



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP

ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA

PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO MECÂNICA



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação

Maria Izolda Cella de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Andréa Araújo Rocha

SUMÁRIO

AULA 1 – Processos de Fabricação	4
TÓPICO 1-Processo de Fundição	5
AULA 2 – Processos de fundição por gravidade	6
TÓPICO 1-Fabricação por gravidade com moldes denominados permanentes.	13
TÓPICO 2- Fabricação por pressão com moldes denominados permanentes e fundição em casca – “Shell Molding”	14
AULA 3 – Processo de fundição por precisão	15
TÓPICO 1 – Algumas vantagens e limitações do processo	16
AULA 4 – Processo de fundição por pressão e por centrifugação.....	17
TÓPICO 1 – Algumas vantagens e limitações do processo por pressão	18
TÓPICO 2 – Processo por centrifugação	19
AULA 5 – Processo por Forjamento: Forjamento por martelamento, por prensagem com matriz aberta e por prensagem com matriz fechada.....	21
AULA 6 - Processo por conformação mecânica por laminação.....	23
TÓPICO 1 – Laminação a quente e laminação a frio	26
AULA 7 – Processo de fabricação mecânica por conformação mecânica – extrusão e trefilação.....	27
TÓPICO 1 – Tipos de extrusão quanto ao equipamento	28
TÓPICO 2 – Processo conformação mecânica por trefilação	29
AULA 8 – Processo conformação mecânica – estampagem.....	31
TÓPICO 1 – Processo conformação mecânica estampagem – corte.....	32
TÓPICO 2 –Processo conformação mecânica estampagem – dobramento.....	33
TÓPICO 3 – Processo conformação mecânica estampagem - repuxo	34
AULA 9 – Componentes de máquinas – elementos de fixação.....	35
AULA 10 – Roscas.....	41
AULA 11 – Componentes de máquinas de apoio: guias, buchas, mancais e rolamentos	44
TÓPICO 1 – Componentes de apoio – buchas e mancais	46
TÓPICO 2 – Componentes de apoio- guias.....	48
AULA 12 –Relação de transmissão – polias e correias.....	49

TÓPICO 1 – Velocidade tangencial ou periférica.	51
TÓPICO 2 – Cálculo das correias	52
AULA 13 –Relação de transmissão – engrenagens.....	54
TÓPICO 1 – Nomenclatura da roda dentada.....	57
AULA 14 – Deduções de fórmulas para uma engrenagem cilíndrica de dentes retos e o ângulo de pressão.....	59
TÓPICO 1 – Cálculo dos parâmetros para a engrenagem cilíndrica de dentes retos (E.C.D.R)	61
AULA 15– Cálculo dos parâmetros para engrenagem cilíndrica dentes helicoidais (E.C.D.H).....	63
AULA 16 – Cálculo dos parâmetros para cremalheira.....	66
AULA 17 – Processo de fabricação por tecnologia da usinagem.....	67
AULA 18 – Processo de fabricação por tecnologia da usinagem – ferramenta de corte	68
TÓPICO 1- Algumas características de materiais de fabricação - ferramentas de corte	70
TÓPICO 2 – Ângulo de incidência, ângulo de cunha e ângulo de desprendimento	73
AULA 19 – Velocidade de corte, avanço e profundidade de corte	75
AULA 20 – Cavacos, quebra cavacos e fluidos de corte	76
TÓPICO 1 - Fluido de Corte	78
AULA 21 – Plaina.....	80
AULA 22 -Torno convencional	83
TÓPICO 1- Velocidade de corte m/mm (metros por minuto) e rpm (rotação por minuto), avanço e tempo.	89
TÓPICO 2- Tempo empregado no torneamento	91
TÓPICO 3- Força de corte, pressão específica de corte, trabalho, potência útil e potência efetiva	93
AULA 23- TORNENANDO PEÇAS CÔNICAS	97
AULA 24- Fresadoras e fresas	101
AULA 25 – Velocidade de corte e avanço por mesa.....	107
AULA 26- APARELHO DIVISOR	110
AULA 27- Divisão diferencial	113

APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

O processo de fabricação consiste em construir peças com formatos, dimensões e acabamentos de acordo com as solicitações de projeto. Na fundição o metal líquido é colocado em moldes, conforme o formato da peça, até que ocorra a solidificação. Alguns tipos de fundição são apresentados, como também as vantagens e limitação de cada um. Na fabricação por conformação mecânica, o metal em estado sólido sofre vários esforços, pode ser um processo a quente ou a frio, dependendo do tipo de material, dimensão e outros fatores que devem ser estudados. A seguir são descritos o objetivo da laminação, forjamento, extrusão, trefilação e estampagem, como também, as características de cada um. No processo por tecnologia da usinagem, os conteúdos desenvolvidos, demonstram a forma de uma peça pela remoção progressiva de sobremetal (cavacos). As máquinas ferramentas e as ferramentas de corte que são utilizadas na usinagem, que de acordo com o projeto solicitado, é indicada a máquina e as ferramentas que forem necessárias. Em qualquer que seja o método de fabricação, importante é que a produção sempre preserve a qualidade e apresente um menor custo. Este trabalho tem como objetivo mostrar os diferentes processos de fabricação, os componentes de máquinas e as relações de transmissão de engrenagens e dos sistemas de transmissão das polias e correias, com a principal finalidade de ampliar os conhecimentos e motivar a aprendizagem.

AULA 1 - Processos de Fabricação

O ato de construir uma peça com o formato e as dimensões (desejadas) de projeto é denominado processo de fabricação. Comumente os processos de fabricação se dividem em:

Processo de fabricação por conformação mecânica, isto é, sem a separação de massa (sem a produção de cavaco).

Processo de fabricação por usinagem, isto é, com a separação de massa (com a produção de cavaco).

Processo por fabricação por conformação mecânica, as peças alcançam o formato de projeto através dos esforços mecânicos, como: tração, compressão, flexão, entre outros. Os processos são denominados de: Forjamento, laminação, extrusão, trefilação, estampagem e outros. Estes processos são geralmente na região plástica, onde as aplicações de tensões são sempre menores que a tensão de ruptura, ($\sigma < \sigma_{\text{Ruptura}}$). Exceto no caso do processo de corte, que as tensões aplicadas passam a ser maiores que a tensão de ruptura ($\sigma > \sigma_{\text{Ruptura}}$).

A fundição é um processo onde ocorre a solidificação em moldes com formatos aproximados da peça, se diferenciando dos demais processos, que são realizados através dos esforços mecânicos e com o metal a quente, a frio ou a morno.

Processo de usinagem é o processo de fabricação pelo qual se dá forma à peça, pela remoção progressiva de cavacos ou aparas de materiais metálicos ou não. A usinagem permite operações tais como: aplainamento, torneamento, furação, serramento, fresamento, roscamento, retificação, polimento, afiação, limagem e etc.

As máquinas ferramentas que trabalham nestas operações, denominadas máquinas operatrizes, normalmente dispõem de uma ou mais ferramentas para efetuarem a operação, as ferramentas de corte.

Objetivos

- Distinguir os processos de fabricação
- Compreender o processo de fundição

TÓPICO 1-Processo de Fundição

Objetivos do tópico

- Conhecer a fundição
- Identificar o processo
- Entender que existe mais de um tipo do processo

A fundição é um processo de fabricação que permite obtenção de peças praticamente acabadas e/ou semi acabadas. Dentro as semi acabadas encontram-se a fabricação de lingotes ou tarugos fundidos, isto é, material metálico que possibilita a origem de processos de conformação mecânica, a exemplo de: laminação, estampagem, forjamento, entre outros.

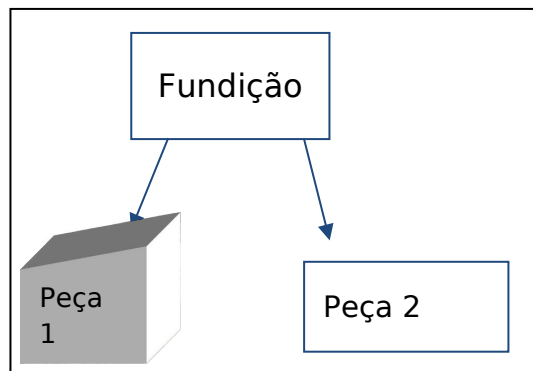


Figura 1: peça1 praticamente acabada/peça2 lingotes ou tarugo.

Na fundição a mudança do estado físico ocorre quando o metal no estado sólido é aquecido até atingir o estado líquido, denominado de fusão, então o metal líquido é levado para preencher cavidades de moldes com o formato da peça solicitada. A seguir o metal solidifica-se nestes moldes (solidificação), que de acordo com o tipo de fundição são obtidas peças para as mais diversas aplicações.

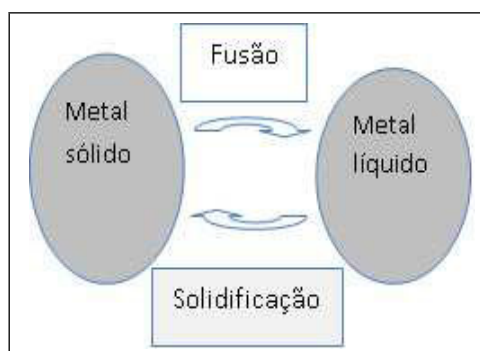


Figura 2: Processo de fusão e processo de solidificação.

A fundição abrange diversos processos, cada um com suas próprias características, neste curso serão objetos de estudo os seguintes processos:

- a- Por gravidade;
- b- Sob pressão;
- c- Por precisão;
- d- Por centrifugação.

AULA 2 - Processos de fundição por gravidade

O processo de fundição por gravidade pode ser representado pelas seguintes etapas:

1. Confecção do modelo - construção um modelo com o formato aproximado da peça a ser fundida. Esses modelos são fabricados de madeira, isopor, resina plástica, alumínio, aço, entre outros materiais, de acordo com a demanda da produção e visando o custo/benefício.

2- A moldagem em areia - Na fabricação da areia para moldagem, as mais utilizadas são as de sílica, que podem ser naturais ou sintéticas. As naturais são normalmente compostas de sílica, argila e água. As sintéticas geralmente são à base de areia sílicas e a bentonita, um aglomerante mineral.

3. Confecção do molde - O molde deve apresentar os requisitos para se obter uma boa fundição a exemplo de: resistência suficiente para suportar o peso do metal, aguentar a ação erosiva quando o metal for vazado, obter propriedades para gerar menor quantidade de gás possível e auxiliar na expulsão dos gases formados. Então o modelo é colocado no molde, depois de compactado com o objetivo de obter o a forma do modelo, é retirado o modelo e o metal fundido é colocado no molde para que se obtenha a peça desejada.

4. Confecção dos machos - Macho tem a finalidade de preencher os vazios das peças, evitando que vaze metal líquido onde não seja indicado. Os machos podem ser fabricados da areia de fundição com outros aglomerantes adicionados e colocados em estufas com a finalidade de aumentar a resistência.

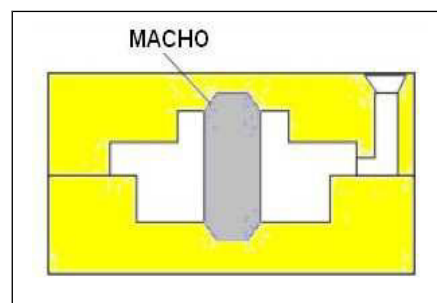


Figura 3: Macho

5. Fusão - A fase do metal sólido para o estado líquido.

6. Vazamento - Através dos canais de distribuição acontece o vazamento, isto é, o enchimento do molde com metal líquido.

7- Canais de distribuição - O vazamento acontece por meio do canal de alimentação, que conforme o tamanho da peça, formato e outros fatores, o canal de alimentação pode se dividir em vários canais de distribuição.

8- Massalote - É um dispositivo utilizado com a finalidade controlar os vazios nas peças e lingotes, no tempo que ocorre a solidificação e apresenta contração volumétrica dentro do molde. O massalote fica suprido de metal líquido e os vazios devem se concentrar nos mesmos.

9. Desmoldagem – Quando a peça se solidifica dentro do molde, ocorre a desmoldagem, que dependendo de vários fatores, pode ser realizado manualmente ou por processos mecânicos.

10. Rebarbação – Quando a peça é retirada do molde, é realizado o rebarbamento, a retirada de partes de metal que não fazem parte da peça.

11. Limpeza – Devido às incrustações do molde, é necessária uma limpeza. Geralmente ela é feita por meio de jatos abrasivos. A seguir fig. 4 apresentando as etapas da fundição por gravidade.

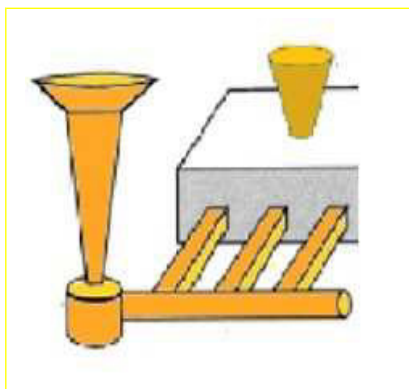


Figura 4: A peça fundida e os acessórios do processo.

Objetivos

- Distinguir as etapas do processo de fundição por gravidade
- Identificar a necessidade de cada etapa
- Verificar que existem tipos de fundição considerados com moldes permanentes
- Compreender que para cada peça, material e quantidade a ser fabricada, existem um tipo de fundição que melhor se adequar.

TÓPICO 1-Fabricação por gravidade com moldes denominados permanentes

Objetivos do tópico:

- Entender na fundição o que é considerado molde permanente
- Quando o processo por gravidade com moldes permanentes deve ser utilizado.

A fundição com moldes metálicos ou outro material que possa ser utilizados inúmeras vezes são denominados na fundição como molde permanente, geralmente utilizado quando se tem uma produção em grande escala, que justifique tal custo e benefício. Os moldes podem também ser construídos com parte metal e parte de areia reduzindo os custos do mesmo sem alterar as características das peças, já que, a parte de areia é colocada nas partes da peça que não exija as características do molde de metal. A parte de metal a peça solidifica com maior rapidez, adquirindo uma maior dureza o que não ocorre com a parte feita de material refratário.

Como os moldes são geralmente fabricados de ferro fundidos, então normalmente a fundição ocorre com metais não ferrosos, a exemplo de: chumbo, estanho, alumínio, cobre e suas ligas. Neste processo o resfriamento é rápido resultando uma alta dureza, como também surgem tensões nas camadas superficiais, sendo na maioria das vezes indicado fazer um tratamento térmico de recozimento, entretanto com moldes permanentes obtém-se bom acabamento superficial e alta definição de detalhes.

SAIBA MAIS! Acesse o site da CIMM-Centro de Informação Metal Mecânica.

http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3675

Assista ao vídeo de processo de fabricação fundição do tele curso.

TÓPICO 2- Fabricação por pressão com moldes denominados permanentes e fundição em casca - “Shell Molding”

Objetivos do tópico:

- Entender na fundição o que é considerado molde permanente
- Quando o processo por gravidade com moldes permanentes deve ser utilizado.

O molde é fabricado a partir de uma mistura de areia e resina, este molde é colocado sobre uma matriz de metal (as duas partes da matriz) e a seguir a matriz e o molde são aquecidos. O molde fabricado a partir da mistura adquire o formato da matriz de metal, que constitui o formato da peça solicitada, então é vazado sobre o mesmo o metal líquido até a solidificação da peça, para iniciar um novo ciclo de produção.

As peças podem variar desde gramas até aproximadamente 200 kg, geralmente sai limpa e acabada, dispensando a utilização da usinagem, além de que podem ser fabricadas peças com detalhes e paredes com espessuras reduzidas. Os moldes são destruídos à medida que as peças são desenformadas, entretanto os moldes podem ser fabricados e estocados, favorecendo o uso deste método e promovendo uma crescente utilização.

SAIBA MAIS! Acesse o site da CIMM- Centro de Informação Metal Mecânica.

http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3675

Assista ao vídeo de processo de fabricação fundição do tele curso.

AULA 3 - Processo de fundição por precisão

Neste processo é fabricada uma matriz, geralmente de madeira, a seguir injetado cera líquida com a finalidade que obtenha o formato da matriz ao endurecer. Depois a matriz bipartida é aberta e depois de retirado o modelo da peça formado por esta cera, dependendo do método, aplica-se argamassa na superfície do modelo quantas vezes forem necessárias, para formar uma camada ao redor do modelo e de acordo com a espessura necessária.

É relevante observar que o modelo é formado pela cera e o molde é pela argamassa que endurece através de aquecimento, ao mesmo tempo em que o modelo é inutilizado. Os moldes ficam prontos para receberem o metal líquido, local que será solidificada as peças, então o molde é também destruído.

No processo de fundição por precisão nota-se que o molde e o modelo são destruídos, diferentes do processo de fundição por areia, onde o modelo é utilizado várias vezes e o molde é destruído na retirada da peça fundida.

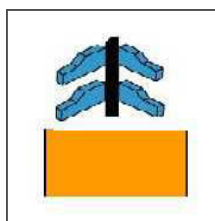


Figura 5: Modelos de cera e argamassa

Objetivos

- Entender as etapas do processo de fundição por precisão
- Saber diferenciar o processo por gravidade e por precisão
- Diferenciar as vantagens e limitação do processo

TÓPICO 1 - Algumas vantagens e limitações do processo

Objetivos do tópico

- Saber quando utilizar o processo
- Entender as vantagens e limitações

Neste processo é possível fabricar produção em massa de peças com formatos complexos, consequentemente a maior precisão dimensional e melhor acabamento, como também um controle mais preciso das propriedades mecânicas, utilização praticamente de qualquer metal ou liga, dependendo do tipo e espessura da argamassa. Entretanto pelo próprio processo nota-se que as dimensões e pesos são limitados, como também, para investimento de peças maiores os custos aumentam.

SAIBA MAIS! Acesse o site da CIMM- Centro de Informação Metal Mecânica.

http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3675

ATENÇÃO!- Neste processo o molde e modelo são destruídos.

AULA 4 - Processo de fundição por pressão e por centrifugação

No processo de fundição por pressão o metal líquido é injetado através de um embolo, em direção ao molde de metal bipartido, depois de preenchido o molde, o embolo se afasta. Quando a peça se solidifica estar pronta, é acionada a abertura do molde e a peça é retirada, então o molde é limpo e lubrificado para iniciar a fabricação de uma outra peça.

No molde existem canais que tem a finalidade de facilitar a saída do ar, como também à rebarba do metal injetado. Este processo possibilita fabricar peças com alta precisão e de formato complexo, devido à alta velocidade e a pressão. Na fabricação de peças pelo processo de fundição por pressão existem dois tipos: o equipamento com câmara quente e o equipamento com câmara fria.

