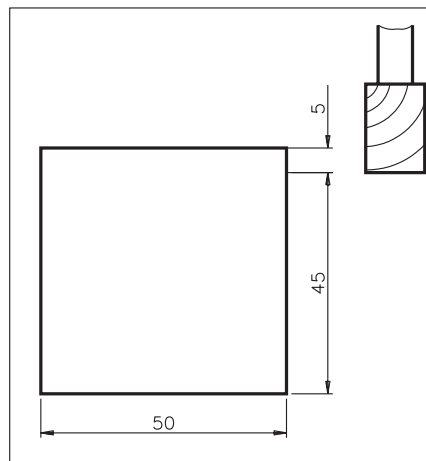
Para fixar a fresa, vamos usar um eixo porta-fresas curto. Este dispõe de chaveta transversal e parafuso que asseguram uma boa fixação da fresa.



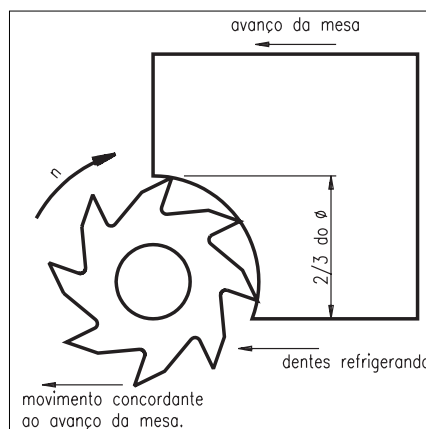
fixação de fresa em eixo porta-fresas curto

Acabamos de escolher os meios de fixação da peça e da fresa. Devemos então determinar os parâmetros de cortes. Estes são os mesmos que os encontrados no primeiro caso. Mas como vamos usinar os quatro lados da peça, precisamos dividir o valor do sobremetal por dois, a fim de determinar quanto será retirado de cada superfície. Vamos ver como fazer?

Tínhamos que o sobremetal da peça era de 10 mm e a profundidade de corte de 5 mm.



Notemos que o diâmetro da fresa é menor que a largura da peça. Nesse caso, para remover a camada de material desejada, é necessário dar mais de uma passada com a fresa sobre a peça, mas sem alterar a profundidade de corte. Para tanto, é só deslocar a mesa no sentido transversal ao seu avanço.



Neste momento, devemos observar que no máximo $2/3$ do diâmetro da fresa fiquem em contato com a peça. Isto favorece a refrigeração dos dentes da fresa, uma vez que necessariamente $1/3$ de seu diâmetro ficará fora.

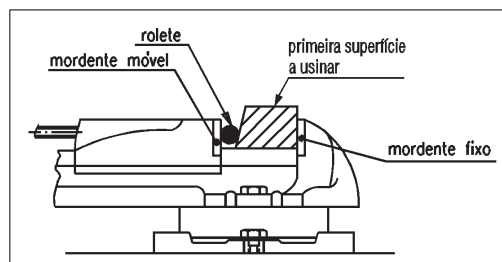
Recordar é aprender

A refrigeração dos dentes evita o superaquecimento da fresa e contribui, portanto, para o aumento da vida útil desta.

Bem, escolhemos o tipo de fresa e como fixá-la. E sabemos como efetuar o desbaste. O que falta? Fixar a peça e usinar suas superfícies. Vamos fazê-lo? Para isso vamos retomar o exemplo do primeiro caso. Com a diferença que agora em vez de usinar uma só superfície, vamos usinar quatro.

O primeiro passo é fixar a peça à morsa. Dentre as quatro superfícies, escolha a de formato menos irregular, que se apóia melhor contra o mordente fixo.

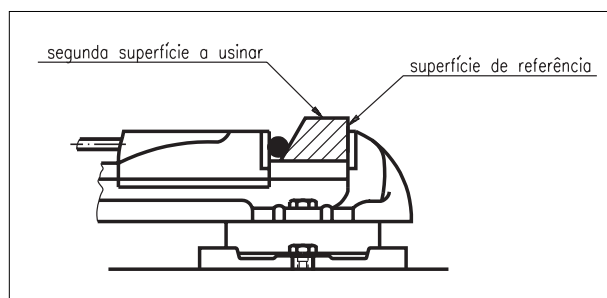
Encoste esta superfície ao mordente fixo da morsa e fixe-a, utilizando um rolete. Usine a primeira superfície, que passa a ser então a superfície de referência para as demais. Veja figura abaixo.



Dica tecnológica

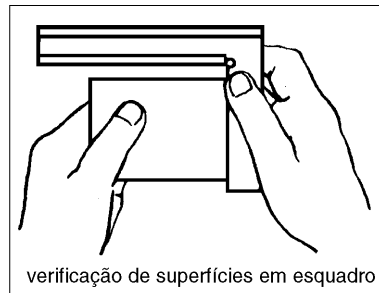
Em geral, as peças em bruto têm formato irregular, o que torna difícil sua fixação. Isso pode ser solucionado, colocando-se um rolete entre a peça e o mordente móvel da morsa, como mostra a figura.

Como já temos uma superfície de referência, vamos aprender a usinar a segunda superfície. Mas antes, retire a peça da morsa, lime as rebarbas e limpe a morsa. Em seguida, coloque de novo a superfície de referência da peça em contato com o mordente fixo da morsa. Fixe-a, utilizando um rolete.

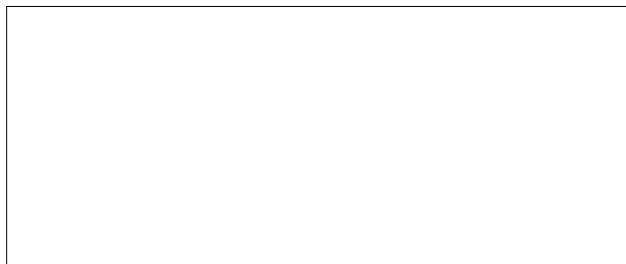


Fixada a peça, usine a segunda superfície em esquadro com a superfície de referência. Após a usinagem, retire a peça da morsa, lime as rebarbas e limpe a morsa.

Antes de usinar a terceira superfície, verifique se a superfície que você acabou de usinar está em esquadro, isto é, perpendicular à superfície de referência. Para isso use um esquadro de luz.

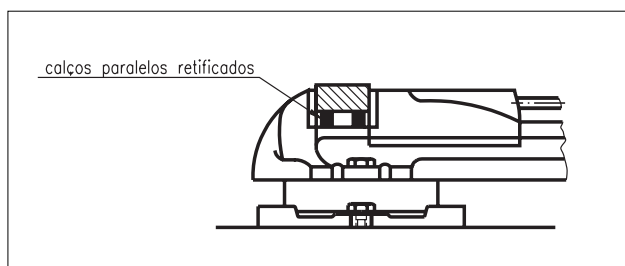


Agora podemos passar à usinagem da terceira superfície. Para isso, gire a peça em 180°, isto é, de maneira que a última superfície usinada fique voltada para baixo e a superfície de referência continue encostada no mordente fixo. Fixe-a, utilizando um rolete. Usine a terceira superfície.



Após a usinagem, retire a peça da morsa, lime as rebarbas e limpe a morsa.

Em seguida, para usinar a quarta e última superfície, fixe de novo a peça, utilizando calços para apoiá-la bem contra a base da morsa. Usine esta superfície.