O denominado com câmara quente o êmbolo ou pistão fica permanente em contato com o metal líquido, o câmara fria o embolo ou pistão somente entra em contato com o metal líquido quando o mesmo é injetado. É evidente que o equipamento em que o pistão fica permanente em contato com o líquido tem menor vida útil.

Objetivos

- Compreender o processo de fundição por pressão e centrifugação
- Saber diferenciar dos demais
- Diferenciar as vantagens e limitação dos processos
- Avaliar qual o processo a ser utilizado de acordo com a peça, material e quantidade a ser fabricado

SAIBA MAIS! Acesse o site da CIMM- Centro de Informação Metal Mecânica.

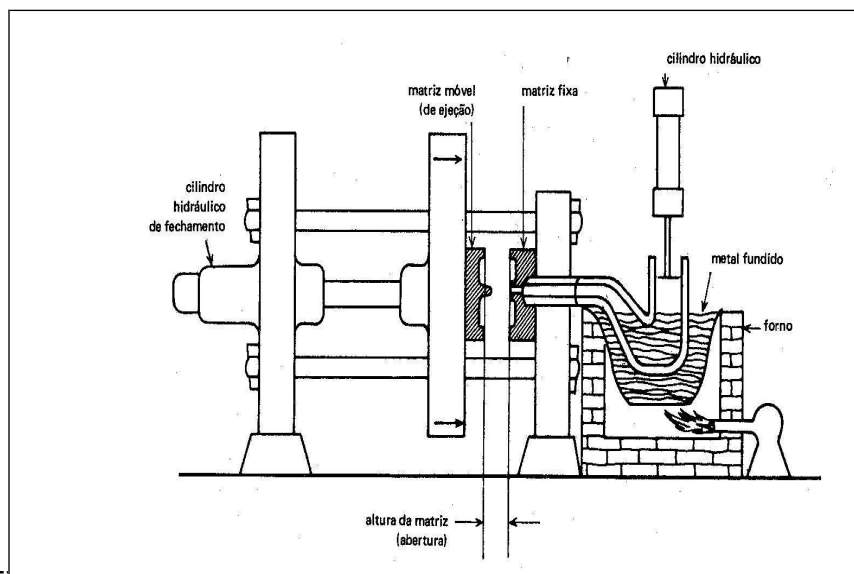
http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3675

TÓPICO 1 - Algumas vantagens e limitações do processo por pressão

Objetivos do tópico

- Conhecer o processo
- Saber diferenciar dos demais
- Entender as vantagens e limitações

No processo por pressão, notamos também uma maior precisão se comparado ao de gravidade por areia, as peças praticamente acabadas, produção de peças mais complexas. Entretanto há algumas limitações, a exemplo de: o peso da peça devido à estrutura do equipamento, a possibilidade do ar ficar retido nos moldes, os equipamentos e acessórios são de alto custo e observar que por o molde ser de metal, as peças fabricadas por este processo sempre terá que ter uma temperatura de fusão menor do que o material do molde.



SAIBA MAIS! Acesse o site da CIMM- Centro de Informação Metal Mecânica.

http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3675

TÓPICO 2 - Processo por centrifugação

Objetivos do tópico

- Compreender o processo
- Distinguir dos demais processos
- Entender quando deve utilizar

No processo de fundição por gravidade (posição horizontal) sob a ação de uma força centrífuga, dependendo do tamanho da peça e do tipo de processo, um ou vários moldes são colocados na superfície de uma circunferência de um círculo, em seguida são conectados ao círculo e através de um canal radial ligados a um canal central de descida, que ao iniciar o processo giram ao redor deste eixo central através desta força. É geralmente utilizado para peças complexas, pois devido à pressão elevada no molde no momento do giro possibilita tipos de peças que possuam detalhes finos.

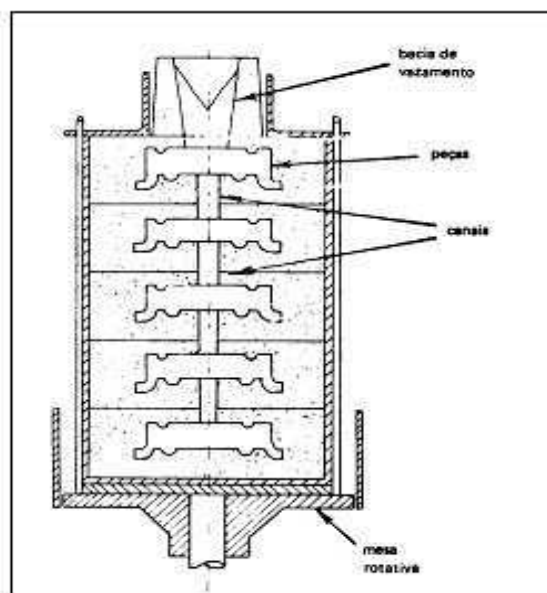


Figura 7:Centrifugação vertical

Na posição vertical, o eixo de rotação, as paredes da peça cilíndrica são da mesma espessura em todo o comprimento, devido ao calculado o número de rotação que indica o numero de rotações em relação ao raio da peça e o peso específico. Este processo é mais utilizado para tubos e cilindros.

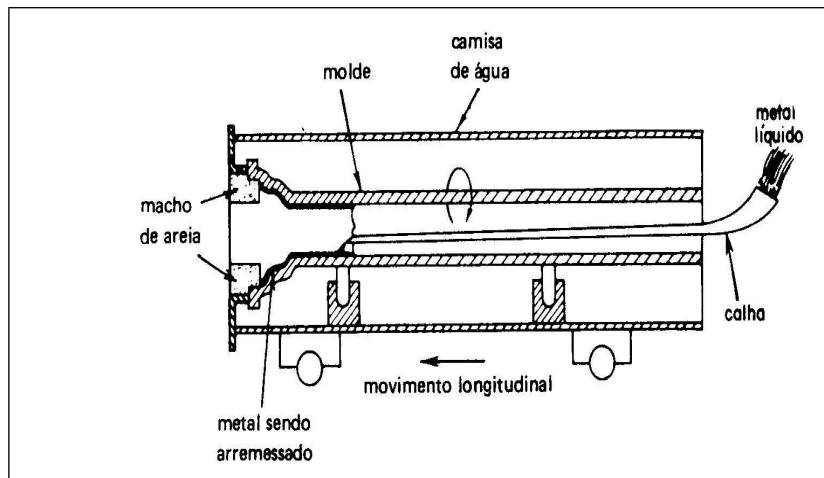


Figura 8: Centrifugação

Horizontal

O processo seja posição horizontal ou posição vertical geralmente resulta em melhores propriedades mecânicas das peças fundidas.

AULA 5 - Processo por Forjamento: Forjamento por martelamento, por prensagem com matriz aberta e por prensagem com matriz fechada

O forjamento resulta de uma transformação permanente dos metais através do martelamento ou de uma prensa mecânica ou hidráulica. Por forjamento entende-se a fabricação por meio de conformação com preaquecimento, corte (e junção) de uma peça sem encruamento permanente. Na maioria das operações de forjamento emprega-se um ferramental constituído por um par de ferramentas de superfície plana ou côncava, denominadas matrizes ou estampos.

O mais comum é aplicando calor, mas há forjamento a frio, isto depende do material e do modelo da peça. É aplicado para se obter peças de alta resistência mecânica, devido ao refinamento da estrutura metalúrgica da peça. O martelamento é obtido aplicando golpes de impacto rápidos sobre o metal, se usa este meio quando a deformação é mais nas camadas superficiais.

O forjamento por martelamento primeiro tipo descrito 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. No forjamento por martelamento são usados martelos de forja que aplicam golpes rápidos e sucessivos ao metal por meio de uma massa que varia de poucos quilos a várias toneladas, que cai de uma altura que varia de alguns centímetros a alguns metros. Este processo age sobre as camadas mais externas do material, podendo ou não gerar pontos de tensão, que se não forem controlados podem gerar falhas. Exemplo de peças que são fabricadas por este processo são as Pontas de Eixo e os Virabrequins na Indústria Automotiva, outro exemplo, são as Pontas de Ganchos. Quando as peças metálicas são forjadas procura-se alterar principalmente as propriedades de elasticidade e de plasticidade do metal.

No forjamento por prensagem o metal recebe uma força de compressão em baixa velocidade, a pressão atinge seu grau máximo antes de ser retirada, de modo que até as camadas mais profundas da estrutura do material são atingidas, conformando-se mais homogeneamente e melhorando ainda as características metalúrgicas. Este processo se classifica em forjamento por matriz aberta e forjamento por matriz fechada.

No forjamento em matrizes abertas as matrizes normalmente tem formatos de geometria básica e bem simples. Uma parte da matriz fica presa na parte superior do martelo de forja e a outra parte da matriz fica fixa na parte inferior do equipamento, não havendo nenhuma outra parte nas laterais da peça que venha a restringir ou

impedir a deformação, deixando este espaço livre para a deformação do metal. No forjamento em matrizes abertas dar-se o golpe, vira-se a peça a 90º e volta-se a bater, quando for por prensagem a deformação ocorre um único aperto. São utilizadas para a produção de peças grandes e em lotes produtivos pequenos.

No forjamento em matrizes fechadas, uma parte da matriz fica presa na parte de cima do martelo de forja e a outra parte fica fixa na parte de baixo do equipamento, só que neste caso, a matriz se fecha por completo quando forjamento ocorre, enclausurando completamente o metal que será forjado e o metal adquire a forma que foi esculpida na matriz, ou seja, ele recebe esforço e se deforma em todas as direções, inclusive nas laterais, diferente do processo anterior, deixa-se uma região pré-determinada na matriz para receber o excesso de material que é deslocado para uma cavidade extra na matriz e posteriormente eliminado, este excesso de material chama-se de rebarba. Neste processo exige muito mais das matrizes, porque esforços são aplicados, sobre as mesmas, em todas as direções. 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. Este tipo de matriz é muito mais caro que o anterior.

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.

As vantagens do processo de forjamento são entre outras o alto aproveitamento do material e a grande capacidade de produção, assim como uma elevada segurança do processo e a excelente reciclabilidade do produto. A elevada resistência dos materiais forjados comparados com a das peças fundidas tem como consequência a possibilidade de redução das dimensões de um elemento de máquina. Ex: em um eixo de manivela forjado pode se chegar a uma redução de até 20% do seu peso, consequentemente em uma redução do consumo de combustível.

As técnicas mais atuais são comuns o uso de programas computacionais complexos que proporcionam ganho de tempo e economia de energia e material, conhecidos como CAD/CAM, quanto ao estudo das deformações que os materiais irão sofrer no seu forjamento.

Objetivos

- Entender as diferenças entre os processos de forjamento
- Saber distinguir a necessidade de utilizar os diferentes processos de forjamento
- Entender a deformação que ocorre

AULA 6 - Processo por conformação mecânica por laminação

Neste processo o metal é forçado a passar entre dois cilindros (que giram em sentido contrário) sob o efeito de forças de atrito, com velocidades superficiais igual, o objetivo é reduzir a espessura da peça. Os laminadores devem ser regulados com a espessura menor do que a espessura do produto. No final do processo ao passar pelos rolos o metal sofre deformações plástica, a espessura final é menor que a inicial, consequentemente o comprimento final é maior que o inicial e a largura é limitada pelo equipamento.

Os cilindros de laminação são peças inteiras geralmente forjadas ou fundidas, onde ocorre a deformação, a gaiola que faz parte da máquina é a estrutura que sustenta os rolos laminadores e a cadeira de laminação é todo o conjunto, incluindo todos os acessórios do equipamento.

Na laminação existem vários tipos de laminadores, que de acordo com a solicitação do projeto é escolhido o que melhor se adequar. Os tipos mais comuns são:

- a. Duo com retorno por cima;
- b. Duo reversível;
- c. Trio;
- d. Quadruo;
- e. Sendzimir,
- f. Laminador contínuo.

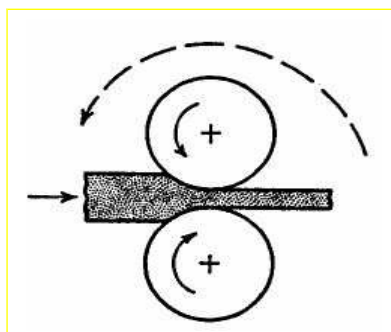


Figura 9: Duo com retorno por cima

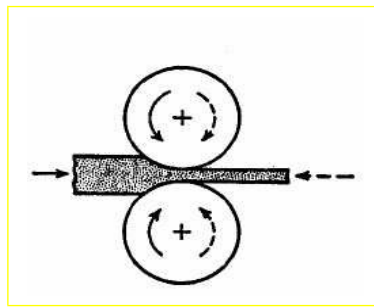


Figura 10: Duo reversível

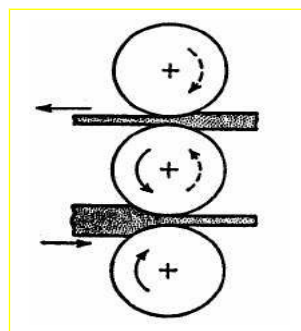


Figura 11: Trio

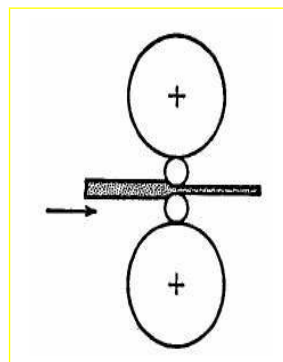


Figura 12: Quadruo

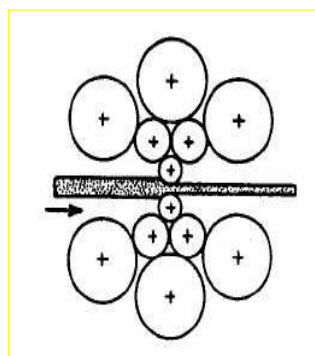


Figura 13: Sendzimir

Os laminadores podem se apresentar planos ou com perfis dependendo da aplicação.

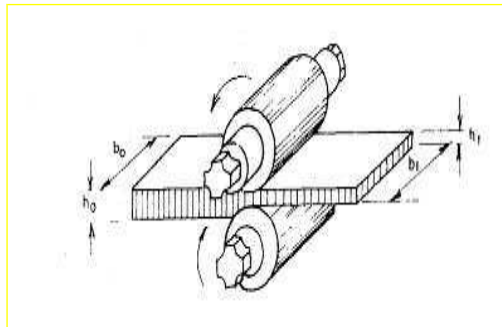


Figura 14:Cilindro plano

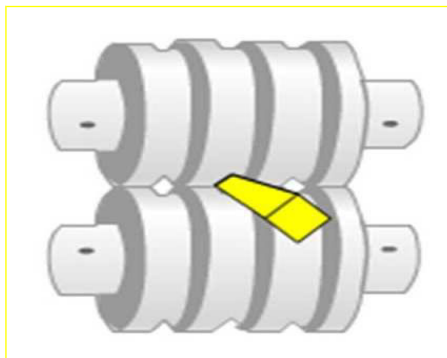


Figura 15:Cilindro com perfis

Objetivos

- Entender o processo
- Distinguir os equipamentos de laminação
- Entender quando é preciso realizar a laminação a quente ou a frio

TÓPICO 1 - Laminação a quente e laminação a frio

Objetivos do tópico

- Compreender o processo a quente e a frio
- Distinguir as características finais de cada processo

No processo de conformação mecânica de laminação o trabalho pode ser realizado a quente ou a frio. Usualmente o trabalho a quente é utilizado para metais de alta dureza e grandes deformações, já o a

frio normalmente são para metais dúcteis e de reduzidas deformações.

No trabalho a quente o material apresenta características de menores tensões, maior tenacidade, entretanto se comparado com o a frio obtém menor precisão e menor acabamento superficial. O trabalho a frio, devido à deformação da estrutura, provocando o encruamento, os metais apresentam maior dureza e resistência, entretanto a ductibilidade diminui. Devido ao ferramental do trabalho a quente exigir maior robustez os custos da operação tendem a aumentar. É importante ressaltar que dependendo do objetivo das características finais obtidas, podem-se realizar tratamentos térmicos quando necessário, com o objetivo de produzir as peças com as características desejadas.

AULA 7 - Processo de fabricação mecânica por conformação mecânica - extrusão e trefilação

Os processos de extrusão e trefilação apresentam deformação plástica e as características do produto final dependendo do processo realizado, entretanto é importante recordar que se necessário é realizado um dos tratamentos térmicos que melhor se aproxime do produto final solicitado.

No processo por conformação mecânica de extrusão, o metal sólido é comprimido em uma câmara e forçado a passar por uma matriz que determinará o formato da peça. Este processo também pode ser feito a quente ou a frio, dependendo da maleabilidade do material e formato da peça a ser extrudada e formas mais complexas é realizado a extrusão a quente ou a extrusão a frio. Na extrusão a quente analogamente a quase todos os processos realizados a quente, as características finais do produto são a mesma, assim como no trabalho a frio.

O equipamento para extrusão consiste em uma câmara ou cilindro (onde é colocado o produto) um pistão ou embolo com a finalidade de pressionar o metal a sair pela matriz.

Objetivos

- Compreender os processos
- Distinguir o objetivo de cada processo
- Entender as características dos processos

TÓPICO 1 - Tipos de extrusão quanto ao equipamento

Objetivos do tópico

- Compreender a diferença entre os tipos de extrusão
- Entender como funciona o processo de extrusão direta e extrusão indireta

Na extrusão existem dois processos básicos, a extrusão direta e a extrusão indireta, se diferenciam quanto à forma como é impulsionado o metal e quanto a matriz. Na extrusão direta, como apresenta figura 16, o embolo é impulsionado no mesmo sentido em que ocorre a saída da peça após passar na matriz. O embolo é maciço e a matriz pode possuir diversos formatos. A força aplicada no embolo maciço é bem maior que no processo de extrusão indireta, assim como a matriz pode possuir maior versatilidade na extrusão direta.

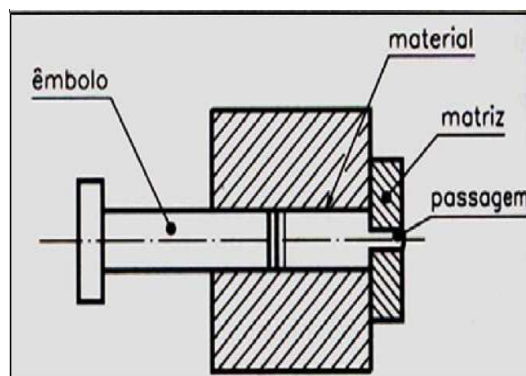


Figura16:Extrusão direta

No processo de extrusão indireta o embolo além de impulsionar o próprio metal é também a matriz do equipamento, deixando o embolo com formatos variados e mais frágeis, a utilização de um embolo oco reduz a aplicação.