Dica tecnológica

Use calços para assentar bem a peça. Se for necessário, dê umas pancadinhas de leve na peça até assentá-la. Utilize um martelo de cobre ou latão, ou qualquer outro material macio, para não danificar a peça.

Acabando de usinar a quarta superfície, solte a peça, lime as rebarbas. A peça está pronta.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 1

Complete as frases abaixo:

- a) Na fresagem frontal, a largura da superfície a ser fresada não deve exceder a do diâmetro da fresa.
- b) Uma peça em bruto, de superfície irregular, deve ser fixada à morsa com o auxílio de para ficar mais bem assentada contra o mordente fixo.

Exercício 2

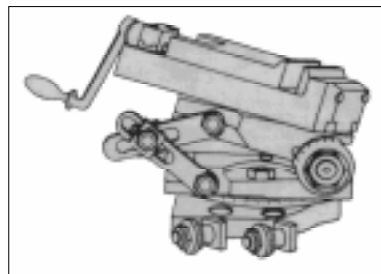
Escolha a alternativa correta.

Entre a usinagem de uma superfície e outra em esquadro, devemos:

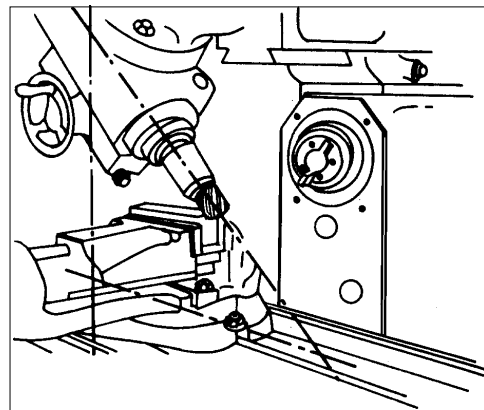
- a) () trocar a fresa;
- b) () trocar o meio de fixação;
- c) () limpar a morsa e retirar as rebarbas da peça;
- d) () aumentar a rpm e o avanço da mesa.

Fresagem de superfície plana inclinada

Há três modos de fresar uma superfície plana inclinada: pela inclinação da morsa, pela inclinação do cabeçote vertical ou pela inclinação da mesa.



inclinação da morsa



inclinação do cabeçote



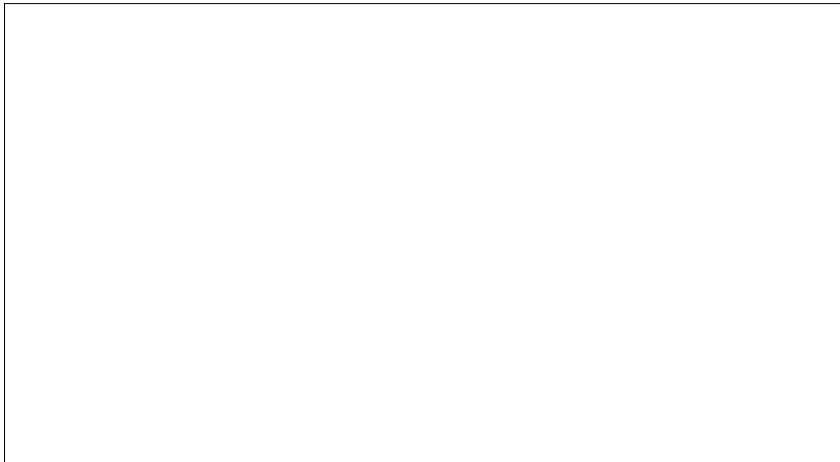
inclinação da mesa

Dica tecnológica

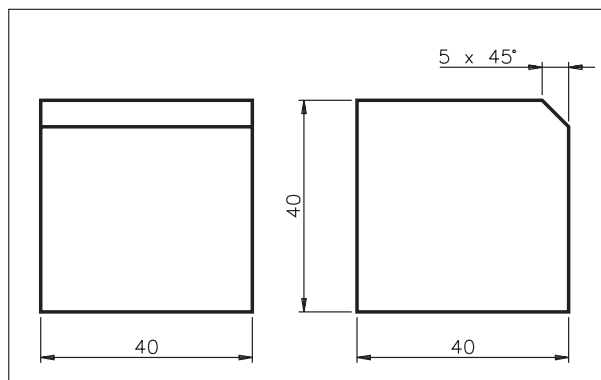
A inclinação do cabeçote deve ser feita após a fixação e alinhamento da morsa ou da peça no sentido de deslocamento da mesa. Este alinhamento é necessário na fresagem de superfícies planas inclinadas e também na fresagem de rasgos, canais e rebaixos. O alinhamento da morsa ou da peça deve ser feito independentemente do tipo de fresadora com a qual estamos trabalhando.

A fresagem de superfície plana inclinada segue os mesmos critérios que a fresagem em esquadro para a escolha da fresa e dos parâmetros de corte. A diferença é que com este tipo de fresagem, é preciso fazer o alinhamento da morsa ou da peça no sentido de deslocamento da mesa.

O alinhamento é necessário por que como se trata de fresagem de uma superfície inclinada, se a mesa não avançar paralelamente à superfície da peça a tendência é o chanfro ficar desalinhado.



Vamos aprender como fazer isso? Retomemos mais uma vez o exemplo dado no primeiro caso. Agora a peça de ferro fundido já está com as quatro superfícies usinadas. Pede-se então para você fresar uma superfície inclinada a 45° em uma de suas arestas.

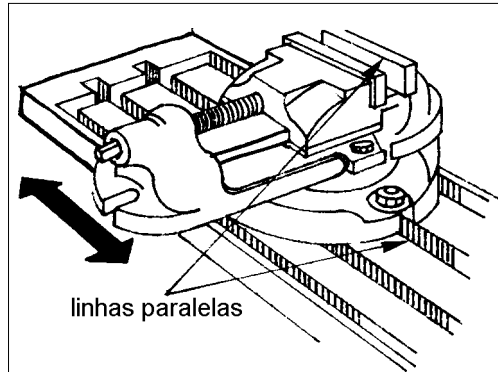


Por onde começar? Do mesmo modo que nos casos anteriores: pela escolha da fresa, dos meios de fixação e dos parâmetros de corte. Nesse terceiro caso, como estamos também utilizando a fresadora vertical, a fresa deve ser *tipo H* e cilíndrica frontal para mandril com chaveta. Ou seja, a mesma utilizada para a fresagem de superfícies perpendiculares a uma superfície de referência.

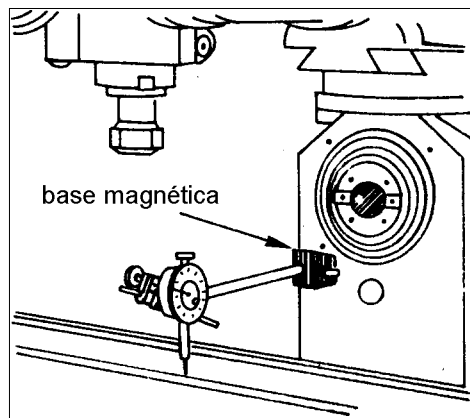
Também devem ser os mesmos os meios de fixação da peça e da fresa e os parâmetros de corte. Assim vamos utilizar morsa e um eixo porta-fresa curto. E os parâmetros de corte serão: 120 rpm e 240 mm/min para o avanço da mesa.

Feito isso, podemos alinhar a morsa ou a peça. Veja como fazer.