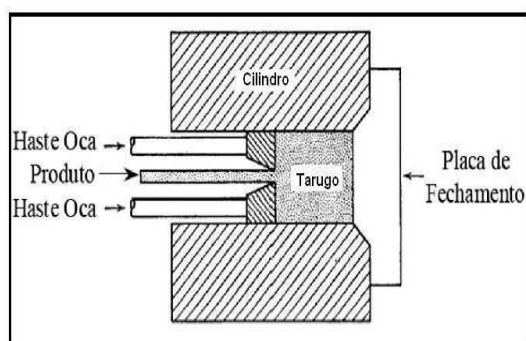


Figura 17:Extrusão Indireta

TÓPICO 2 - Processo de conformação mecânica por trefilação

Objetivos do tópico

- Compreender a finalidade do processo
- Saber o que é uma fieira e suas partes
- Perceber a importância do fio máquina a diferença
- Entender como funciona o processo de trefilação e aplicações

A trefilação acontece pela tração do material através de uma matriz, sendo pelo comum realizado a frio, com sucessivos passes que formam menores reduções de seção transversal. No processo de trefilação a extremidade do material a ser trabalhado, denominado fio máquina, é afiado e forçado a passar pela matriz, a fieira, com o objetivo de ter o diâmetro reduzido e consequentemente o comprimento aumentado. Neste caso o material é tracionado (puxado), para facilitar a operação, o fio máquina pode ser preso ao cabeçote de estiramento que exercerá a força de tração para a passagem do mesmo, com a finalidade de fabricar a peça em linha reta, como: barras, tubos e perfis, no caso de tubos, pode inserir um mandril para controle interno do formato do diâmetro, no caso do objetivo ser a fabricação de fios, arames, ou peças com o formato semelhante, estes são enrolados em uma bobina.

A matéria prima para o processo de trefilação é geralmente, um material laminado a quente com o objetivo de obter a ductibilidade, é removido o óxido do material através da decapagem química por ácido sulfúrico ou clorídrico, opcionalmente, no caso de barras, perfis e tubos, utiliza a mecânica por jateamento com granalha de aço. A seguir o material deve ser lavado com água e passar por um processo de refinação.

Geralmente, na produção de fios de aço, o fio de máquina é revestido com cal, que atua como absorvente e portador do lubrificante no estiramento a seco e como neutralizador de qualquer ácido remanescente da operação de decapagem. Outros lubrificantes tais como graxa ou pó de sabão é também utilizado na trefilação a seco.

Na trefilação úmida o fio de máquina é submerso em um fluido lubrificante especial ou em solução alcalina de sabão. O fio de aço neste caso pode ser revestido com fina camada de cobre ou estanho. Na trefilação do cobre não se usa revestimento superficial assim como nos aços.

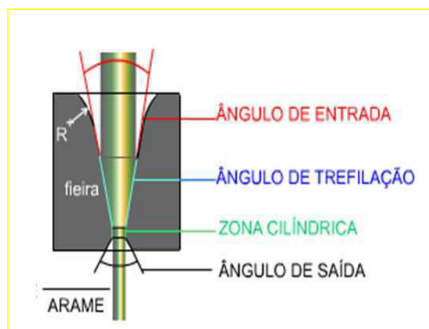


Figura 18: Fieira

As matrizes ou fieiras, devem ser duras, resistentes ao desgaste, a altas pressões e temperaturas. O ângulo de entrada da fieira deve ser confeccionado de maneira que permita espaço para o lubrificante que adere as paredes da matriz, o ângulo de trabalho corresponde a seção da ferramenta onde ocorre a verdadeira redução do material. Observa-se uma parte paralela que serve para a calibração final do material, enquanto que o do ângulo de saída evita o atrito do material com a ferramenta devido a pequenos movimentos que possam ocorrer.

AULA 8 - Processo conformação mecânica - estampagem

O processo por fabricação por conformação mecânica abrange o corte, o dobramento e a estampagem profunda (repuxo), isto é, um conjunto de operações realizadas normalmente a frio, porém a estampagem profunda quando necessário utiliza-se a quente. As ferramentas do processo de estampagem denominam-se de estampos, são constituídos de um conjunto de peças, que encaixados nos devidos locais do equipamento e executa as operações de corte, dobramento e repuxo.

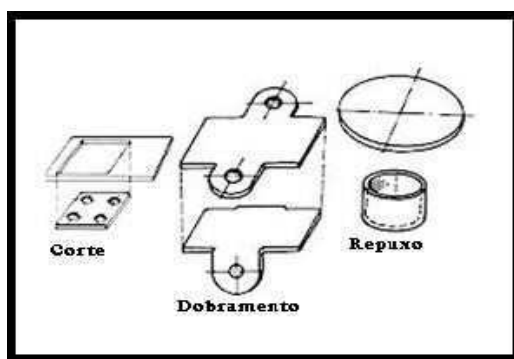


Figura 19: Tipos do processo

Na estampagem normalmente os materiais mais utilizados são: Zinco, alumínio, aço, níquel, latão, titânio, o cobre e diversas ligas metálicas.

Objetivos

- Saber os processos que ocorrem na estampagem
- Distinguir a diferença entre os processos de estampagem
- Compreender a finalidade de cada processo da estampagem

TÓPICO 1 - Processo de conformação mecânica estampagem - corte

Objetivos do tópico

- Saber os processos que ocorrem no corte
- Compreender a importância da folga entre a matriz superior e inferior

O corte de chapa tem como finalidade de alcançar diversa forma em uma peça, comumente em chapas. O equipamento para realizar os cortes é a punção (manual ou mecânica) e a matriz. O conjunto punção e matriz têm função importante, pois é através da folga entre a punção e a matriz que depende o aspecto da peça acabada. Geralmente esta folga é calculada de acordo com o material e a espessura da chapa, através de gráficos ou tabelas.

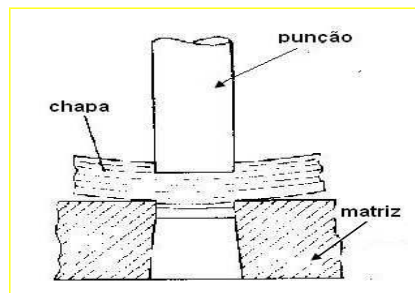


Figura 20: Corte da chapa 1

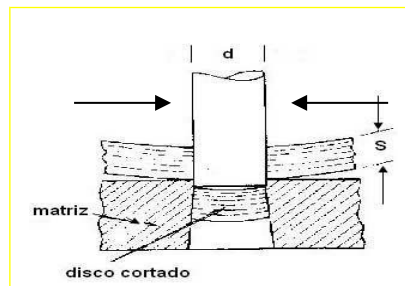


Figura 21: Corte da chapa 2

TÓPICO 2 - Processo de conformação mecânica estampagem - dobramento

Objetivos do tópico

- Entender a operação de dobramento
- Compreender porque é importante o cálculo da linha neutra
- Perceber a importância dos esforços mecânicos

A operação de dobramento pode ser definida como a mudança de direção da orientação do material, forças que são realizadas através de esforços de flexões, as ferramentas utilizadas neste processo são denominadas de estampo de dobramento. As máquinas utilizadas são geralmente prensas excêntricas e viradeiras.

No dobramento existem fatores que devem ser investigados:

Raio de curvatura - r (O raio de curvatura deve ser entre uma e duas vezes a espessura da chapa quando se trabalha com materiais dúcteis, e entre três e quatro vezes quando se utiliza metais com maior dureza).

O raio mínimo (deve ser calculado o raio mínimo com o objetivo do raio de curvatura do projeto ser maior, evitando rupturas);

Tensão - T (força atuante na superfície externa);

Compressão - C T (força atuante na superfície interna);

Superfície interna - SI ;

Superfície externa - SE ;

A linha neutra - LN (No plano neutro se encontra as únicas linhas que se mantêm inalteradas, devido a este motivo os cálculos sobre a linha neutra fornece o comprimento exato da chapa a ser cortado e a seguir dobrado);

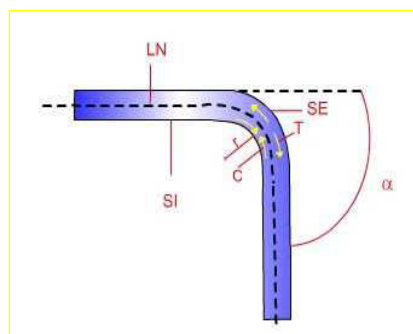


Figura 22:Fatores do dobramento

TÓPICO 3 - Processo de conformação mecânica estampagem - repuxo

Objetivos do tópico

- Entender a operação de repuxo
- Conhecer os tipos de equipamentos
- Perceber a importância das ferramentas de estampo

A finalidade do processo de repuxo é de transformar as chapas planas em um formato de um copo oco, isto é, um copo de formato cilíndrico, de acordo com a matriz pode-se fabricar os cilindros com diferentes diâmetros e formatos modificados no fundo do copo, a exemplo de um tronco de um cone. A seguir um esquema do processo de estampagem - repuxo.

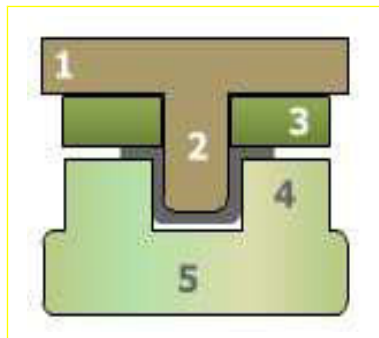


Figura 23:

Onde:

1. Suporte de punção;
2. Punção ou penetrador;
3. Prensa chapas ou sujeitador;
4. Matriz;
5. Suporte da Matriz.

De acordo com a figura apresentada, verifica-se que as ferramentas de estampas, são constituídas por um punção, a matriz e a prensa chapa, também denominado de sujeitador. A determinação da folga entre a matriz e a punção é um dos fatores determinantes para se ter sucesso na operação, visto que, a folga deve ser capaz de permitir o escoamento do material para o interior da matriz, sem que apresente defeitos na peça.

AULA 9 - Componentes de máquinas - elementos de fixação

Os Elementos de Fixação podem ser permanentes ou temporários, no tipo de união considerado permanente, normalmente os elementos de fixação, quando é preciso retirá-los do conjunto a qual pertence, é necessário destruir a união. Usualmente promovendo uma ruptura na própria união e no elemento de fixação.

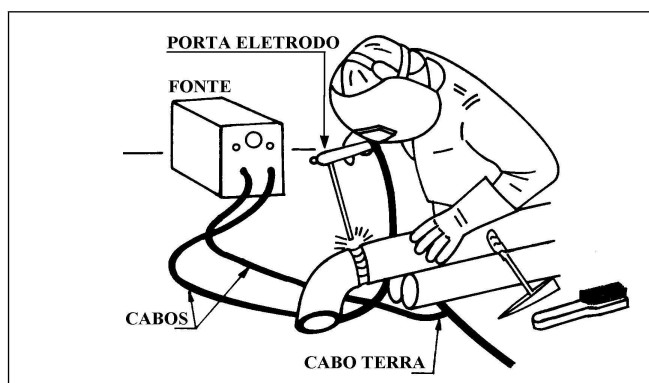


Figura 24:

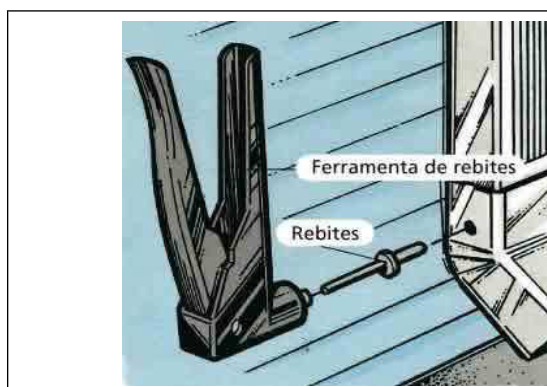


Figura 25:

O rebite é formado: corpo cilíndrico e uma cabeça e pode ser utilizado para a fixação de duas ou mais peças, abricado geralmente em: aço, alumínio, cobre ou latão. É importante planejar e escolher corretamente os elementos de fixação permanentes ou temporários, observando diversos fatores, para reduzir concentração de tensão nas peças fixadas. Tensões que podem promover rupturas nas peças por fadiga do material. No tipo de união considerado temporário, os elementos de fixação podem ser geralmente colocados ou retirados do conjunto, a que pertence, sem destruir as peças.

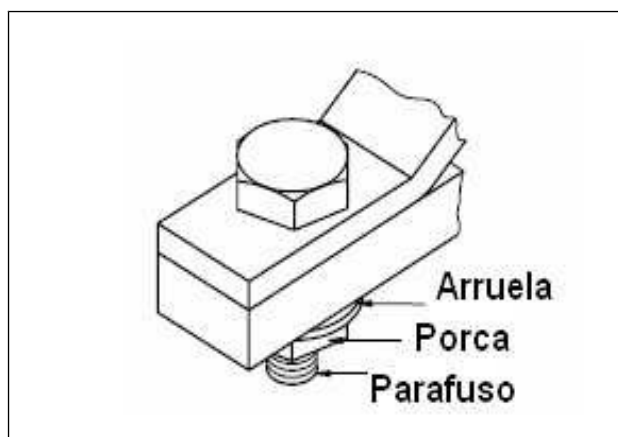


Figura 26:

Exemplo de elementos de fixação apresentados a seguir: pino, contra-pino, cavilha, chaveta, arruela, porca, parafuso e eixo. Os pinos e cavilhas tem a função de alinhar e/ou fixar os elementos de máquinas. Unindo duas ou mais peças e auxiliando na conexão entre estas. Entretanto os pinos e as cavilhas diferem quanto ao formato e o local de aplicação. Os pinos geralmente são maciços, enquanto a cavilha possui entalhes internamente, para impedir que o conjunto não se movimente. A seguir serão citados alguns componentes de máquina:

- a- O pino une peças articuladas (verifica-se um movimento articulado).

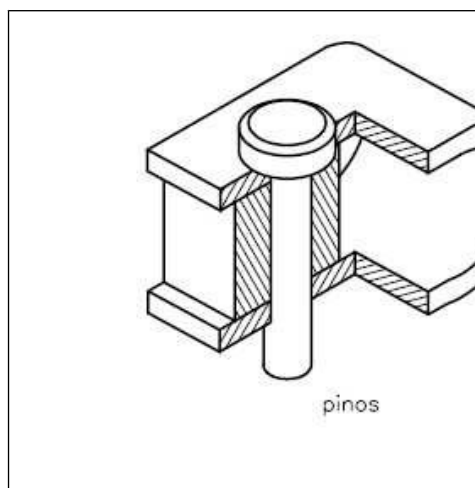


Figura 27:

b- Cavilha une peças que não são articuladas entre si.

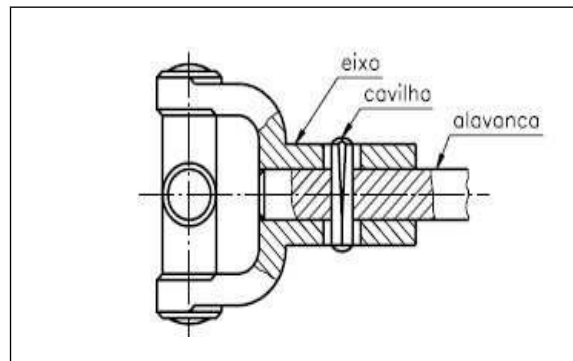


Figura 28:

c- Contra-pino ou cupilha é um arame com forma semelhante à de um meio-cilindro, dobrado com o objetivo de formar uma cabeça circular, com duas pernas desiguais. Observa-se que as pernas da cupilha ou contra-pino, podem apresenta-se dobradas para trás (dependendo da utilização), impedindo que saia do pino, da porca ou do local onde o mesmo estar sendo utilizado, durante vibrações que possam ocorrer entre as peças fixadas.

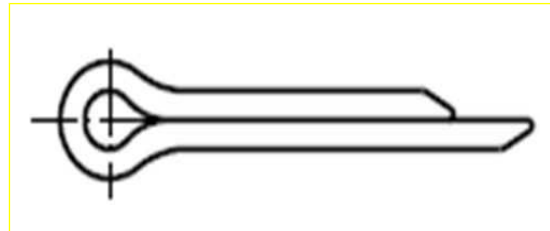


Figura 29:

d- Pino cupilhado apresenta a característica da cupilha se alojar no próprio pino. Na maioria das vezes o pino cupilhado é utilizado nos eixos de pequenos diâmetros para uniões articuladas, como também nos casos de rodas, polias, cabos entre outros elementos, com o objetivo de proporcionar uma melhor fixação.

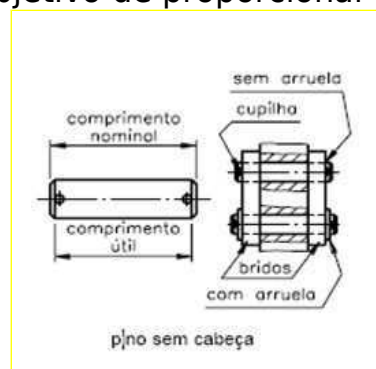


Figura 30: Pino cupilhado

e- Parafuso geralmente é formado por: Cabeça e um corpo cilíndrico ou parcialmente ou totalmente cônico roscado.

Há uma enorme variedade de parafusos que podem ser diferenciados pelo formato da cabeça, do corpo e da ponta. Essas diferenças, determinadas pela função dos parafusos, permite classificá-los em quatro grandes grupos:

- Parafusos passantes;
- Parafusos não-passantes;
- Parafusos de pressão;
- Parafusos prisioneiros.

Ao unir peças com parafusos, o profissional precisa levar em consideração quatro fatores de extrema importância:

- Profundidade do furo broqueado;
- Profundidade do furo roscado;
- Comprimento útil de penetração do parafuso;
- Diâmetro do furo passante.

f- Porca é uma peça de forma prismática ou cilíndrica geralmente metálica, com um furo roscado no qual se encaixa um parafuso, ou uma barra roscada. Em conjunto com um parafuso, a porca é um acessório amplamente utilizado na união de peças. Os parafusos além de fixarem as peças, podem também transmitir movimento a exemplo do macaco mecânico, da morsa, entre outros.