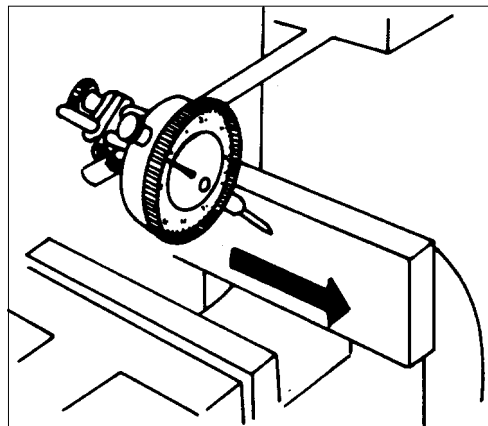
- Primeiro, limpe a mesa da fresadora e a base da morsa. Fixe a morsa sobre a mesa.



- Agora, fixe o relógio comparador ao cabeçote da máquina. Para isso utilize uma base magnética.

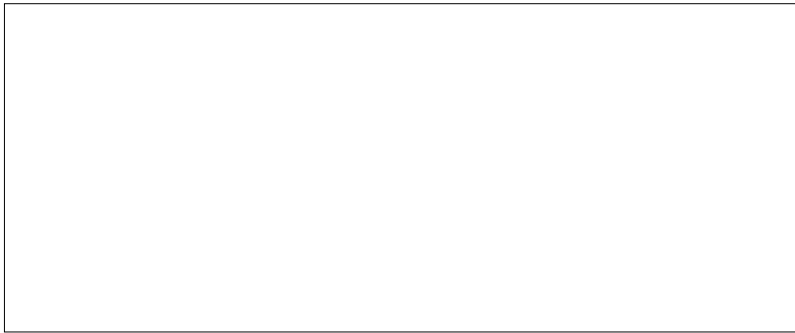


- Coloque a ponta do relógio comparador em contato com o mordente fixo da morsa.



Observação: Cuide para que a ponta do relógio comparador pressione o mordente em pelo menos uma volta, a fim de garantir o contato.

- Movimente a mesa manualmente ao longo do comprimento do mordente fixo da morsa.



Observação: Acompanhe atentamente o movimento do ponteiro do relógio, para verificar se a morsa está alinhada ou não.

- Solte os parafusos de fixação da morsa. Corrija o alinhamento se necessário. Para isso, gire a morsa no sentido inverso ao erro. Fixe de novo a morsa à mesa da máquina.
- Repita estes passos quantas vezes for necessário até obter no relógio comparador uma variação próxima a zero.

Dica tecnológica

O alinhamento da peça segue os mesmos procedimentos que os observados para o alinhamento da morsa. Ao alinhar a peça, certifique-se de que a superfície de alinhamento tenha sido previamente usinada.

Você aprendeu como alinhar a morsa e a peça em relação ao sentido de deslocamento da mesa. Agora é só usar!

Exercício 3

Em que tipo de fresagem é necessário o alinhamento da morsa?

Exercício 4

Qual a mínima pressão com que a ponta do relógio comparador deve trabalhar em contato com o mordente fixo da morsa quando estamos fazendo o alinhamento? Por quê?

Exercício 5

Em que sentido deve ser alinhado o mordente fixo da morsa?

**Pare! Estude!
Responda!**

Fresando ranhuras retas – I

Na aula passada você aprendeu como fresar superfícies planas e superfícies planas inclinadas. Viu como escolher os dispositivos para fixação da peça e da fresa de acordo com o trabalho a ser executado. E também como fixar a peça e a fresa à máquina.

Nesta aula você vai aprender a fresar ranhuras retas. Ranhura é o mesmo que entalhe, rasgo ou canal. Então fresar ranhuras retas é o mesmo que abrir canais retos em uma peça. Um exemplo de ranhura é o entalhe da chave fixa, conhecida como chave de boca, utilizada para apertar parafusos de cabeça sextavada ou quadrada.

Há vários tipos de ranhuras retas. Nesta aula você vai aprender como fazer ranhuras retas por reprodução do perfil da fresa. Esta é uma operação que servirá de base para outras como fresar rasgos em T, trapezoidais e outros.

A operação de fresar ranhuras retas pressupõe uma outra etapa conhecida como **puxar coordenadas**. Puxar coordenadas é deslocar a ferramenta em relação a uma superfície ou linha de referência, até um ponto definido. Trata-se de uma etapa necessária que garante que a ranhura fique exatamente no lugar previsto no desenho da peça.

Você vai entender melhor quando falarmos sobre isso. Estude bem, e não se esqueça de reler aulas passadas, caso você precise relembrar conceitos já aprendidos!

Nossa aula

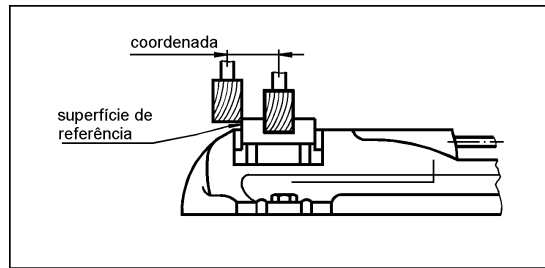
Como fresar ranhuras retas

Para fresar ranhuras retas, é necessário antes puxar uma coordenada. Vamos aprender a fazer isso?

Puxar coordenadas em fresadoras

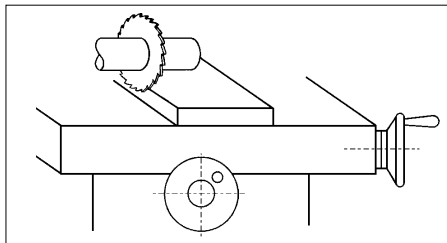
Puxar uma coordenada é deslocar a ferramenta de modo que ela fique na posição exata para executar o trabalho, conforme estabelecido no desenho da peça. O deslocamento da ferramenta é feito em relação a um furo, um rebaixo ou mesmo uma superfície já usinada da peça.

Para puxar coordenadas é preciso tangenciar a superfície de referência da peça, isto é, uma superfície já usinada. Tangenciar é o mesmo que tocar. Podemos tangenciar uma superfície de referência por meio da fresa, do centralizador ou de um pino retificado.

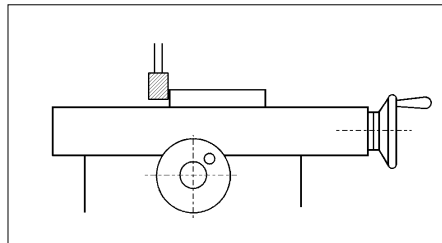


Tangenciamento com a fresa

- Fixe a ferramenta à máquina.
- Suba a mesa da fresadora e posicione a fresa ao lado da peça.
- Leve a peça até a fresa, de modo que você possa observar quando esta toca a superfície de referência da peça.



tangenciamento com fresa circular
(em fresadora horizontal)



tangenciamento com fresa de topo
(em fresadora vertical)

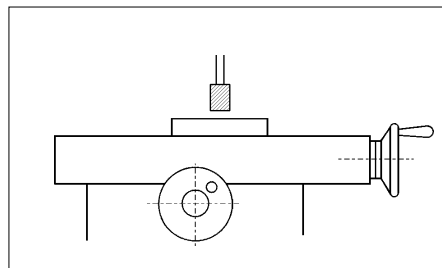
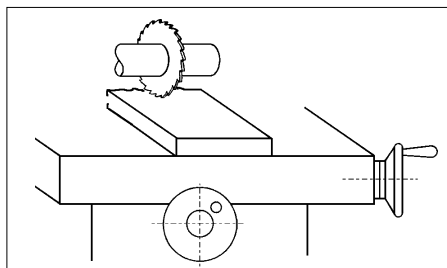
Dica tecnológica

Há dois modos de tangenciar a superfície de referência da peça com a fresa. Você pode trabalhar com a fresa em movimento e em baixa rotação, como fazem os operadores experientes, ou girar a fresa manualmente, como os operadores menos experientes. Neste caso, a fresa não pode estar em movimento, isto é, a máquina deve estar desligada.