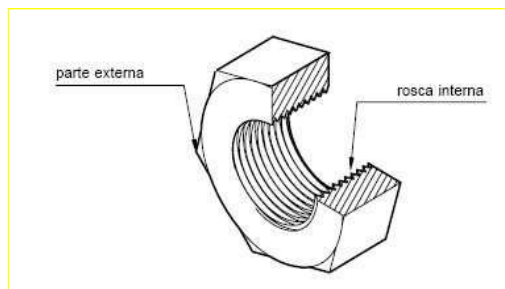


Figura 31:Porca e rosca

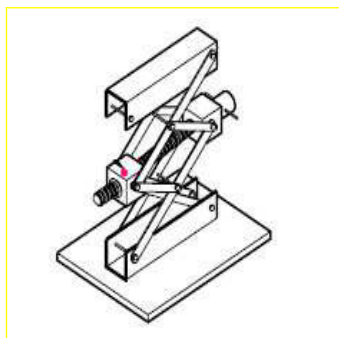


Figura 32:Porca e rosca de transmissão

- g- A chaveta tem corpo em forma prismática ou cilíndrica que pode ter faces paralelas ou inclinadas, em função da grandeza do esforço e do tipo de movimento que deve transmitir. Alguns autores classificam a chaveta como elementos de fixação e outros autores, como elementos de transmissão, na verdade, a chaveta desempenha as duas funções.

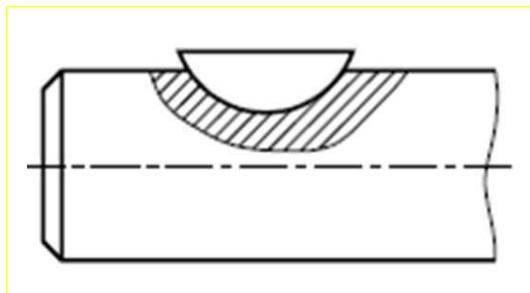


Figura 33: Eixo e chaveta

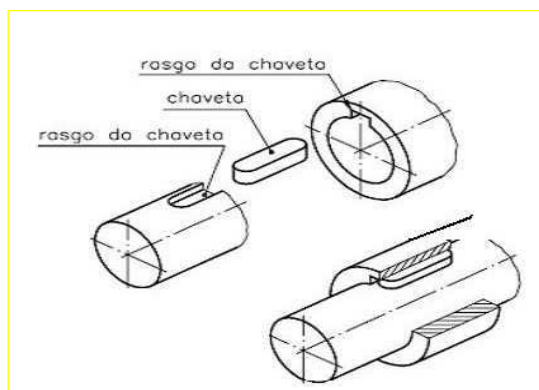


Figura 34: Chaveta e rasgo da chaveta

- h- Arruela é um disco metálico com um furo no centro. O corpo do parafuso passa por esse furo. A maioria dos conjuntos mecânicos apresenta elementos de fixação. Onde quer que se usem esses elementos, seja em máquinas ou em veículos automotivos, existe o perigo de se produzir, em virtude das vibrações, um afrouxamento imprevisto no aperto do parafuso. Para evitar esse inconveniente utilizamos um elemento de máquina chamado arruela.

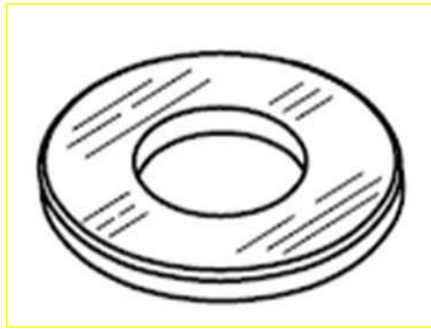


Figura 35: Arruela

Objetivos

- Reconhecer os componentes de máquinas
- Entender a finalidade de cada um

AULA 10 - Roscas

Rosca é um conjunto de filetes em torno de uma superfície.

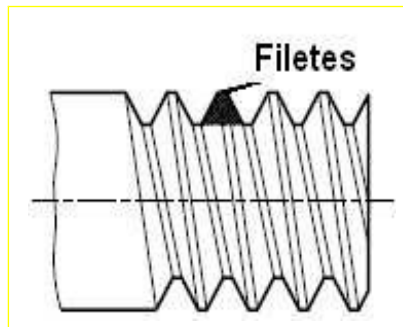


Figura 36:Filetes

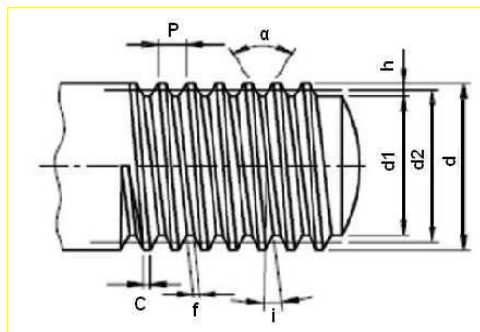


Figura 37: Rosca e suas partes

Onde:

P = Passo (em mm);
 α = Ângulo do filete;
 c = Crista do filete;
 f = fundo do filete;
 i = Ângulo de hélice;
 h = Altura do filete;
 $d1$ = Diâmetro interno da rosca;
 $d2$ = Diâmetro do flanco da rosca;
 d = Diâmetro externo da rosca.

As roscas podem ter dois sentidos: sentido horário e sentido anti-horário. O que proporciona estes sentidos a direita e a esquerda, é a inclinação dos filetes em relação ao eixo.

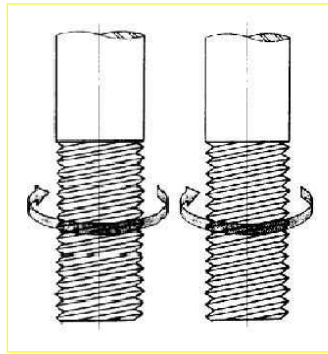


Figura38: Rosca à direita e Rosca à esquerda

As roscas triangulares classificam-se, segundo o seu perfil, em três tipos:

- rosca whitworth (Inglesa);
- rosca americana;
- rosca métrica.

No sistema whitworth, as medidas são dadas em polegadas e o filete tem forma triangular, o ângulo entre os filetes é de 55° , a crista e raiz são arredondadas e o passo é determinado dividindo-se uma polegada pelo número de filetes, isto é: $P = 1 \text{ Polegada/número de filetes}$.

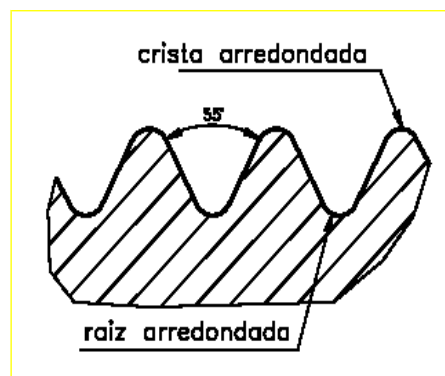


Figura 39:

No sistema americano, as medidas são expressas em polegadas, o filete tem a forma triangular, o ângulo é de 60° , a crista e a raiz são arredondadas.

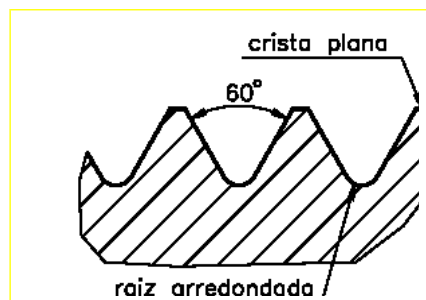


Figura 40:

No sistema métrico, as medidas das roscas são determinadas em milímetros, o filete tem a forma triangular, o ângulo de 60° , a crista plana e a raiz arredondada.

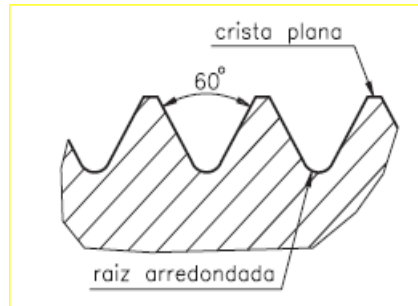


Figura 41:

Objetivos

- Distinguir cada parte da rosca
- Perceber as diferenças entre as roscas
- Compreender a aplicação

AULA 11 - Componentes de máquinas de apoio: guias, buchas, mancais e rolamentos

Os componentes de máquinas de apoio, como o próprio nome indica, são elementos que auxiliam no apoio e funcionamento dos equipamentos com peças nas mais diversas aplicações, com formatos versáteis.



Figura 42: Morsa

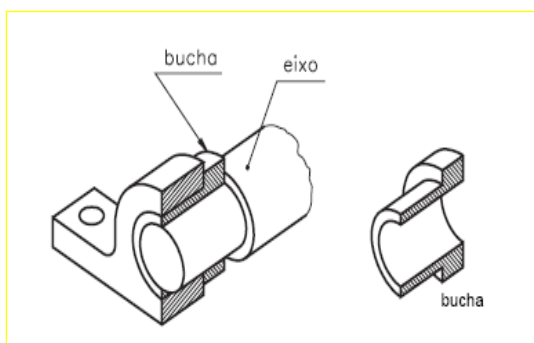


Figura 43: Bucha, mancal e eixo

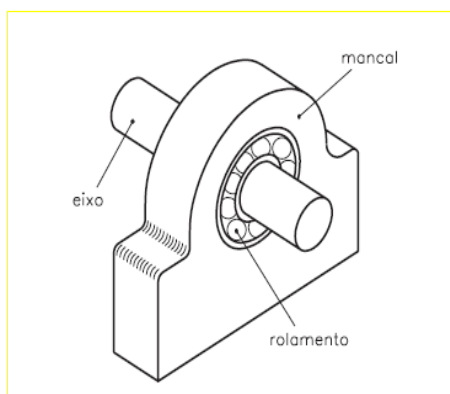


Figura 44: mancal de rolamento

Objetivos

- Entender o que significa um componente de apoio
- Perceber a diferença entre mancal de deslizamento e mancal de rolamento
- Distinguir quando se deve utilizar cada equipamento

TÓPICO 1 - Componentes de apoio - buchas e mancais

Objetivos do tópico

- Entender a finalidade do uso das buchas
- Compreender a importância dos mancais
- Diferenciar os tipos de mancais e sua aplicação

Com a introdução das rodas de aço, continuaram os problemas com atritos, a solução encontrada foi introduzir um anel de metal entre o eixo e as rodas. Esse anel, mais conhecido como bucha, diminuiu consideravelmente o atrito e constitui um elemento de apoio indispensável. A forma pode ser cilíndrica ou cônica, tem usualmente como finalidade guiar brocas e alargadores, quando o eixo desliza dentro da bucha é necessária lubrificação, comumente as buchas devem ser fabricadas com materiais com menor dureza que o eixo. Quanto ao sentido de solicitação das forças, podem ser de fricção radiais, fricção axiais ou mistas.

A exemplo temos nos dispositivos para furação, a orientação da bucha-guia possibilita auto-posicionamento da ferramenta em ação na peça, promovendo a posição correta das superfícies usinadas.

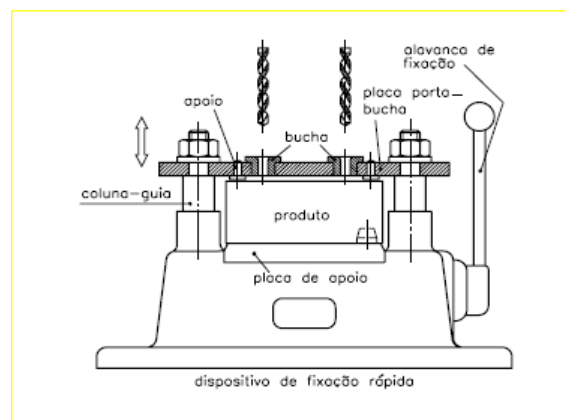


Figura 45: Buchas e guias

A bucha e o mancal normalmente trabalham juntos, os mancais podem ser classificados em mancais de deslizamento e mancais de rolamentos. É evidente que os mancais de deslizamento formam o conjunto mancal e bucha, já os mancais de deslizamento formam o conjunto mancal e rolamento.

Geralmente, os mancais de deslizamento são constituídos de uma bucha fixada num suporte. Esses mancais são usados em máquinas pesadas ou em equipamentos de baixa rotação, porque a baixa velocidade evita superaquecimento dos componentes expostos ao atrito.

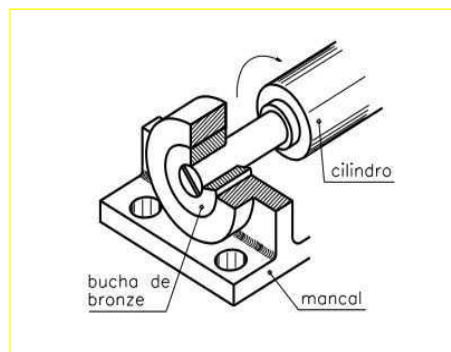


Figura 46: Mancal de deslizamento

Para maior velocidade e menor atrito o mancal de rolamento é o mais indicado. Uma grande vantagem na utilização dos rolamentos é a grande redução das perdas de energia produzidas em consequência do atrito. Os rolamentos são classificados em função dos seus elementos rolantes. Exemplos dos principais tipos:

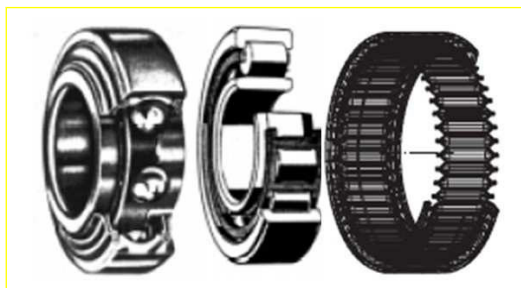


Figura 47: rolamento de esfera, rolo e agulha

São geralmente constituídos de dois anéis concêntricos, entre os quais são colocados elementos rolantes como esferas, roletes e agulhas.

De esferas são indicados para rotações mais altas, o rolamento de rolos os corpos rolantes são formados de cilindros, rolos cônicos ou barriletes, Indicados para velocidades menores e cargas maiores, os de agulhas utilizados para mecanismos oscilantes, especificamente para cargas que não são constantes e o espaço radial é limitado.

TÓPICO 2 - Componentes de apoio- guias

Objetivos do tópico

- Conhecer as guias e suas finalidades
- Perceber a importância das mesmas nas máquinas - ferramentas e demais utilizações

O guia é um elemento que tem a função de manter uma determinado conjunto em uma direção, na máquinas em geral verificamos que existe vários tipos de guias que facilitam o movimento do equipamento. Um exemplo de guia, para melhorar o entendimento, temos: a porta corrediça do box, as janelas também corrediça, a serra e uma guia para orientar o corte, os barramentos guias das máquinas (torno) onde corre os diversos acessórios, a morsa, nos exemplos apresentados verifica-se que existe diversos tipos de guias. Normalmente as guias de deslizamentos são fabricadas de ferro fundido, evidente que conforme o emprego pode-se fazer o tratamento visando aumentar a dureza.

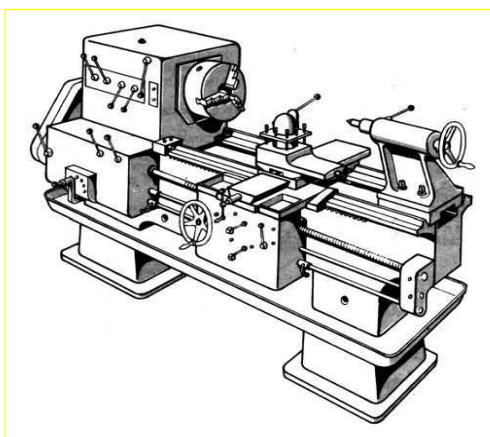


Figura 48:Torno

AULA 12 -Relação de transmissão - polias e correias

Polias são peças circulares, com ou sem canais periféricos, acopladas aos eixos. Para funcionarem necessitam de vínculos denominados correias. Transmitem movimentos a outros conjuntos. As polias podem ser motoras ou movidas, motoras quando transmitem movimento e condutora quando se movimenta através de outra polia. Através do tipo e tamanho da polia pode-se aumentar ou diminuir a velocidade, como também inverter o sentido.

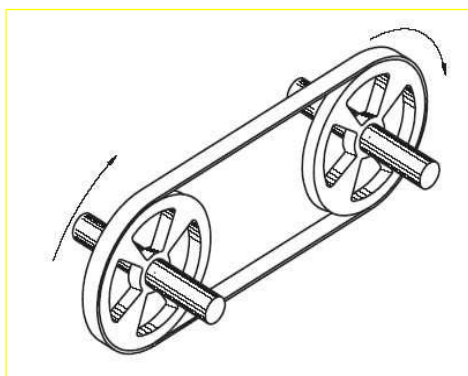


Figura 49: Polias com correias abertas

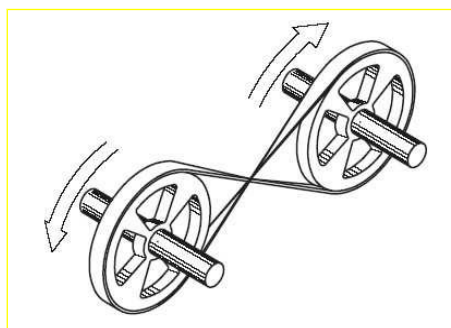


Figura 50: Polias com correias cruzadas

Para não danificar a correia ou mesmo a polias com ferramentas desnecessárias, o ideal é mover a polia móvel no sentido de aproximar da polia fixa, colocar a correia e afastar a polia móvel, girar a correia manualmente e verificar o tensionamento ideal.

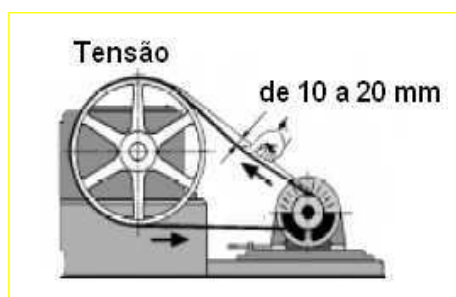


Figura 51:Folga admissível

As relação de transmissão de polias são indicadas para grandes distâncias entre dois eixos e podem trabalhar com eixos paralelos e eixos não paralelos. As polias comumente utilizada são as polias planas ou aubaladas com correias planas e as trapezoidal ou em V, com correias também trapezoidais.

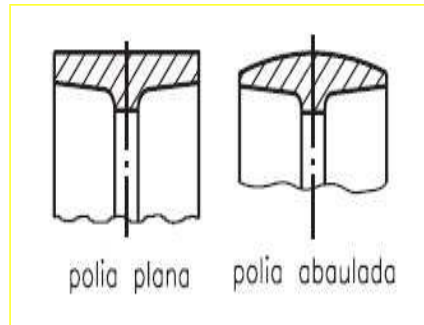


Figura 52:Tipos de polias

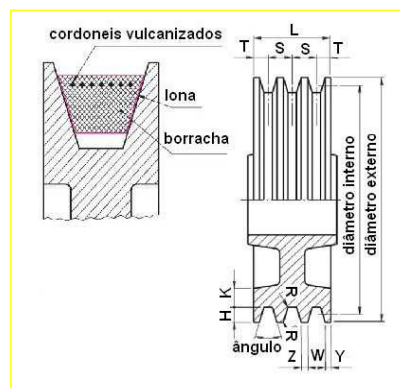


Figura 53:Polia e correia trapezoidal

Objetivos

- Compreender o funcionamento das polias e correias
- Distinguir os tipos de polias e correias
- Entender as finalidades do elemento de transmissão correias e polias

TÓPICO 1 - Velocidade tangencial ou periférica

Objetivos do tópico

- Compreender os cálculos da velocidade
- Saber aplicar quando necessário

$$V = \Pi \cdot D \cdot n \quad \text{onde:}$$

$V \rightarrow$ Velocidade tangencial;

$\Pi \cong 3,14$

$n \rightarrow$ número de rotação por minuto, rpm.

A velocidade tangencial para as duas polias, a movida e a motora são::

$$V_1 = \Pi \cdot D_1 \cdot n_1$$

$$V_2 = \Pi \cdot D_2 \cdot n_2$$

Como as velocidades tangenciais são iguais, teremos:

$$V_1 = V_2 \quad \text{logo:}$$

$$\Pi \cdot D_1 \cdot n_1 = \Pi \cdot D_2 \cdot n_2$$

então:

$$I = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad \text{Onde:}$$

I = Relação de transmissão, nas polias planas não deve ser maior que seis, nas polias trapezoidais, com correias trapezoidais, este valor deve ser até dez.

n_1 = rpm da polia motora;

n_2 = rpm da polia movida;

D_1 = Diâmetro da polia motora, símbolo geralmente utilizado para diâmetro ($\varnothing$);

D_2 = Diâmetro da polia movida, símbolo geralmente utilizado para diâmetro ($\varnothing$).

As transmissão entre polias e correias podem ser:

Entre polias planas - correia planas.

Entre polias planas e polias trapezoidais - correia trapezoidais

Entre polias trapezoidais - correia trapezoidais

TÓPICO 2 - Cálculo das correias

Objetivos do tópico

- Saber calcular o comprimento das correias
- Entender os cálculos para o comprimento das correias

Não admitindo diferenças entre as áreas de contato entre a polia menor e a polia maior. O Cálculo da correia pelo método prático, quando admitindo a igualdade de contato na área da superfície entre as correias e polias.

Análogo ao cálculo das correias que admitem diferenças entre as áreas de contato, as correias apresentam três trechos: dois curvos e um reto. A soma dos três trechos fornecem o comprimento da correia, . $L_T = L_1 + L_2 + L_3$.

✓ Cálculo das correias pelo método prático admitindo:

1- Polias com diâmetro iguais utilizando correias abertas.

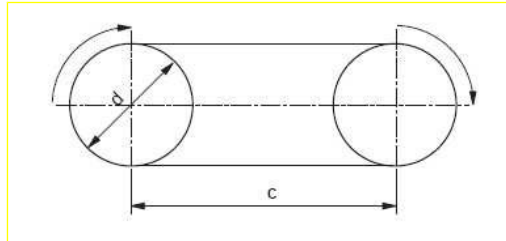


Figura 54: Comprimento da correia1

$$L = \pi d + 2 \times c$$

2- Polias com diâmetro diferentes utilizando correias abertas.

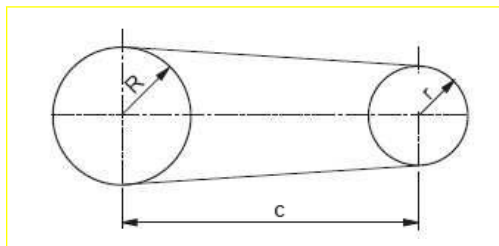


Figura 55: Comprimento da correia2

$$L = \pi (R + r) + 2 \times \sqrt{c^2 + (R - r)^2}$$

3- Polias com diâmetro iguais utilizando correias cruzadas.

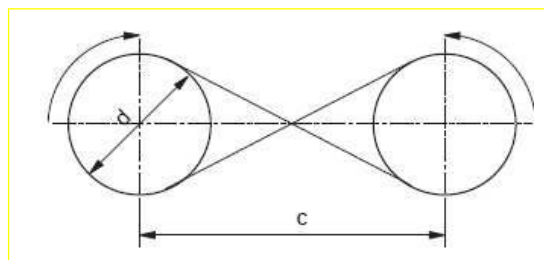


Figura 56: Comprimento da correia3

$$L = \pi d + 2 \times \sqrt{c^2 + d^2}$$

4- Polias com diâmetro diferentes utilizando correias cruzadas.

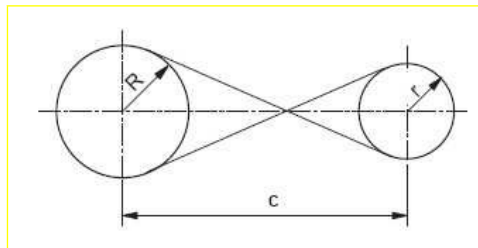


Figura 57: Comprimento da correia4

$$L = \pi (R + r) + 2 \times \sqrt{c^2 + (R+r)^2}$$

AULA 13 -Relação de transmissão - engrenagens

Engrenagens são rodas com dentes padronizados, assim como as polias, entre várias características, tem como finalidade de transmitir movimentos e grandes esforços entre dois eixos, como também, variar o sentido de rotação. Uma engrenagem quando não está acoplada a outra engrenagem, usualmente é denominada de roda dentada, quando estão engrenadas a menor usualmente é denominada de pinhão e a maior de coroa. Análogo as polias, a engrenagem que transmite o movimento é denominada de motora e a que recebe o movimento de movia. Existem diversos tipos de engrenagens que são escolhidas de acordo com suas aplicações, a seguir alguns destes tipos:

a - Engrenagem cilíndrica de dentes retos - Quando os dentes são paralelos entre si e ao eixo da própria roda, estão dispostos sobre uma superfície cilíndrica. Transmitem movimentos entre eixos paralelos, geralmente utilizadas para baixas rotações, devido ao grande ruído que produz. É o tipo mais comum de engrenagem, tem um baixo custo.

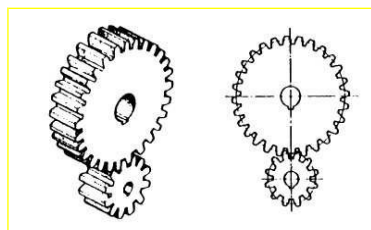


Figura 58: Engrenagens cilíndricas dentes retos

b - Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais (inclinados) - Quando os dentes seguem direções de hélice paralelas desenvolvidas na superfície cilíndricas. Os dentes helicoidais são paralelos entre si, mas oblíquo em relação ao eixo da engrenagem. Transmitem movimentos entre eixos reversos, isto é, não paralelos, funcionam mais suavemente que as engrenagens com dentes retos, por isso o ruído é menor. Geralmente são utilizadas nos sistemas mecânicos, podemos citar como exemplo as caixas redutoras de velocidade, que exigem alta velocidade e baixo ruído.

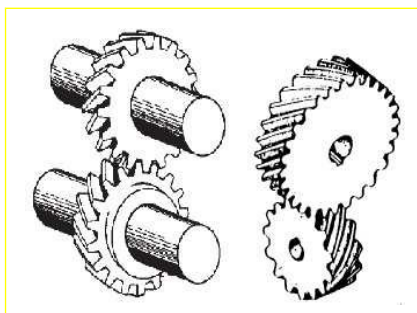


Figura 59: Engrenagens cilíndricas dentes helicoidais

c - Engrenagens cônicas - Tem a forma de um tronco de um cone, transmitem rotações entre eixos concorrentes (eixos concorrentes são aqueles que se encontram em um mesmo ponto quando prolongados). As engrenagens cônicas com dentes retos, são quando os dentes estão entalhados na superfície cônica e, convergem em linhas retas ao vértice do cone. Geralmente são utilizadas para ligar árvores que se cruzam. A engrenagem cônica é utilizada para mudar a rotação e direção da força em baixas velocidades.

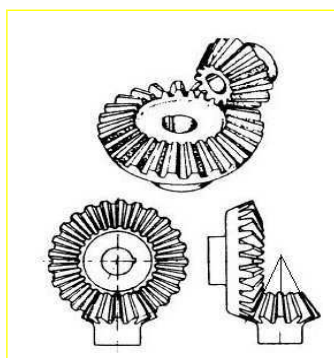


Figura 60: Engrenagens cônicas

d - Cremalheira - É uma régua dentada, e é aplicada quando é necessário transformar o movimento rotativo da roda dentada em movimento retilíneo ou para produzir um deslocamento da roda dentada em linha reta. Geralmente trabalha com a engrenagem cilíndrica de dentes retos. Pode ser considerada como uma coroa dentada de diâmetro primitivo infinitamente grande.

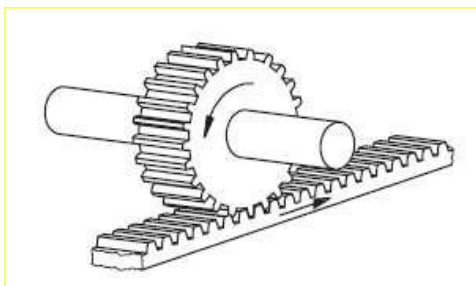


Figura 61:Cremalheira

e - Parafuso sem fim - Quando é necessário promover grandes reduções de velocidade, o parafuso sem fim geralmente trabalha com a engrenagem cilíndrica de dentes helicoidais, com poucos filetes (dentes) geralmente seis.

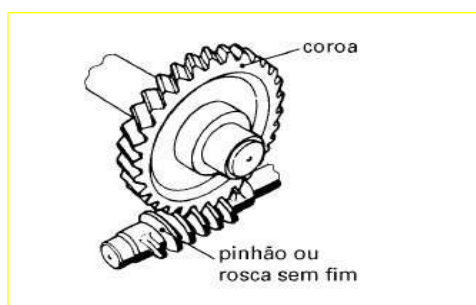


Figura 62:Parafuso sem fim

Objetivos

- Distinguir os diferentes tipos de rodas dentadas apresentadas
- Entender a utilização de cada uma devido a aplicação

TÓPICO 1 - Nomenclatura da roda dentada

Objetivos do tópico

Reconhecer cada parte da roda dentada

Identificar o Módulo e sua importância na fabricação da roda dentada

Nomenclatura da roda dentada conforme figura apresentada:

Circunferência primitiva - É a circunferência que divide o dente da engrenagem em duas alturas distintas, a cabeça do dente e o pé do dente (C_p).

Circunferência Externa - é a circunferência que limita os dentes em sua extremidade (C_e).

Circunferência Interna - é a circunferência que limita os dentes em sua parte interna (C_i).

Diâmetro primitivo - É o diâmetro determinado pela circunferência primitiva (D_p)

Diâmetro externo - É o diâmetro determinado pela circunferência externa (D_e)

Diâmetro interno - É o diâmetro determinado pela circunferência interna (D_i)

Cabeça do dente - É a parte do dente compreendida entre a circunferência primitiva e externa (a).

Pé do dente - É a parte do dente compreendida entre a circunferência primitiva e a interna (b).

Altura do dente - É a soma da medida cabeça do dente mais medida do pé do dente (h).

Espessura do dente - É a parte cheia do dente, medida sobre a circunferência primitiva (e)

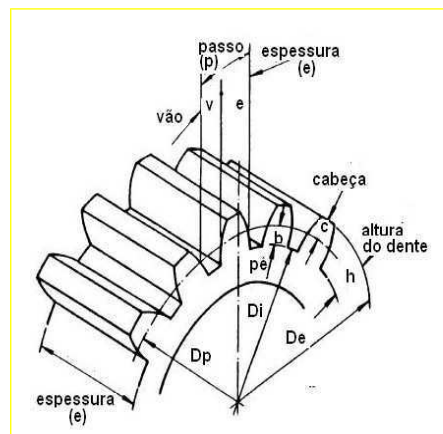


Figura 63: Nomenclatura da roda dentada 1

Continuação da nomenclatura da roda dentada:

- ✓ Corpo;
- ✓ Dente;
- ✓ Vão do dente;
- ✓ Cubo;
- ✓ Rasgo da chaveta.

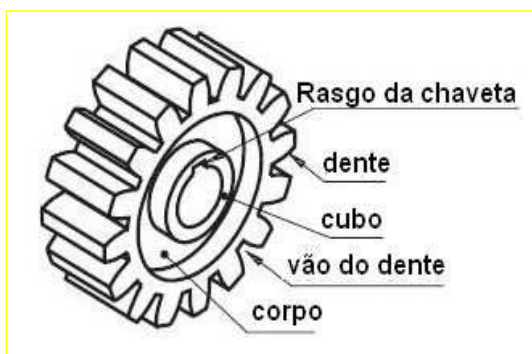


Figura 64: Nomeclatura da roda dentada 2

O Módulo de uma engrenagem é cada parte do diâmetro primitivo, é representado pela letra “M”, com o módulo conseguimos o indispensável número inteiro de dentes para a construção da roda dentada, além do diâmetro primitivo e diâmetro externo quase sempre com valores inteiros ou decimais simples, de modo a facilitar a construção e o controle dimensional.

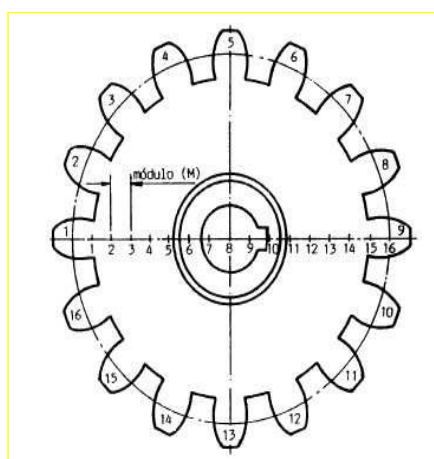


Figura 65:Módulo

AULA 14 - Deduções de fórmulas para uma engrenagem cilíndrica de dentes retos e o ângulo de pressão

De acordo com as figuras apresentadas deduzimos que:

$$P = E_z + E_v \quad (1)$$

$$C_p = D_p \cdot \Pi \quad (2)$$

Onde:

$$Z = \frac{C_p}{P}, \text{ como } P = M \cdot \Pi$$

$$Z = \frac{\Pi \cdot D_p}{P} \Rightarrow P = \frac{\Pi \cdot D_p}{Z} \quad (3) \quad \text{logo:}$$

$$M = \frac{D_p}{Z} \quad (4) \Rightarrow D_p = M \cdot Z \text{ e } M = A \Rightarrow P = M \cdot \Pi \quad (5)$$

Conseqüentemente o passo é sempre o múltiplo de Π . A cada passo corresponde um dente, o que importa dizer que cada roda dentada tem uma quantidade de passos iguais aos dentes, daí se multiplicarmos o comprimento de um passo "P", pelo o número de dentes "Z", obteremos a circunferência primitiva.

$$\text{Então : de } Z = \frac{C_p}{P}, C_p = P \cdot Z \quad (6) \text{ Ou } C_p = D_p \cdot \Pi \quad (2) \Rightarrow D_p \cdot \Pi = M \cdot \Pi \cdot Z, \text{ simplificando,}$$

$$\text{teremos: } D_p = M \cdot Z \Rightarrow M = \frac{D_p}{Z} \quad (4)$$

A altura da cabeça do dente de uma engrenagem é igual ao módulo- M. Se por exemplo o módulo da engrenagem é 6, a altura da cabeça do dente é 6 mm. Quando somamos o dobro da altura da cabeça do dente com o diâmetro primitivo, encontramos o diâmetro externo, então:

$$D_e = D_p + 2 A \quad (6)$$

Substituindo (4) em (6) teremos: $D_e = M (Z + 2)$, Então para calcular o D_e , basta multiplicar o número de dentes somado a dois, pelo o módulo. Deduzimos então que o módulo pode ser obtido por:

$M = \frac{D_e}{Z+2}$, as condições de determinar o módulo de uma roda dentada já fabricada é fácil, medi-se apenas o D_e , e conta-se os dentes.

Para a engrenagem cilíndrica de dentes retos usando comumente o ângulo de pressão igual 20° , então: $h = M + M + 1/6M$ ou $h = M + 1,166M$, isto é, $h = a + b$, onde $a = M$ e $b = 1,166M$, logo a altura do pé do dente "b" aproximadamente $1,166M$, sendo que alguns fabricantes, arredondam para $1,17M$. Subtraindo do D_p , o dobro da altura do pé do dente, encontramos o diâmetro interno.

$$D_i = M \cdot Z - 2 \cdot 1,166 M \Rightarrow D_i = M (Z - 2,332).$$

Obs. $\Rightarrow$ Os módulos de preferência devem-se apresentar padronizados, de acordo com as normas, pois ficam mais fácil a comercialização e a fabricação, já que as peças das fresas, que auxiliam na construção da rodas dentadas, também são padronizadas,

quando isto não acontece perde-se tempo e o custo benefício torna-se inviável.

Ângulo de pressão

α = Ângulo de pressão - Onde se concentra os maiores esforços de duas engrenagens acopladas. (padronizados). Fica localizada no diâmetro primitivo, observar figura a seguir..