- Zere o anel graduado da mesa da fresadora. Desça a mesa para afastar a peça da fresa.

Puxando a primeira coordenada

- Puxe a primeira coordenada, deslocando a peça até a posição de usinagem.



Recordar é aprender

Antes de puxar a coordenada, você precisa fazer o cálculo do avanço da mesa por divisão do anel graduado e de quantas divisões deste anel você deve avançar.

- Com a fresa posicionada sobre a peça, suba a mesa da fresadora lenta e cuidadosamente, até que a fresa tangencie a face superior da peça.
- Zere o anel graduado do fuso de subida da mesa.

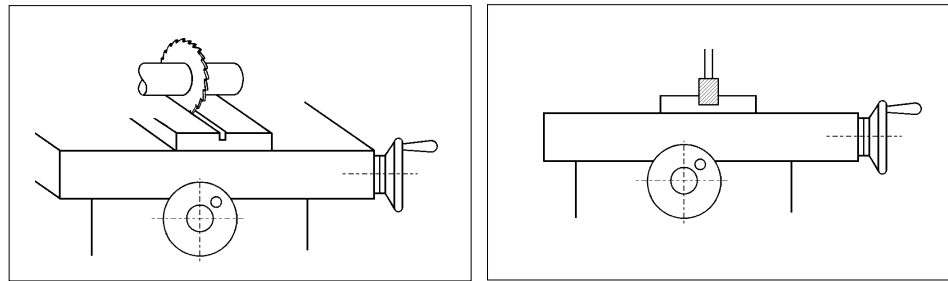
Dica tecnológica

Uma maneira de observar quando a ferramenta tangencia a peça é utilizar um pedaço de papel untado em óleo e aderido à superfície da peça. No momento em que a ferramenta toca o papel, este se desprende da superfície. Se você usar este recurso, não esqueça de acrescentar a espessura do papel à coordenada de deslocamento, quando for fazer os cálculos.

- Retire a fresa de cima da peça.

Puxando a segunda coordenada

- Suba mesa, para puxar a segunda coordenada, isto é, a coordenada da profundidade de corte. Retire a peça.



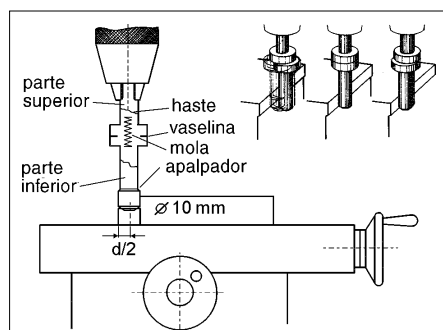
Fique por dentro

Para puxar coordenadas de precisão, é recomendado o uso do centralizador marva ou de um pino retificado.

Tangenciamento com o centralizador marva

O centralizador marva é um dispositivo preso ao eixo-árvore por meio de um mandril ou pinça.

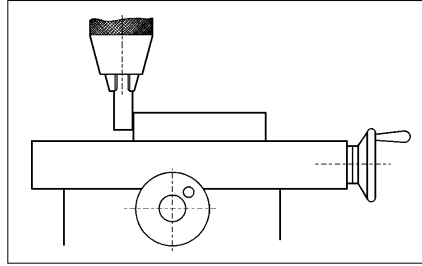
Ele é constituído de uma haste superior e uma inferior. A haste superior é presa ao mandril e unida à haste inferior por uma mola. A haste inferior entra em contato com a peça. As superfícies de contato das hastes se desalinham quando ocorre o tangenciamento, isto é, quando o centralizador toca a superfície de referência da peça.



tangenciamento com o centralizador marva

Tangenciamento com o pino retificado

O pino retificado é um dispositivo fixado à máquina por meio de um mandril ou pinça. Para tangenciar a peça, pintamos o dispositivo com tinta de traçagem. Sabemos que ocorreu o tangenciamento, porque a tinta do pino é riscada no momento em que este toca a superfície de referência da peça.



tangenciamento por meio de um pino retificado

Tanto o centralizador marva quanto o pino retificado apresentam a vantagem de não danificar a superfície da peça a usinar. Por isso são recomendados para trabalhos em que é necessário tangenciar uma superfície que não pode ser danificada.

Você aprendeu como puxar coordenadas, tangenciando a fresa à superfície de referência. Podemos então aplicar um exercício.

Vamos supor que temos de deslocar uma coordenada no valor de 30 mm. Sabendo que o passo do fuso da mesa da fresadora é de 4 mm e que o anel graduado tem 100 divisões, quantas divisões no anel graduado devemos avançar?

Primeira coisa a fazer é calcular o valor do avanço por divisão.

Temos que:

$$A = \frac{pf}{n^{\circ} \text{ divisões}}$$

em que:

A = avanço por divisão do anel graduado

pf = passo do fuso

n = n° de divisões do anel graduado

Substituindo temos:

$$A = \frac{4}{100}$$

$$A = 0,04$$

Então, o avanço por divisão do anel graduado é igual a 0,04 mm. Com isso podemos calcular o número de divisões a avançar.

Temos que:

x = valor da coordenada # A

Substituindo vem:

$$x = 30 \text{ mm} \# 0,04$$

$$x = 750 \text{ divisões}$$

Respondemos à questão. Para puxarmos a coordenada, devemos avançar 750 divisões no anel graduado, ou seja, sete voltas e meia.

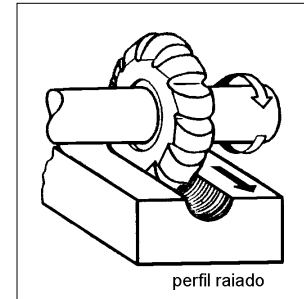
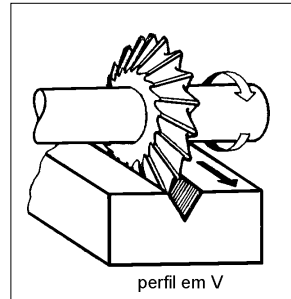
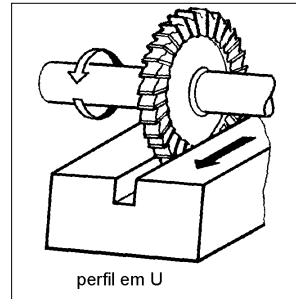
**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 1

Suponha que você precisa deslocar uma coordenada no valor de 26 mm. Sabendo que o passo do fuso da mesa da fresadora é de 6 mm e que o anel graduado tem 120 divisões, quantas divisões no anel graduado devem ser avançadas?