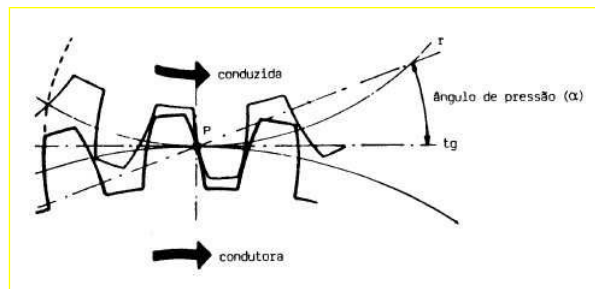


Figura 66: Representação do ângulo de pressão

Objetivos

- Compreender os parâmetros necessários para construção de uma roda dentada
- Entender a importância de cada parâmetro
- Saber identificar o ângulo de pressão

TÓPICO 1 - Cálculo dos parâmetros para a engrenagem cilíndrica de dentes retos (E.C.D.R)

Objetivos do tópico

- Entender os cálculos para projetar uma roda dentada (E.C.D.R)
- Saber identificar cada parâmetro

1.Cálculo do Módulo

O módulo corresponde a altura da cabeça do dente e serve de base para calcular as demais dimensões dos dentes :

$$M = \frac{D_p}{z}$$

Onde:

D_p = diâmetro primitivo

Z = número dos dentes

2. Cálculo do Diâmetro Externo

$$De = Dp + 2m$$

Onde:

de = diâmetro externo

então podemos calcular também o módulo por:

$$M = \frac{De - Dp}{2}$$

3. Cálculo do Diâmetro Interno

$$Di = Dp - 2b$$

4. Cálculo da Altura Total do Dente

$$h = 1M + 1M + \frac{1}{6} M$$

$$h = \frac{13}{6} M \Rightarrow h = 2,166 \cdot M \quad \text{DIN/ABNT}$$

$$h = a + b$$

5. Cálculo do Passo

$$P = M \cdot \Pi \quad \text{demonstrando} \quad P = \frac{M \cdot Z \cdot \Pi}{Z} \Rightarrow P = M \cdot \Pi$$

6. Cálculo da distância entre eixos:

$$d = \frac{Dp1 + Dp2}{2}$$

$$\text{como: } De = Dp + 2Mn$$

substituindo

obteremos:

$$M = \frac{De1 + De2 - 2d}{4}$$

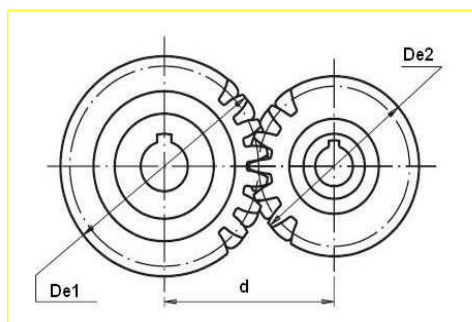


Figura 67: Distância entre centros

AULA 15 - Cálculo dos parâmetros para engrenagem cilíndrica dentes helicoidais (E.C.D.H)

Este tipo de engrenagem tem passo normal (P_n) e passo circular (P_c) ou passo frontal (P_f), e a hélice apresenta um ângulo de inclinação (β), observe as figuras abaixo.

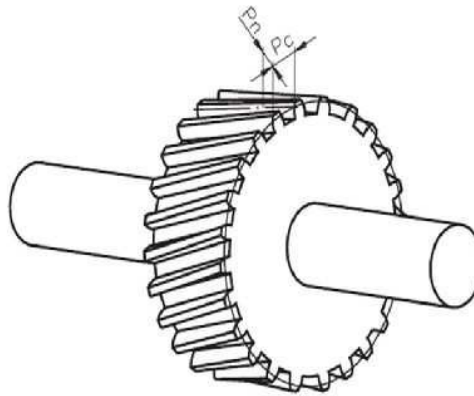


Figura 68:Roda dentada de dentes helicoidais

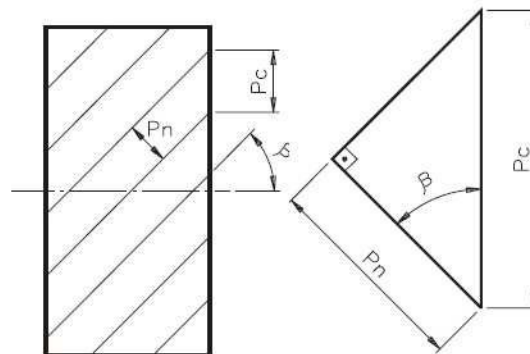


Figura 69: Passo normal e passo circular

Então:

Cálculo do $\cos \beta$

$$\cos \beta = \frac{P_n}{P_f}$$

Onde:

P_n = Passo Normal

P_f = Passo frontal ou P_c = Passo circular

Cálculo do passo normal

$$P_n = M_n \cdot \pi$$

Onde:

M_n = Módulo normal

Cálculo do passo frontal

$$P_f = M_f \cdot \pi$$

M_f = Módulo frontal;

Cálculo do círculo primitivo

$$C_p = Z \cdot P_f$$

C_p = Comprimento da Circunferência primitivo

Z = Dentes da engrenagem

P_f = Passo frontal ou passo circular (P_c)

Cálculo do diâmetro primitivo

$$D_p = Z \cdot \frac{P_f}{\pi} \quad \text{e} \quad M_f = \frac{M_n}{\cos \beta}$$

Então substituindo temos:

$$D_p = \frac{M_n \cdot z}{\cos \beta}$$

Onde: D_p = diâmetro primitivo

Analogamente a engrenagem cilíndrica dos dentes retos temos:

Cálculo do diâmetro externo

$$D_e = D_p + 2a$$

$$a = 1M_n, \quad \text{assim: } D_e = D_p + 2M_n$$

Cálculo da distância entre duas engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais acopladas.

$$d = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2}$$

Como:

$$D_e = D_p + 2M_n \quad \text{substituindo obteremos:}$$

$$M_n = \frac{D_{e1} + D_{e2} - 2d}{4} \quad M_n = \text{módulo normal}$$

Calculo da Altura do Pé do Dente

Os ângulos de pressão mais comuns utilizados nas construções engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais são: $14^\circ 30'$, 15° e 20° .

Assim:

$$\text{Para } \theta = 14^\circ 30' \text{ e } 15^\circ \text{ Usa-se } b = 1,17 M_n$$

$$\text{Para } \theta = 20^\circ \text{ Usa-se } b = 1,25 M_n$$

Cálculo da altura total do dente

$$h = a + b$$

Objetivos

- Diferenciar os parâmetros da roda dentada de dentes helicoidais das rodas dentadas de dentes retos
- Entender a importância de cada parâmetro
- Saber identificar os ângulos de pressão
- Perceber a diferença do pé da roda dentada para cada ângulo de pressão

AULA 16 - Cálculo dos parâmetros para cremalheira

As cremalheiras são conjuntos de transmissão onde se tem dentes em linha reta e uma roda dentada. O conjunto pode ser de dentes perpendiculares ou de dentes inclinados, a finalidade é transformar movimentos retilíneo em movimentos rotativos ou virse versa, como apresenta a figura a seguir.

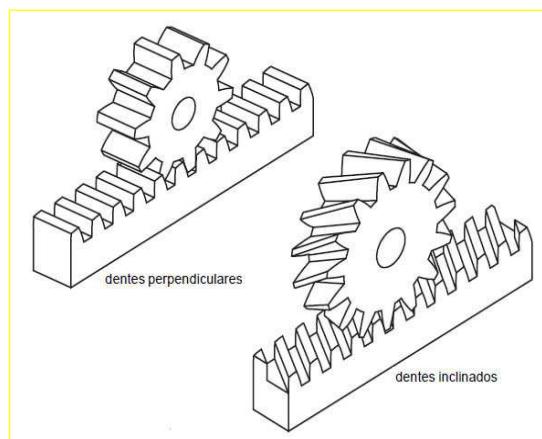


Figura 70: Cremalheiras

Para os cálculos das cremalheiras utiliza-se os mesmos das engrenagens cilíndricas de dente retos ou de dentes helicoidais, conforme a aplicação.

Objetivos

- Entender o funcionamento da cremalheira
- Distinguir os tipos de cremalheira

AULA 17 - Processo de fabricação por tecnologia da usinagem

A fabricação de peças através da usinagem é realizada por meio de retirada contínua de metal até atingir a forma, dimensão e o tipo de acabamento solicitado no projeto. As máquinas que realizam este processo são denominadas máquinas ferramentas ou máquinas operatrizes, existem diversos tipos de máquinas e ferramentas, dependendo do formato da peça, do acabamento e do custo, entre outros fatores, utiliza-se a máquina ferramenta que melhor se adequar ao trabalho.

O metal retirado continuamente da peça é denominado de cavaco e as ferramentas utilizadas são as ferramentas de corte. As máquinas possuem diversas ferramentas cortante com a finalidade de retirar o cavaco da peça que está sendo usinada, normalmente específica para cada operação.

No início de cada operação, o operador identifica a máquina para o tipo de peça a ser gerada, o material indicado no projeto, as ferramentas que serão utilizadas durante a fabricação, no caso de ser necessário mais de uma operação. Na usinagem podemos definir:

Superfície a usinar o início do processo;

Superfície sendo usinada, a que no momento está sendo trabalhada;

Superfície usinada, parte da peça que já está concluída;

O desbaste que geralmente são cavacos retirados com maiores profundidade de corte, isto é, maior espessura;

Acabamento são superfícies onde já ocorreu o desbaste, e normalmente com maior velocidade e menor profundidade de corte, são retiradas as rebarbas finais.

Objetivos

- Conhecer o processo de tecnologia da usinagem
- Distinguir a superfície usinada e o cavaco

AULA 18 - Processo de fabricação por tecnologia da usinagem - ferramenta de corte

As ferramentas de corte se classificam quanto ao número de aresta cortante (cunha). Entra na peça cortando de acordo com o seu formato e o ângulo. Na cunha se tem duas faces, a que se apoia ao sair da peça (superfície de desprendimento) e a que avança junto a peça (superfície de incidência). A seguir exemplos de cunha em ferramentas.

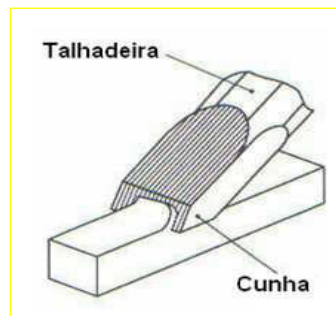


Figura 71: Tipo de cunha1

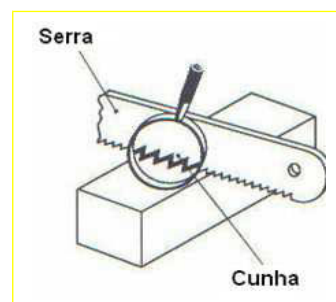


Figura 72: Tipo de cunha2



Figura 73: Tipo de cunha3

Qualquer que seja a ferramenta de corte, manual ou utilizadas em máquinas operatrizes, o corte do material é executado pela cunha ou ângulo de gume. Quanto menor for o ângulo de cunha mais facilidade a cunha terá em cortar, porém um material que tenha uma maior resistência de penetração, o ângulo da cunha deve ser capaz de vencer esta resistência sem se danificar.

Exemplo de Material para Ferramentas de Corte:

Aços carbonos – Aços com baixo teor de carbono, relativamente para baixas velocidades de corte.

Aços para ferramentas com ligas – Além do carbono, possui adição de tungstênio, cromo, vanádio, molibdênio e outros. Os aços ligas podem ser de baixo teor de liga ou de alto teor de liga. O aço rápido (alto teor de liga) é recomendado para maiores velocidades. Devido ao seu alto custo, normalmente é utilizado apenas na parte cortante, denominado de pastilha.

Metais duros – Geralmente são ligas que contêm tungstênio ou molibdênio, cobalto e carbono. São empregados quando requer grandes velocidades de corte.

Diamante - Utilizado para materiais de grandes durezas e para trabalhos fino em máquinas especiais.

Materiais de corte cerâmico – Tem as características de serem duros, constituindo a parte cortante da ferramenta.

Objetivos

- Conhecer a finalidade da ferramenta de corte
- Identificar as características dos materiais para fabricação das ferramentas de corte
- Distinguir a cunha e os ângulos

TÓPICO 1- Algumas características de materiais de fabricação da ferramentas de corte

Objetivos do tópico

- Reconhecer o material adequado para a ferramenta de corte
- Conhecer algumas propriedades das ferramentas de corte
- Identificar as características dos materiais para fabricação das ferramentas de corte
- Reconhecer gumes, quinas, flancos e faces da ferramenta de corte

1 - Aço-carbono: utilizados em baixíssimas velocidades de corte, no ajuste de peças.

a) Comum: até 200° C (limas)

b) Com elementos de liga (V, Cr, Mo e W): até 400° C (brocas, machos, etc.)

2 - Aço-rápido: O 1º grande impulso para materiais para ferramentas de corte. Eles são indicados para operações de baixa e média velocidade de corte, dureza a quente até 600° C. Seus elementos de ligas são o W, Co, Mo, Cr e V;.

3 - Ligas Fundidas: têm um elevado teor de Co, contendo também W e Cr, apresentam um bom rendimento na usinagem do FoFo, dureza a quente de 900° C.

4 - Metal duro: O 2º grande impulso, compreende o WC + Co, fabricado pelo processo de sinterização (metalurgia do pó: processo pelo qual os pós são misturados e levados à condições controladas de pressão e calor). O metal duro pode ser encontrado no mercado principalmente na forma de pastilhas intercambiáveis, sem revestimento, ou revestidas com TiC, Al₂O₃. Existem 3 classes de metais duros:

- Classe P: (WC + Co com adições de TiC, TaC e às vezes NbC) aplicamos a usinagem de aços e materiais que produzem cavacos longos;
- Classe K: (WC + Co puros) usinagem do FoFo e das ligas não ferrosas que produzem cavacos curtos;
- Classe M: intermediária.

As ferramentas de cortes de metal duro operam com elevadas velocidade de corte, temperaturas até 1300°C.

5 - Cermets: Grupo intermediário entre os metais duros e as cerâmicas. Constituído por TiC e TiN e geralmente tem o Ni como elemento ligante. Devido à baixa condutividade térmica e ao alto coeficiente de dilatação, os cermets têm um baixo coeficiente de resistência ao choque térmico, bem

inferior ao do metal duro. Daí a explicação do cermets só ser eficiente em baixos avanços, pequenas profundidades de corte e altas velocidades (operações de acabamento) na usinagem dos ferrosos.

6 - Cerâmicas: são constituídas basicamente de grãos finos de Al₂O₃ e Si₃N₄ sinterizados, a velocidade de corte de 3 a 6 vezes maiores que a do metal duro. Elas se dividem basicamente dois grandes grupos:

- A base de Al₂O₃ (Alumina sinterizada);
- A base de Si₃N₄ (mesma resistência ao desgaste porém com uma tenacidade superior).

Principais características das ferramentas cerâmicas:

- Capacidade de suportar altas temperaturas (materiais refratários);
- Alta resistência ao desgaste (alta dureza);
- Baixa condutividade térmica;
- Boa estabilidade química (inércia química);

No passado o principal limitador das ferramentas cerâmicas era a sua fragilidade. Hoje com a introdução no mercado de cerâmicas mistas, reforçadas com SiC (Whiskers) e a base de nitreto de silício o grau de tenacidade destas ferramentas melhorou significativamente, podendo ser usadas em cortes interrompidos (fresamento) em altíssimas velocidades de corte e avanço. No entanto, o uso de fluido de corte deve ser evitado, se requerido, deve-se usá-lo em abundância na aresta de corte.

7 - Ultra-duros: São materiais com 3000 HV. São considerados ultraduros:

- Diamante natural;
- Diamante sintético monocristalino;
- Diamante sintético policristalino (PCD);
- Nitreto cúbico de boro sintético monocristalino (CBN);
- Nitreto cúbico de boro sintético policristalino (PCBN);

Devido à sua fragilidade, risco de falha sob impacto e também seu alto custo, o diamante natural tem a sua aplicação limitada como ferramenta de corte, principalmente após o surgimento dos diamantes e CBN sintéticos, que podem substituí-lo com bastante eficiência. Tanto os PCDs como os CBNs podem ser encontrados apenas como uma camada de 0,5 a 1,0 mm, que são brasadas geralmente no metal duro (WC + Co), ou então, mais raramente, como ferramentas totalmente sólidas.

O diamante sintético policristalino (PCD) não é usado para usinar materiais ferrosos, há desintegração química quando as temperaturas ultrapassam 700 °C. Ao contrário, o CBN tem-se mostrado excelente na usinagem dos aços, ligas de níquel, titânio, FoFo, etc. Ele mantém sua estabilidade química até a temperaturas da ordem de 1200 °C. O PCBN apresenta uma tenacidade melhor, chegando próxima à do metal duro. O que limita a aplicação dos ultra-duros é o seu alto custo. O preço destas pastilhas está em torno de 80 vezes o preço do metal duro e de 15 a 25 vezes o preço da cerâmica.

Em resumo:

- A ferramenta deve ser mais dura nas temperaturas de trabalho que o metal estiver sendo usinado (“Dureza a Quente”);
- A ferramenta deve ser dura, mas não a ponto de se tornar quebradiça e de perder resistência mecânica (tenacidade);
- O material da ferramenta deve ser resistente ao encruamento (endurecimento do metal após ter sofrido deformação plástica resultante do processo de conformação mecânica) e a microsoldagem (adesão de pequenas partículas de material usinado ao gume cortante da ferramenta).

As propriedades que um material de ferramenta de corte normalmente deve apresentar são listadas abaixo, de acordo com a aplicação, uma ou mais propriedades podem se destacar.

- Alta dureza;
- Tenacidade suficiente para evitar falha por fratura;
- Alta resistência ao desgaste;
- Alta resistência à compressão;
- Alta resistência ao cisalhamento;
- Boas propriedades mecânicas e térmicas a temperaturas elevadas;
- Alta resistência ao choque térmico;
- Alta resistência ao impacto;
- Ser inerte quimicamente.

Elementos da Ferramenta:

1. Superfície da ferramenta.

Face- superfície da cunha sobre a qual o cavaco escoa;

Face reduzida : é uma superfície que separa a face em duas regiões: face e face reduzida de modo que o cavaco entre em contato somente com a face reduzida;

Flanco : superfície da cunha voltada para a peça;

Flanco principal: superfície da cunha voltada para a superfície transitória da peça;

Flanco secundário: superfície da cunha voltada para a superfície usinada da peça;

Quebra cavaco : são alterações presentes na face reduzida com o objetivo de controlar o tamanho do cavaco de modo que não ofereça risco ao operador e não obstrua o local de trabalho.

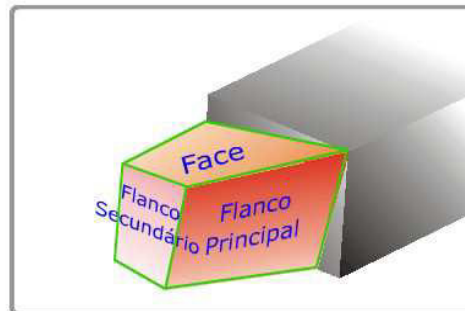


Figura 74: Flanco e face

2. Gumes e quina:

Usado como referência para medir os ângulos da ferramenta.

Gume: é o encontro da face com o flanco, destinada a operação de corte.

Gume principal: interseção da face e do flanco principal.

Gume secundário: interseção da face e do flanco secundário.

Gume ativo: é a parte do gume que realmente está cortando.

Gume principal ativo: é a parte do gume principal que realmente está cortando.

Gume secundário ativo: é a parte do gume secundário que realmente está cortando.