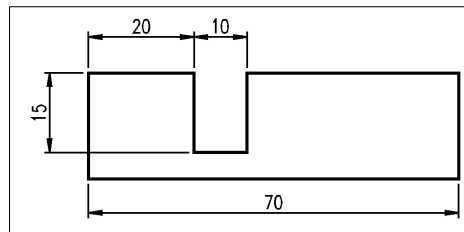
Fresar ranhuras retas por reprodução do perfil da fresa

Na fresagem de ranhuras retas por reprodução do perfil da fresa são obtidos perfis variados. Veja abaixo.



Vamos aprender a fazer uma ranhura reta por reprodução do perfil da fresa, por meio do exemplo a seguir.

Suponha que você deve abrir um canal em uma peça, conforme desenho abaixo. O que fazer?



Para começar, você já deve ter alinhado a superfície de referência assim como a morsa. Também já deve ter determinado os parâmetros de corte e escolhido a fresa. Vamos supor que a escolha recaiu sobre a fresa de topo de haste paralela, a qual só pode ser fixada por meio de mandril porta-pinça. Então, como continuar?

- Tangencie a fresa à superfície de referência e zere o anel graduado.
- Desça a mesa da fresadora e desloque a ferramenta no valor da coordenada. Este é igual à cota do desenho (20 mm) mais o diâmetro da fresa (10 mm).
- Suba a mesa até tangenciar a superfície da peça e zere o anel graduado. Retire a fresa de cima da superfície da peça.
- Suba a mesa até a profundidade de corte desejada.

Recordar é aprender

Lembre-se de que você só pode retirar até um máximo de 1/3 da altura da fresa por passada.

- Faça a usinagem.

Exercício 2

Responda às questões.

- a) Para que usamos a operação de puxar coordenadas?
- b) Para que tangenciamos a ferramenta à uma superfície de referência?

**Pare! Estude!
Responda!**



Fresando ranhuras retas – II

Na aula passada você aprendeu como fresar ranhuras retas por reprodução do perfil da fresa. Nesta aula você vai aprender como fresar ranhuras em T, trapezoidal e de chaveta.

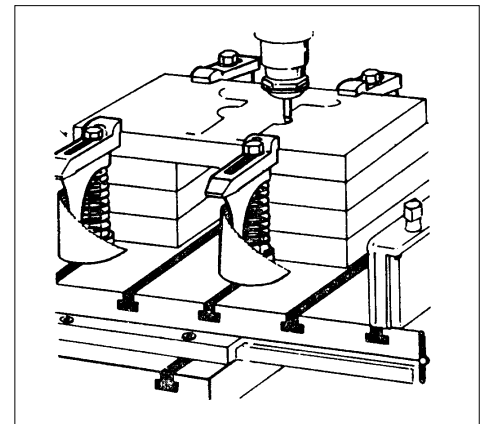
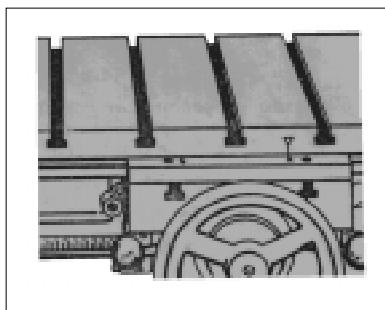
Estude bem e faça os exercícios. E não hesite em recorrer a aulas passadas, quando necessário!

Nossa aula

Como fresar ranhuras em T, trapezoidal e de chaveta

Como fresar uma ranhura em T

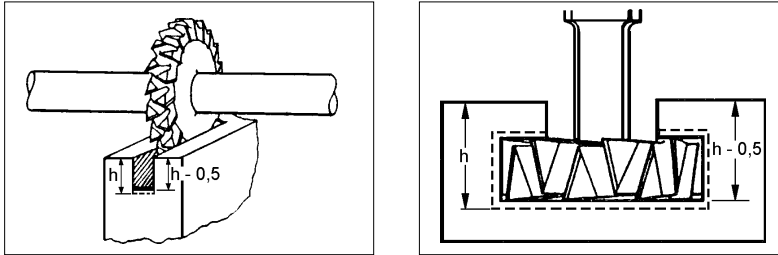
A ranhura em T é uma ranhura reta com perfil em forma da letra **T**. Trata-se de uma ranhura encontrada em mesas de máquinas como plainas, fresadoras e furadeiras. As ranhuras em T funcionam como guias para porcas e parafusos, empregados na fixação de peças e dispositivos em máquinas. Veja detalhe abaixo.



As ranhuras em T são normalizadas pelas normas DIN, NBR e outras. Vamos ver como fresar uma ranhura em T?

- Fixe e alinhe a peça.
- Escolha a fresa adequada à largura da ranhura. Para isso consulte uma tabela normalizada.
- Fixe a fresa.

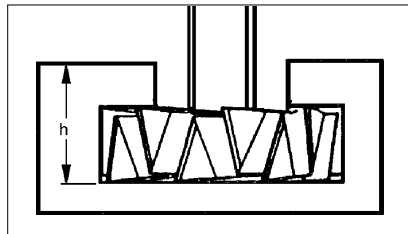
- Determine os parâmetros de corte.
- Puxe a coordenada e frese a ranhura retangular. Deixe 0,5 mm a menos na profundidade para fazer o acabamento no fundo da ranhura.
- Troque a fresa para fazer o desbaste da ranhura em T. Utilize a fresa do tipo T, também chamada Woodruff. A haste da fresa deve ter diâmetro menor que a largura da ranhura a ser feita. Desbaste a ranhura perpendicular à anterior.



Dica tecnológica

A operação de fresar ranhuras em T requer uma refrigeração contínua e abundante, para evitar aquecimento excessivo da fresa e garantir a remoção do cavaco. Caso não seja possível usar refrigerante, pare a máquina para retirar os cavacos da ranhura. Caso contrário, a ferramenta e a peça podem ser danificadas.

- Troque de novo a fresa. Se possível, utilize fresa com dimensões normalizadas que permita fazer a ranhura em T em um só passe.
- Termine a ranhura. Para isso, centre a fresa e coloque-a na altura definitiva.

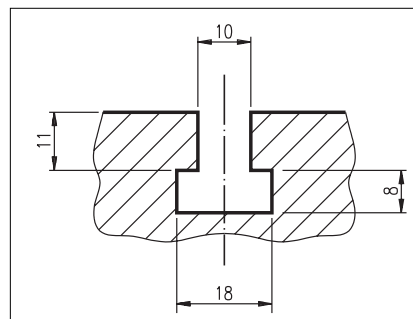


Dica tecnológica

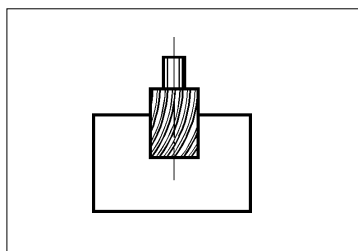
Na etapa de acabamento, escolha o menor avanço possível. A fresa Woodruff é muito sensível e poderá quebrar-se caso seja utilizado um avanço superior ao que ela pode suportar.

Você acabou de aprender como fazer uma ranhura em T. Podemos aplicar um exercício.

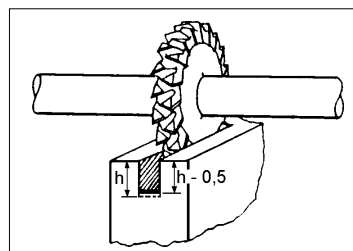
Vamos supor que você deve fazer uma ranhura em T, conforme o desenho ao lado. Como proceder?



Primeira coisa a fazer é fixar e alinhar a peça. Depois, abra o canal com uma fresa cilíndrica de topo de 10 mm de diâmetro. Pode usar também uma fresa circular de três cortes, com largura de 10 mm, como mostra a figura.



rasgo com fresa de topo



rasgo com fresa circular

Observação: Cuide para que o canal fique com no máximo 18,5 mm de profundidade.

Troque a fresa por uma do tipo T para ranhura, conforme mostra o detalhe de tabela.

$d_1 = 16$	$b = 8$	$d_2 = 6,5$	$d_3 = 10$	$l_1 = 12$	$l_2 = 63$
------------	---------	-------------	------------	------------	------------

Abra o canal em T. Para isso posicione a fresa na altura de 19 mm como indicado no desenho da peça. Observou que o canal pedido tem 18 mm de largura e a fresa de trabalho, apenas 16 mm de diâmetro? Como conseguir então um canal de 18 mm?

Simple! Depois que você der uma passada com a fresa, o canal aberto ficará com 16 mm de largura. Para que ele meça 18 mm, você vai precisar deslocar a mesa da fresadora em um milímetro, no sentido transversal ao deslocamento dela.

Após isso, é necessário dar mais uma passada com a fresa, para usinar o milímetro deslocado. Com isso você obtém um canal com 17 mm de largura. E agora?

Agora você precisa deslocar a mesa da fresadora no sentido transversal em mais 2 mm. Mas, desta vez, em sentido inverso ao do primeiro deslocamento. Acompanhe o raciocínio.

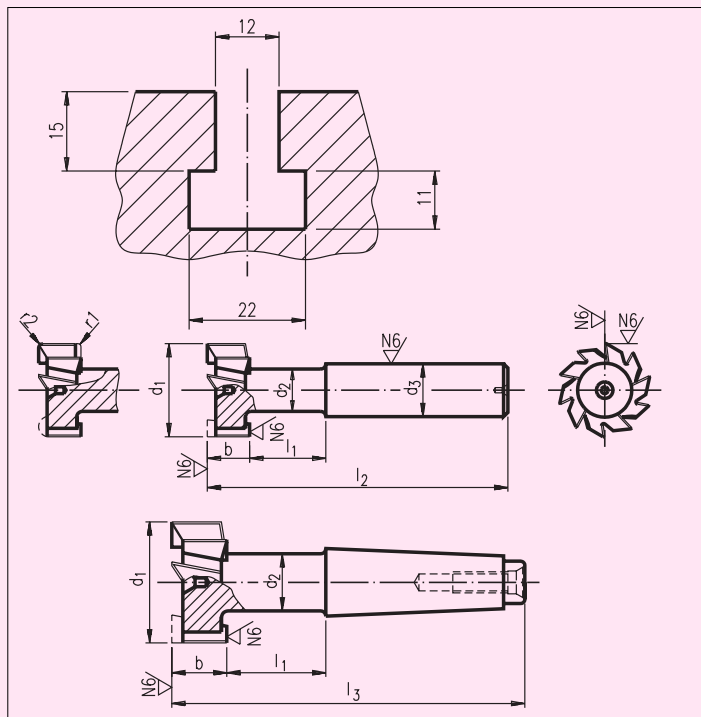
Se você voltar a mesa da fresadora em apenas um milímetro, vai estar apenas centralizando a fresa no canal. Deslocando-a em 2 mm, você estará posicionando a fresa de modo que ela retire um milímetro no outro lado do canal. Assim, o canal fica com 18 mm de largura, conforme pedido no desenho.

Quanto à altura de 8 mm, ela é obtida com a fresa escolhida, isto é, $b = 8$ mm. E está pronta a ranhura em T! Agora é só limpar a peça e retirar as rebarbas.

Exercício 1

Qual a fresa T mais indicada para usinar um canal em T conforme desenho a seguir? (Utilize tabela DIN)

**Pare! Estude!
Responda!**



d ₁	b	Para ranhuras em T, DIN 650	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	Cone Morse num.	r ₁	r ₂
12,5	6	6	5	10	9	56				
16	8	8	6,5	10	12	63			1,6	
19	9	10	8	12,5	15	71				
22	10	12	10	12,5	18	71			0,6	
25	11	14	12	16	20	90				
28	12	16	13	16	23	90			2,5	
32	14	18	15	20	26	110				
36	16	20	17		29		131			
40	18	22	19		32		136	3		
45	20	24	20		35		141			
50	22	28	23		39		147		1,0	4,0
56	24	32	27		46		179	4		
63	28	36	32		51		188		1,6	
75	32	42	36		61		229			6,0
85	36	48	40		67		239	5	2,0	
95	40	54	44		74		250			

Exercício 2

Que tipos de fresas devem ser utilizadas, para abrir um rasgo retangular a fim de fresar um canal em T?

Exercício 3

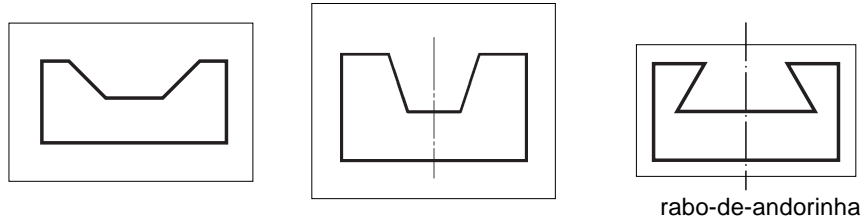
Por que se deve utilizar refrigeração em abundância para fresar rasgos em T?

Exercício 4

Por que é preciso utilizar pequenos avanços da mesa da fresadora quando se usam fresas do tipo Woodruff?

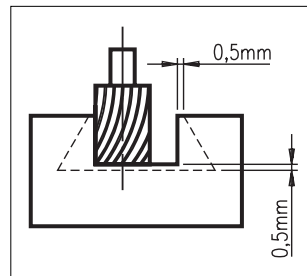
Como fazer uma ranhura trapezoidal

A ranhura trapezoidal tem perfil em forma trapezoidal. Ela é utilizada na construção de guias para elementos de máquinas. Há vários tipos de ranhura trapezoidal. Dentre elas a mais comum é a ranhura conhecida como rabo-de-andorinha. Veja abaixo.



Vamos ver como fazer uma ranhura trapezoidal? Siga os passos.

- Fixe e alinhe a peça.
- Fixe a fresa para fazer a ranhura retangular.
- Puxe a coordenada.
- Determine os parâmetros de corte.
- Frese uma ranhura de seção retangular, inscrita na seção trapezoidal. Deixe aproximadamente 0,5 mm de sobremetal no fundo e nas laterais do rasgo retangular, para fazer o acabamento.



- Troque a fresa por uma fresa angular, de acordo com o perfil desejado da ranhura.
- Frese a ranhura.

Dica tecnológica

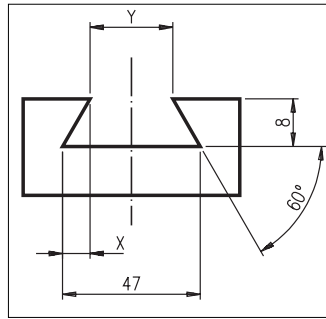
Utilize em abundância jato de refrigerante para remover os cavacos da ranhura.