Quina: é o encontro do gume principal com o gume secundário.

TÓPICO 2 - Ângulo de incidência, ângulo de cunha e ângulo de desprendimento

Objetivos do tópico

- Identificar os ângulos de: folga, de saída e de cunha
- Identificar as características dos materiais para fabricação das ferramentas de corte
- Conhecer as diferenças dos ângulos quanto a dureza do material ou quanto a ductibilidade

Ângulo de incidência (α), também denominado ângulo de folga é o ângulo formado entre a superfície trabalhada da peça e a superfície de incidência da cunha.

Ângulo da ferramenta ou ângulo de cunha (β) é o ângulo formado pela superfície de incidência com a superfície de desprendimento.

Ângulo de desprendimento (γ), também denominado ângulo de saída é o ângulo formado pela a superfície de desprendimento com a perpendicular da superfície da peça. A ferramenta de corte ideal é aquela em que há uma otimização entre o ângulo agudo e sua aresta, verificar a figura a seguir.

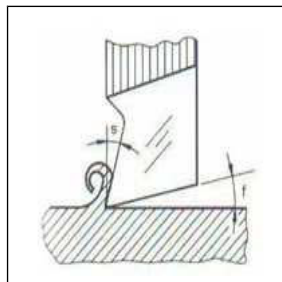


Figura75: ângulo da saída e de folga

Materiais que oferecem pouca resistência ao corte, o ângulo de cunha deve ser mais agudo, e materiais que oferecem maior resistência ao corte devem ter um ângulo de cunha maior.

Obs.: Geralmente nos catálogos dos fabricantes são apresentados os valores recomendados para as ferramentas, com o objetivo de se ter um máximo rendimento e um trabalho de boa qualidade.

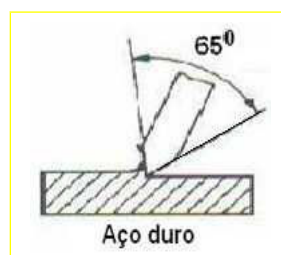


Figura 76:Ângulo de cunha e material 1

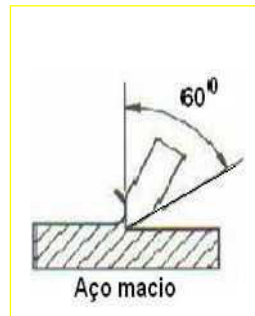


Figura 77: Ângulo de cunha e material 2

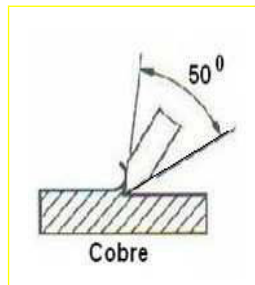


Figura 78: Ângulo de cunha e material 3

AULA 19 - Velocidade de corte, avanço e profundidade de corte

São grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequadas ao tipo de trabalho a ser executado, ao material a ser usinado e ao material da ferramenta, são: velocidade de corte, avanço e profundidade de corte.

Velocidade de corte (V_c) – é o corte do material dentro de um determinado tempo, produzido pela ferramenta e a peça, acopladas a uma máquina. Quando se trabalha com máquina que realizam a operação através da rotação, utiliza-se:

$$V_c = \pi \cdot d \cdot \text{rpm}$$

Para calcular o número de golpes por minutos, no caso de máquinas que tem movimentos retilíneos, utiliza-se:

$$V_c = 2 \cdot c \cdot \text{gpm}$$

Usualmente existe uma relação entre a velocidade de corte, o material da peça, o material da ferramenta, a máquina utilizada e a operação, esta velocidade se encontra em tabelas nos livros e catálogos de máquinas ferramentas.

Fatores que podem influenciar na velocidade de corte:

- a. Tipo do material da ferramenta;
- b. Material da peça;
- c. Operação que está sendo realizada;

- d. Condições da máquina;
- e. Condições de refrigeração.

Avanço (A) – É quanto à ferramenta ou a peça avança para realizar o corte na peça, a unidade é em mm/ rotação quando a operação é realizada no torno e mm / rotação quando a operação é realizada na plaina é mm / golpes.

Profundidade de corte (Pc) – É a espessura retirada da peça pela ferramenta, conforme o avanço dado, é uma grandeza numérica que define a penetração da ferramenta para a realização de uma determinada operação, permitindo a retirada de certa quantidade de cavaco.

Objetivos

- Conhecer os parâmetros de corte: V_c , A E P_c
- Entender os fatores que podem influenciar nos parâmetros citados

AULA 20 - Cavacos, quebra cavacos e fluidos de corte

Cavaco é resíduo do material que são retirados pela ferramenta (zona plástica), para se obter o formato da peça, nas condições de projeto. O cavaco pode ser classificado quanto a sua forma, dependendo do tipo do material a ser trabalhado, podem ser diferenciados em quatro tipos básicos:

- a. Cavaco em fita;
- b. Cavaco em espiral;
- c. Cavaco em helicoidal;
- d. Cavaco em pedaços.

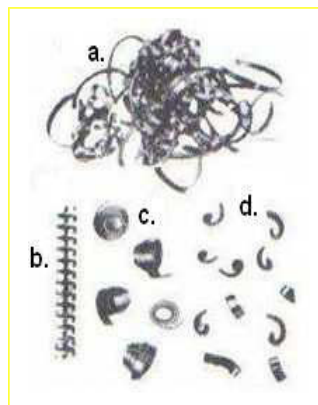


Figura 79: Cavacos

O cavaco é prejudicial na operação, pode provocar danos na peça ou na ferramenta se não é logo retirado, ou causar acidentes com o operador, para reduzir estes efeitos foram criados os quebra - cavaco, com o objetivo principal de evitar formar imensos pedaços de metal, que é feito na própria ferramenta ou utilizado nas pastilhas, ou ainda acoplados na ferramenta, verificar as figuras a seguir, como exemplos de quebra cavacos mais comuns: a) Quebra Cavaco mecanicamente; b) Quebra Cavaco usinados na própria ferramenta; c) Quebra Cavaco em pastilhas sinterizadas .

:

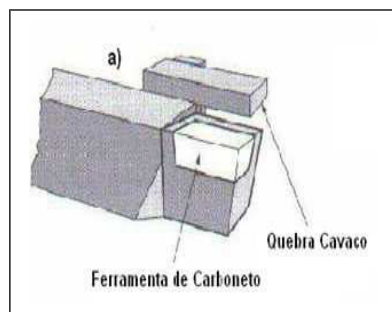


Figura 80: Quebra cavaco 1

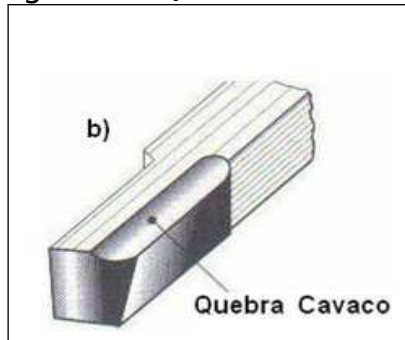


Figura 81: Quebra cavaco 2

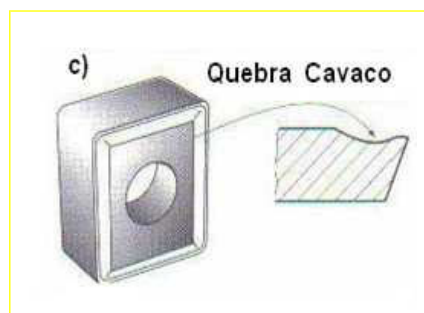


Figura 82: Quebra cavaco 3

Objetivos

- Saber como funciona o quebra cavaco
- Perceber a importância do fluido de corte

TÓPICO 1 - Fluido de Corte

Objetivos do tópico

- Conhecer os fluidos de corte
- Perceber a importância do fluido de corte na operação de máquinas ferramentas
- Saber que os fluidos de corte tem diversos tipos e características

O fluido de corte foi utilizado pela primeira vez para diminuir a temperatura da operação entre a o material trabalhado e a ferramenta de corte, o líquido utilizado foi a água, entretanto existiam desvantagens, como: a evaporação da água e a oxidação dos materiais. Depois, com a evolução do tempo, o homem foi aprimorando-o e passou a empregar fluidos de corte: sólido, líquido e gasoso. A diferença entre eles é que o sólido apenas lubrifica, ex: grafite; o gasoso apenas refrigera, ex: ar comprimido; enquanto que o líquido tem várias funções: refrigera, lubrifica, limpa, protege contra oxidação e podem ser colocados aditivos com maior facilidade para melhorar a qualidade da operação. A seguir um esquema apresentando como normalmente deve ser aplicados nas direções indicadas o fluido de corte em Máquinas Ferramentas.

Finalidades do fluido de corte:

a.Refrigerar – Reduz a temperatura da operação, atuando na ferramenta e no material trabalhado, evita aresta postiça, deformação causada pelo calor, reduz a força necessária para cortar a peça.

b.Lubrificar – Facilita o deslizamento da operação que está sendo realizada, diminui o atrito entre a ferramenta e o material trabalhado.

c.contra oxidação – Protege o material trabalhado, a ferramenta, contribuindo para uma melhor qualidade na operação realizada.

d.limpar a região da usinagem – Melhorando o campo visual e evitando a localização de cavacos na região de corte.

A seguir um esquema apresentando como normalmente deve ser aplicados nas direções indicadas o fluido de corte em Máquinas Ferramentas.Os fluidos de corte podem ser classificados em :

a.óleos de corte Integrais que não são misturados com água, formado por: óleos de minerais (derivado do petróleo), óleos graxos (de origem animal ou vegetal), e óleos compostos (óleos minerais + óleos graxos), óleos sulfurados (com enxofre)e óleos clorados (com cloro).

b. Óleos emulsionáveis ou solúveis são compostos de água e óleo, para facilitar a emulsão são colocados agentes emulsificadores (ex: sabão, detergente) que auxiliam na formação de gotículas de óleo que ficam dispersa na água. Geralmente a mistura é feita utilizando uma parte de óleo para quatro de água, o óleo deve ser adicionado à água, sob agitação, para uma boa emulsão. Os óleos minerais são os mais utilizados na usinagem, pois dependendo das características desejadas pode-se adicionar aditivos objetivando a melhora da operação, a exemplo temos: os agentes de extrema pressão – EP, os antioxidantes e antiespumante.

c. Fluidos de corte químicos, composto por mistura de água com agentes químicos. Como exemplo: aminas e nitritos, fosfatos e boratos, glicóis e germicida.

Não existe um fluido universal, a escolha do fluido com determinada composição depende do material a ser usinado, do tipo de operação e da ferramenta usada. Os fluidos de corte solúveis e sintéticos são indicados quando a refrigeração for mais importante. Os óleos minerais e graxos usados juntos ou separados, puros ou contendo aditivos especiais, são usados quando a lubrificação for o fator mais determinante.

Nos últimos tempos, na tentativa de reduzir custos e atender as normas ambientais, tem-se observado uma necessidade de reduzir o consumo de fluido de corte. A técnica de aplicação de Mínima Quantidade de Fluido de Corte (MQF) tem sido objeto de pesquisas nos últimos anos. Nesta técnica o fluido é aplicado em volumes muito baixos chegando a 10 ml/h. Normalmente, eles são aplicados juntamente com um fluxo de ar (método da pulverização), e direcionados contra a saída do cavaco, ou entre a superfície de folga da ferramenta e a peça.

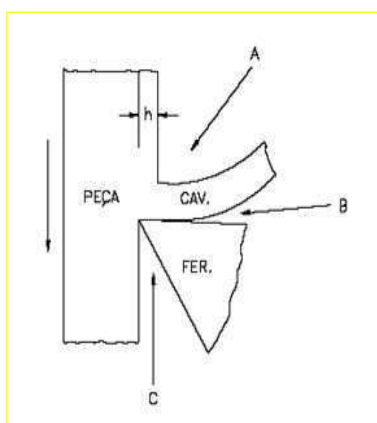


Figura 83: otimização do fluido de corte

AULA 21 - Plaina

Plainas são máquinas ferramentas que tem como finalidade obter superfícies planas em diferentes posições: horizontal, vertical e inclinada. As operações indicadas para esta máquina são: abrir canais, formar ângulos, prismas, facear, entre outras operações. As ferramentas de corte da plaina possui somente uma aresta cortante que retira o sobremetal com o movimento linear. Devido a ter uma única aresta cortante, são ferramentas simples e o custo é menor. Nas operações de aplainamento a retirada do cavaco é realizado em um único sentido, a volta é denominada de tempo perdido. De acordo com o movimento da mesa ou do cabeçote são classificadas em: plaina limadora e plaina de mesa.

A plaina limadora o movimento principal (vai e vem) pertence a ferramenta que está fixada no cabeçote, na mesa é colocada a peça para a combinação do processo. A ferramenta realiza o percurso de corte e a mesa tem pequenos avanços transversais. A plaina limadora tem a desvantagem de fabricar peças consideradas pequenas em relação a plaina de mesa.

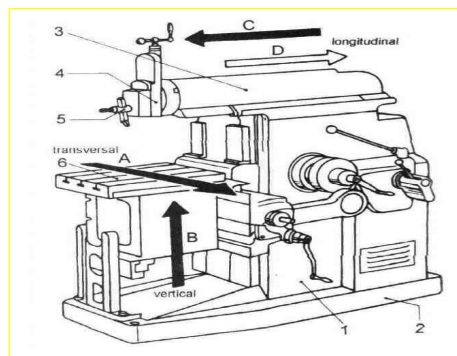


Figura 84: Plaina limadora

Onde:

- 1. Corpo;
- 2. Base;
- 3. Cabeçote ou torpedão;
- 4. Cabeçote de espera;
- 5. Porta – ferramenta;
- 6. Mesa

Exemplo de operações da plaina limadora: Aplainamentos de guias, de superfícies, de perfis, de ranhuras em T e aplainamento de rasgos, entre outros.

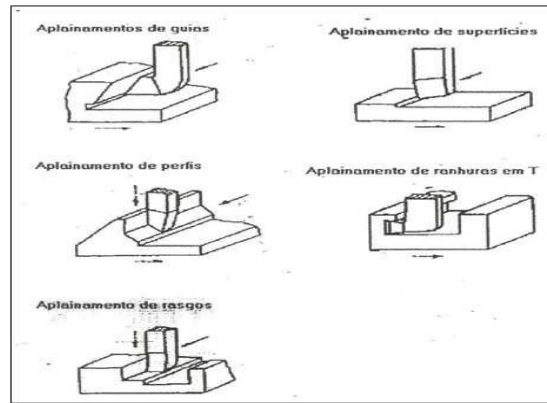


Figura 85: Operações na plaina

A plaina de mesa executa as mesmas operações que a plaina limadora, a grande diferença estar nos tamanhos das peças de grandes dimensões e trabalhar com mais de um cabeçote, podendo fazer várias operações distintas ao mesmo tempo. Nesta máquina é a mesa quem faz o movimento de vai e vem e o cabeçote realiza o movimento transversal.

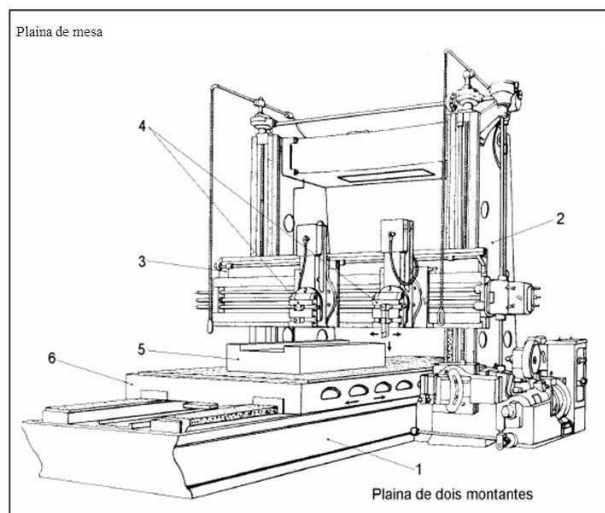


Figura 86: Plaina de mesa

Onde:

1. Corpo;
2. Coluna;
3. Ponte;
4. Cabeçote porta ferramentas;
5. Peça;
6. Mesa.

A velocidade de corte (V_c) calculada em golpes por minutos – GPM, devido ao movimento da máquina em geral, então :

$$\text{GPM} = \frac{V_c}{2c} \times 1000$$

Onde:

GPM – golpes por minutos;

V_c – Velocidade de corte em m/min

2C- o curso de ida e volta adicionado a folga de entrada e de saída da ferramenta.

C= folga de entrada da ferramenta + o comprimento a ser usinado + a folga de saída da ferramenta.

Objetivos

- Entender o funcionamento das plainas
- Perceber a diferença entre os tipos de plainas citados
- Identificar os parâmetros de corte
- Entender os cálculos necessários

AULA 22 -Torno convencional

Nos processos de usinagem entre outras máquinas operatrizes destacam-se: o torneamento, o fresamento, o aplainamento, pela grande importância tecnológica e volume de produção. O torneamento é um processo de usinagem que tem como objetivo a obtenção de superfícies de revolução: cilíndricas, cônicas, esféricas, e/ou curvilíneas.

No torno a peça a ser trabalhada gira em relação a um eixo de rotação, enquanto as ferramentas de corte acopladas no carro transversal, deslocam-se sobre um plano, onde encontra-se o eixo de rotação da peça bruta.

O torno convencional é uma das máquinas mais versáteis, porém existem diversos tipos de torno, como por exemplo: o torno paralelo ou universal, o torno vertical, o torno revolver, observar figuras abaixo do torno universal.

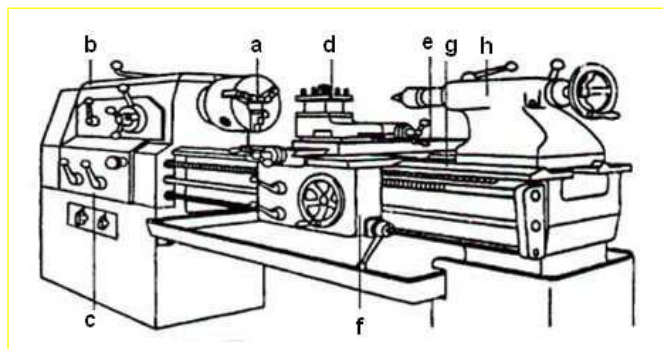


Figura 87: Torno universal

Onde:

- a. Placa;
- b. Cabeçote fixo;
- c. Caixa norton;
- d. Torre porta ferramenta;
- e. Carro transversal;
- f. Carro principal;
- g. Barramentos;
- h. Cabeçote móvel.