Como fazer um rabo-de-andorinha

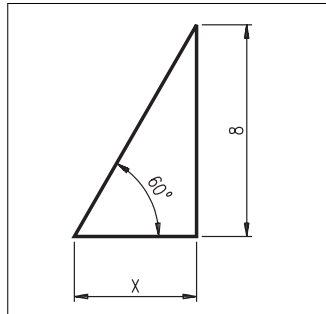
Agora que você aprendeu a fresar ranhuras retas trapezoidais, podemos aplicar um exercício, não é mesmo? Vamos fazer um rabo-de-andorinha?

Para começar alinhe e fixe a peça. Em seguida abra a ranhura retangular, de modo que ela fique com 7,5 mm de profundidade e largura menor que a medida y , mostrada no desenho a seguir. Para isso é necessário calcular a medida da ranhura. Veja como fazer.

Vamos supor que você recebeu uma peça conforme o desenho abaixo. O que fazer?



Observe o triângulo abaixo:



Recordar é aprender

$$\text{tangente} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

Em seguida, fazemos o cálculo:

$$\text{Tg } 60^\circ = \frac{8}{r}$$

$$x = \frac{8}{\text{Tg}60^\circ} \quad \therefore x = \frac{8}{1,73} \cong 4,6$$

O resultado encontrado foi $x = 4,6$ mm, não é mesmo? Agora você já pode calcular a abertura y . Para isto é só montar o cálculo como segue.

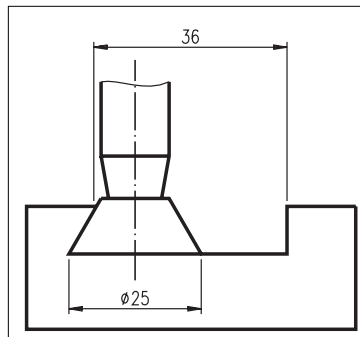
$$y = 47 - 2 \cdot (4,6) - 2 \cdot 0,5 = 36,8 \text{ mm}$$

Então, o máximo de largura que a ranhura retangular pode ter é 36,8 mm, aproximadamente.

Dica tecnológica

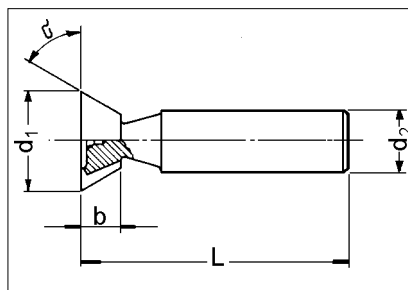
O valor 0,5 mm da equação dada corresponde ao sobremetal deixado nas laterais da ranhura para fazer o acabamento.

Para um valor de $y = 36$ e $x = 4,6$, o diâmetro (d_1) máximo da fresa deve ser de 40 mm. Com isso, você consegue usinar um lado do rabo-de-andorinha de cada vez.



Feitos os cálculos, é hora de escolher a fresa angular. Esta pode ser uma fresa angular de topo para mandril ou uma fresa angular com haste cilíndrica. Vamos supor que você tenha optado pela fresa angular de haste cilíndrica. Só resta agora conhecer as medidas desta fresa.

Isto é fácil. Sabendo as medidas da ranhura que a fresa deve abrir, 47 mm x 8 mm e 60° , e que o diâmetro máximo (d_1) da fresa é 40 mm, é só consultar uma tabela de dimensões normalizadas de fresas, como mostrado abaixo.



Você deve ter encontrado que a fresa com diâmetro mais próximo a 40 mm é a de 25 mm, como no detalhe abaixo, não é mesmo?

60°	25	10	67	12
-----	----	----	----	----

Agora é só usinar. Para isso, utilize a fresa escolhida e fixe-a ao mandril porta-piças. A fresa está centralizada no canal retangular. Então, desloque a mesa no sentido transversal, de forma a usinar uma das laterais da ranhura. Usine esta lateral.

Feito isso, desloque a mesa no sentido transversal, contrário ao primeiro deslocamento. Usine a segunda lateral.

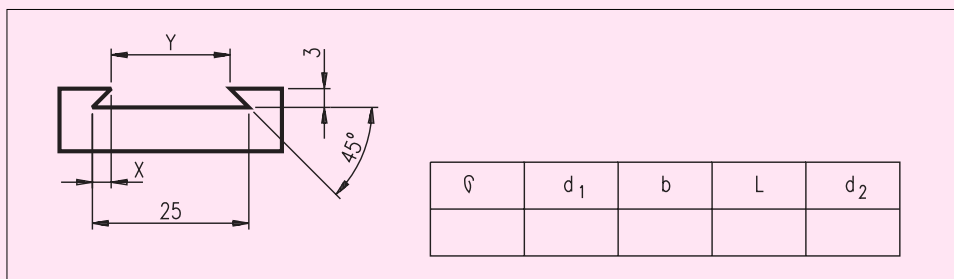
Dica tecnológica

As fresas angulares são frágeis porque seus dentes formam ângulos muito agudos. Por isso, sempre que trabalhar com elas, adote o movimento discordante. Ainda, no início da fresagem, utilize avanço manual da mesa. Depois, para terminar a fresagem, passe para o avanço automático. Assim, você evita danos à fresa, como a quebra de dentes.

Você viu como fazer para fresar um rabo-de-andorinha. Que tal responder a algumas questões?

Exercício 5

Que fresa você deve utilizar para fresar um rabo-de-andorinha, conforme o desenho abaixo? (Consulte tabela normalizada de fresas, p. 54)



Exercício 6

Por que é necessário determinar os valores de x e y , quando se usina um rasgo do tipo rabo-de-andorinha?

Exercício 7

Para que é preciso deixar um sobremetal de 0,5 mm nas paredes da ranhura retangular, quando se usina um rasgo do tipo rabo-de-andorinha?

Exercício 8

Por que se deve optar pelo movimento discordante quando se usina um rasgo do tipo rabo-de-andorinha?

**Pare! Estude!
Responda!**

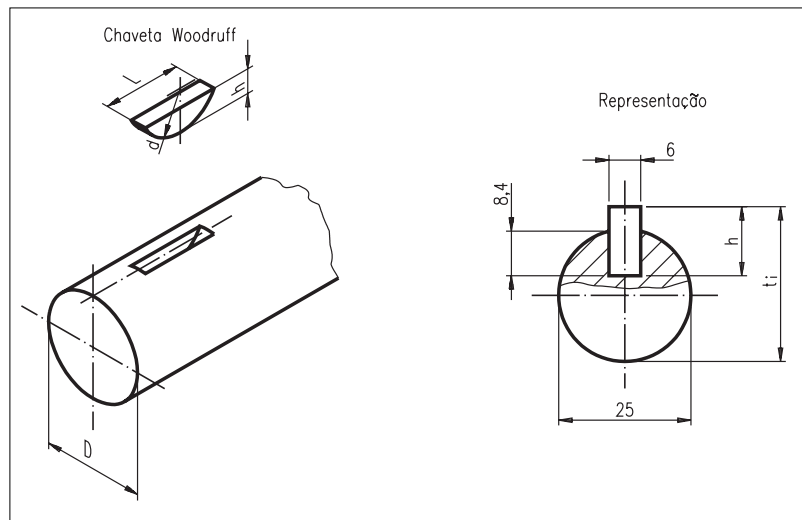
Como fazer ranhuras de chavetas

A ranhura de chaveta é um rasgo onde se encaixa a chaveta. A chaveta é um elemento de máquina, normalizado, que transmite movimento de rotação a outros elementos. Tome-se o exemplo de uma polia montada em um eixo de motor. Sem a chaveta, o eixo gira em falso e não transmite o movimento de rotação para a polia.

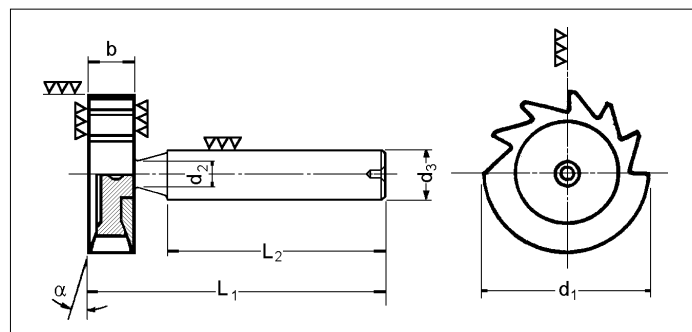
Para abrir uma ranhura ou rasgo de chaveta, seguimos os mesmos passos das operações anteriores de fresar ranhuras retas. O cuidado está na escolha da fresa, a qual vai depender do perfil do rasgo que se quer obter.

Em geral, utilizamos fresa de topo, fresa do tipo Woodruff ou fresa circular de três cortes normalizadas, segundo as dimensões da chaveta.

Vamos ver como fazer rasgos de chaveta? Vamos supor que você deve fazer um rasgo de chaveta do tipo Woodruff, conforme desenho abaixo. Por onde começar?



Fixe e alinhe a peça. Em seguida, consulte a tabela de fresas normalizadas para determinar as medidas da fresa Woodruff. Estas medidas devem ser adequadas para abrir um rasgo de 6 mm x 8,4 mm, conforme indicado no desenho da peça.

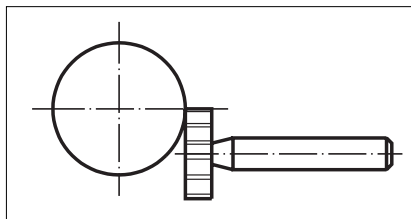


b	h	d ₁	d ₂	d ₃	b	1	2	b	h	d ₁	d ₂	d ₃	b	1	2
1 x 1,4	4	1,8	6	1	50	40	5 x 7,5	19	6	10	5	55	40		
1,5 x 2,6	7	2,8	6	1,5	50	40	5 x 9	22	6	10	5	55	46		
2 x 2,6	7	3,2	6	2	50	40	6 x 7,5	19	6,5	10	6	60	46		
2 x 3,7	10	4	6	2	50	40	6 x 9	22	6,5	10	6	60	46		
2,5 x 3,7	10	4	6	2,5	50	40	6 x 10	25	7,5	10	6	60	46		
3 x 3,7	10	4,2	6	3	50	40	6 x 11	28	8,5	10	6	60	46		
3 x 5	13	4,6	10	3	55	40	8 x 9	22	6,5	10	8	60	46		
3 x 6,5	16	4,6	10	3	55	40	8 x 11	28	8,5	10	8	60	46		
4 x 5	13	4,6	10	4	55	40	8 x 13	32	8,5	10	8	60	46		
4 x 6,5	16	4,6	10	4	55	40	10 x 11	28	9,3	12	10	65	50		
4 x 7,5	19	5,6	10	4	55	40	10 x 13	32	9,3	12	10	65	50		
5 x 5	16	5	10	5	55	40	10 x 16	45	11,8	12	10	65	50		

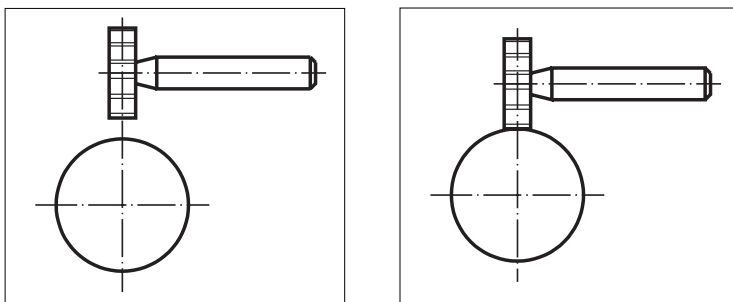
A fresa indicada é a que tem as seguintes dimensões:

6 x 10	25	7,5	10	6	60	46
--------	----	-----	----	---	----	----

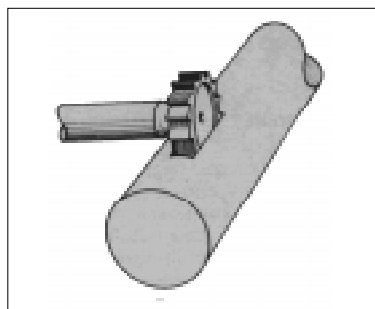
Feito isso, fixe a fresa com um mandril porta-piças. Em seguida, determine os parâmetros de corte e tangencie a lateral da peça com a fresa.



Agora desça a mesa da fresadora e puxe a coordenada até o centro do eixo. Depois, suba a mesa lenta e cuidadosamente, a fim de tangenciar de novo a superfície com a fresa.



Zere então o anel graduado do fuso de subida da mesa e usine a peça. Para isso, suba de novo a mesa lenta e cuidadosamente, até obter a profundidade do rasgo. Utilize o avanço manual.



Dica tecnológica

Na operação de fresar rasgos de chaveta do tipo Woodruff, o avanço da ferramenta deve ser manual e lento, para evitar a quebra da fresa. Ainda, a refrigeração deve ser contínua e abundante, para evitar excessivo aquecimento da ferramenta e possibilitar a remoção dos cavacos. Com isto, evita-se também a quebra da ferramenta.

Exercício 9

Assinale a alternativa correta:

O diâmetro da haste da fresa Woodruff para ranhuras em T deve ser:

- a) () igual à largura da ranhura retangular;
- b) () maior que a largura da ranhura retangular;
- c) () menor que a largura da ranhura retangular;
- d) () menor que o comprimento da ranhura retangular.

**Pare! Estude!
Responda!**

Exercício 10

Responda:

Para que serve uma ranhura em T em mesas de máquinas?

Exercício 11

Que fresa Woodruff deve ser usada para abrir o rasgo de chaveta Woodruff?

$b = 8 \text{ mm}$

$h = 10 \text{ mm}$

Exercício 12

Ordene de 1 a 8 os passos abaixo, para abrir um rasgo em T.

- a) () Fixe a fresa.
- b) () Puxe a coordenada e frese a ranhura retangular.
- c) () Centre a fresa na altura e termine a ranhura.
- d) () Fixe e alinhe a peça.
- e) () Escolha a fresa adequada à largura da ranhura.
- f) () Troque a fresa novamente.
- g) () Determine os parâmetros de corte.
- h) () Troque a fresa para fazer o desbaste da ranhura em T.

Exercício 13

Complete as sentenças abaixo:

- a) A é um elemento de máquina normalizado que transmite movimento de rotação.
- b) Geralmente, utilizamos fresa....., fresa de três cortes, normalizadas segundo as dimensões da chaveta Woodruff.
- c) A escolha da fresa depende do do rasgo ou ranhura que se quer obter.
- d) Na falta da chaveta, o eixo gira em falso e não transmite o movimento de