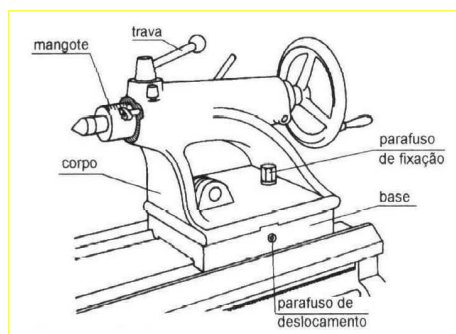


Figura 88: Cabeçote móvel

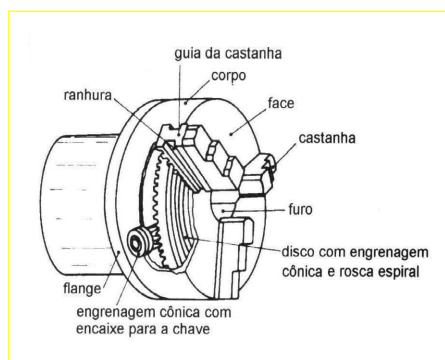


Figura 89: Elemento de fixação



Figura 90: Castanhas

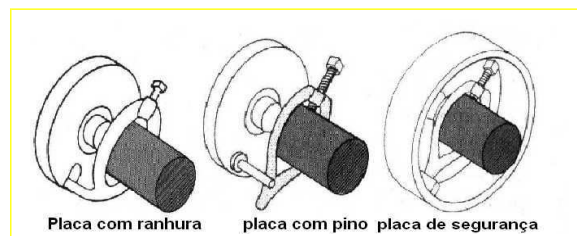


Figura 91: Placas com arrastos



Figura 92: Contra ponta giratória

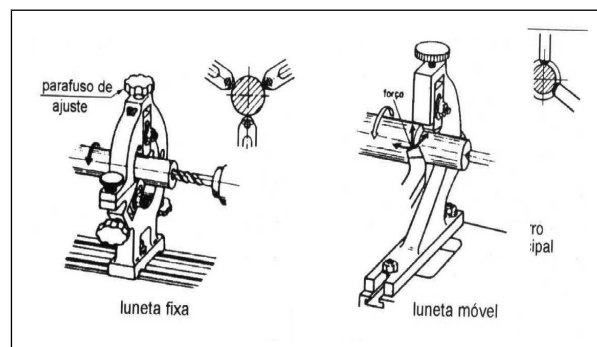


Figura 93: Tipos de luneta

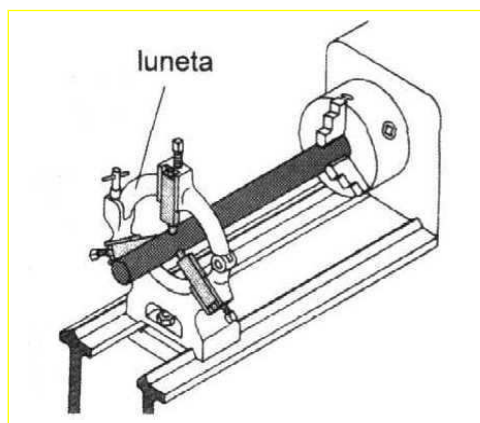


Figura 94: Luneta e fixação da peça com castanhas

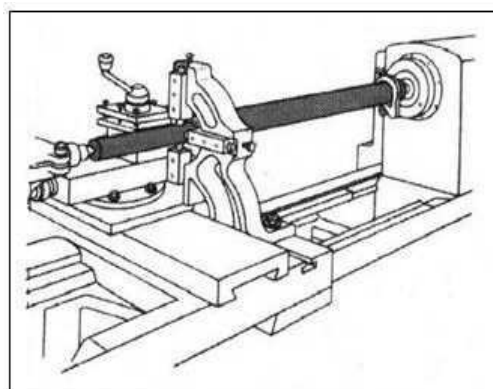


Figura 95: Luneta e fixação da peça com placa de arrasto

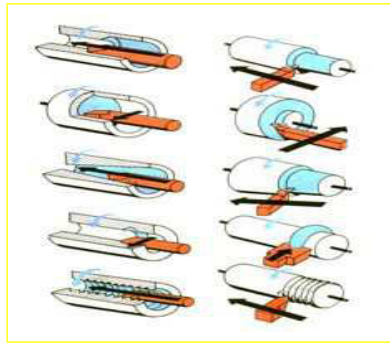


Figura 96: Operações de torneamento

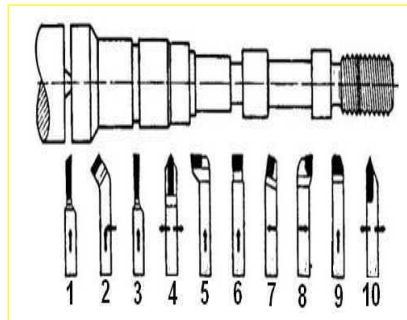


Figura 97: Operações e ferramentas

Onde:

1. Cortar;
2. Cilindrar à direita;
3. Sangrar;
4. Alisar (acabamento);
5. Facear à direita;
6. Sangrar com grande dimensão (canal);
7. Desbastar a direita;
8. Cilindrar e facear à esquerda;
9. Formar;
10. Roscar.

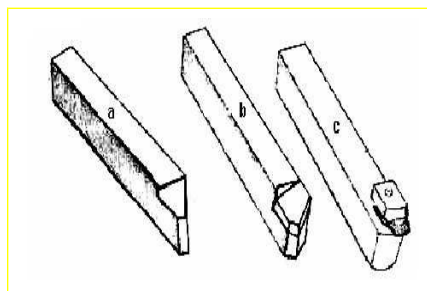


Figura 98: Exemplos de tipos de ferramentas de corte.

- a- Ferramenta comum de aço ferramenta ou aço de corte rápido.
- b- Ferramenta com pastilha de metal duro, soldada.
- c- Diamante com suporte.

As operações podem ser classificadas quanto ao desbaste e ao acabamento. Torneamento de desbaste geralmente a profundidade de

corte é com maior dimensão. No acabamento a profundidade de corte é com uma menor dimensão, principalmente se comparada a operação de desbaste, com o objetivo de alcançar uma melhor qualidade na operação e dimensões mais próximas do projeto.

Os primeiros passos de pesquisa passaram pela procura das melhores geometrias para a operação de corte. A etapa seguinte dedicou-se à busca de materiais de melhores características de resistência e durabilidade. Finalmente passou-se a combinar materiais em novos modelos construtivos sincronizando as necessidades de desempenho, custos e redução dos tempos de parada no processo produtivo. Como resultado desta evolução consagrou-se o uso de ferramentas compostas, onde o elemento de corte é uma pastilha montado sobre uma base

No torno observa-se entre outros fatores, três movimentos:

1.O movimento de rotação da peça, denominada movimento de corte, quando a peça gira a uma determinada velocidade e ao mesmo tempo a ferramenta de corte está retirando o material (cavaco) da peça, denomina-se velocidade de corte;

2.O movimento de penetração, é o movimento que determina a profundidade de corte, quando a ferramenta de corte está retirando uma determinada espessura do material

3.O movimento de avanço é quando a ferramenta de corte avança progressivamente até retirar no comprimento desejado toda a profundidade de corte estipulada na operação. O avanço é quanto a ferramenta se desloca para cada rotação completa da peça.

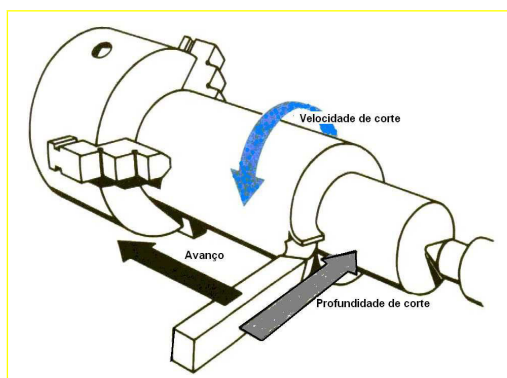


Figura 99: Velocidade de corte, avanço e profundidade de corte.

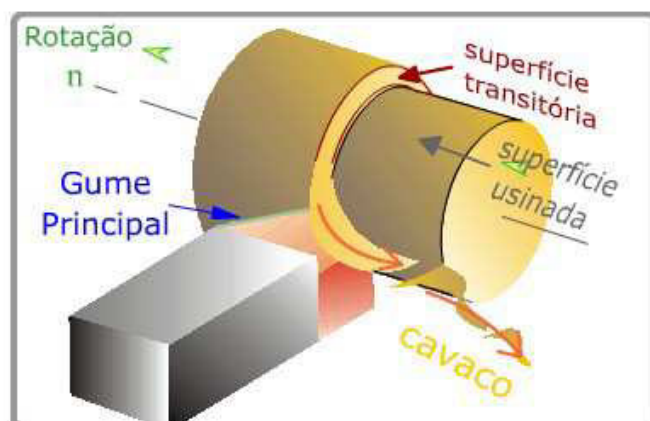


Figura 100: -Rotação - Superfície transitória - Superfície usinada - Gume principal - Cavaco

Objetivos

- Conhecer o funcionamento do torno
- Distinguir e nomear as peças e acessórios do torno citadas
- Reconhecer as operações do torno
- Entender os cálculos dos parâmetros de corte e o tempo de corte

TÓPICO 1- Velocidade de corte m/mm (metros por minuto) e rpm (rotação por minuto), avanço e tempo.

Objetivos do tópico

- Saber utilizar os parâmetros de corte
- Diferenciar os parâmetros para as plainas e para tornos

A velocidade de corte (V_c) é o espaço que a ferramenta percorre cortando a peça dentro de um determinado tempo, A V_c pode ser calculada em função da velocidade por minuto e em RPM quando a peça ou a ferramenta que ocasiona a V_c , tem movimento rotacional, então:

$$V_c = \pi d n$$

Normalmente a velocidade de corte é pesquisada em tabelas, em relação ao material da peça a ser fabricada, a ferramenta a ser utilizada, tipo de operação, tipo da máquina, são testes realizados em laboratórios de ensaios para que não ocorram problemas no momento da fabricação da peça, seja com a peça mencionada ou com a ferramenta destinada. Então se pode deduzir que:

$RPM = \frac{V_c}{\pi d}$, como nas tabelas geralmente a velocidade de corte apresenta-se com as unidades de m/min, e como o diâmetro é

fornecido em mm, utiliza-se o fator de correção 1000, que transforma metros em milímetros, então:

$$\text{RPM} = \frac{V_c}{\pi d} \times 1000$$

Alguns fatores que pode influenciar nos parâmetros de corte na operação de torneamento.

Normalmente para velocidade de corte maior utiliza-se:

a.Quando se deseja um acabamento da superfície usinada com alta precisão;

b.O material a ser usinado tem baixa dureza;

c.Utilizando ferramentas de corte de alta dureza para se obter um menor tempo na operação, realizar um estudo do custo/benefício.

Cálculo do avanço:

Avanço – É o espaço percorrido pela ferramenta de corte em cada rotação da peça, em mm / rotação. O avanço pode ser obtido por tabelas, verificar as tabelas em anexo.

Cálculo do avanço

$$A = S/P_c$$

S = Seção do cavaco (mm²);

Avanço maior:

a.Na operação de desbaste;

b.A peça tem alta dureza e a fixação é estável;

Redução do avanço

a.Para uma precisão maior no acabamento;

b.A profundidade de corte é grande;

c.A fixação da peça é instável.

TÓPICO 2- Tempo empregado no torneamento

Objetivos do tópico

- Perceber os tempos necessários para usinar uma peça no torno
- Conhecer os tipos de tempo gasto para realizar uma operação

O tempo disponível inclui: o tempo de preparação (tr), tempo de manejo (tm), tempo formado por possíveis imprevistos (ti) e tempo principal (tp).

O tempo de preparação é o tempo destinado ao preparo da máquina para realizar a operação.

O tempo de manejo é o tempo que faz parte indiretamente do progresso do trabalho a realizar.

Tempo possíveis imprevistos é o tempo que aparece sem estar previsto, como ex: lubrificar a máquina, consertar um determinado acessório.

O tempo principal é o tempo em que se dá o avanço para realizar a operação, isto é o tempo de corte. Para o tempo principal temos a seguinte fórmula:

$T_p = \text{comprimento torneado (mm)} / \text{avanço (mm/rot)} \times \text{rotação por minuto (rot/min)}$

$T_p = \text{mm} / (\text{mm/rot} / \text{rot/min})$

$T_p = \text{min}$

Obs. - comprimento torneado = Folga de entrada + folga de saída + comprimento da peça.

Exercícios.

1) É necessário desbastar 5 mm de uma peça no torno.

Dados:

material da peça = tarugo de aço 1060

Diâmetro = 80 mm

A profundidade de corte máxima é de 1,2 mm no diâmetro.

Calcular:

a. A rotação da placa do cabeçote fixo para o desbaste e para o acabamento.

b. Quantas passadas serão necessárias para desbastar a peça?

c. Quantas passadas serão necessárias para realizar o acabamento na peça?

Pretende-se calcular a velocidade em rotações das seguintes peças:

a. 1º Caso: dados: $d = 130 \text{ mm}$ e $v = 20 \text{ m/min}$

b. 2º caso: dados: $d = 55 \text{ mm}$ e $v = 20 \text{ m/min}$

c. Verificar a diferença das rotações por minuto em relação ao diâmetro.

3) Cálculo do tempo empregado no torneamento.

Dados: Torneamento cilíndrico.

$d = 80 \text{ mm}$;

$L_1 = 480 \text{ mm}$;

$L_2 = 5 \text{ mm}$;

$L_3 = 5 \text{ mm}$.

$v = 20 \text{ m/min}$;

$s = 0,6 \text{ mm/rot}$.

TÓPICO 3- Força de corte, pressão específica de corte, trabalho, potência útil e potência efetiva

Objetivos do tópico

- Compreender as aplicações de força de corte, pressão e potências
- Conhecer a importância da otimização para realizar uma operação

Geralmente ao utilizarmos para desbaste uma baixa velocidade de corte, uma profundidade de corte máxima possível e um avanço relativamente grande, resulta em uma remoção de maior quantidade de cavaco num determinado tempo e para o acabamento se colocarmos uma alta velocidade, o avanço mínimo possível e uma profundidade de corte reduzida, objetivamos nos dois casos alcançar uma otimização nas operações, que entre outros fatores, pode promover uma maior vida útil da ferramenta, como também no custo benefício, buscando um equilíbrio.

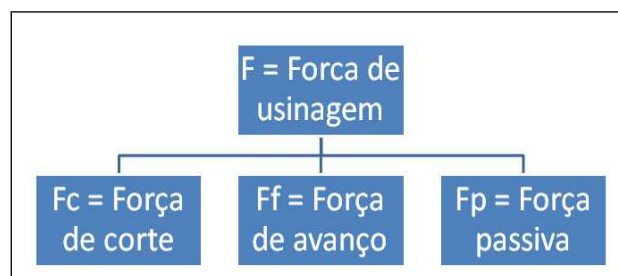


Figura 101:Esquema das forças

A força na usinagem resulta no impulso que é necessário aplicar na ferramenta, para ocorrer o corte do cavaco. É uma força de difícil medição, devido a forma tridimensional. Esta força apresenta em diferentes direções os conjuntos de parâmetros ou seja, suas componentes.

A força de usinagem depende de vários fatores, entre estes podemos citar:

- a. As condições de corte (avanço, profundidade de corte, velocidade de corte);
- b. A utilização do fluido refrigerantes no caso de ser necessário;
- c. A situação de desgaste da máquina e ferramenta.

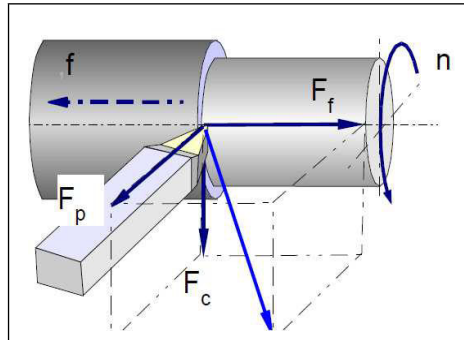


Figura 102: Como se divide as forças

No caso da força de corte podemos citar os seguintes fatores:

- a) material a ser usinado;
- b) as condições efetivas de usinagem;
- c) seção de usinagem e do processo de usinagem.

É importante ressaltar que a força passiva age perpendicular ao plano de trabalho, não gerando potência de usinagem. A força ativa (F_f) como ocorre no plano que é definido pelo avanço e velocidade de corte (V_c), a mesma é composta pelas forças de corte (F_c) e de avanço (F_t).

A força de corte é representada pela equação $F_c = A \cdot K_c$, também denominada, equação Kienzle. A força de corte relaciona as constantes dos processos de usinagem com o material a ser usinado.

$$F_c = S \cdot K_c$$

Onde:

F_c = Força de corte;

S = Área da sessão de corte (sessão do cavaco), onde $S = b \times h$ (m^2)

K_c = Pressão específica de corte (N/mm^2)

Ou ainda podemos concluir que:

$$S = a_p \times f$$

a_p = profundidade de usinagem

f = Avanço alguns autores usam o "A" para representar o avanço (mm/rot).

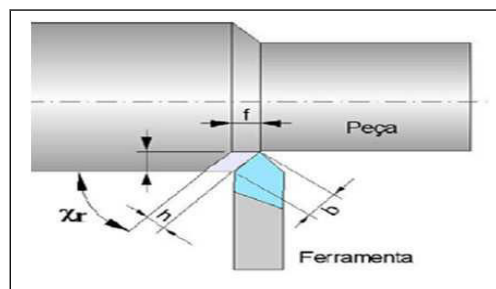


Figura 103: Parâmetros de corte

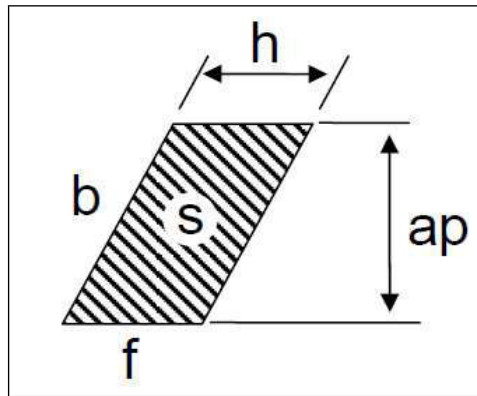


Figura 104: Detalhe da sessão (cavaco)

Segundo Freire (1980) pode-se utilizar os seguintes valores de referência para o avanço, no torneamento:

- a. Avanço de 0,05 a 0,5 mm por rotação para trabalhos leves;
- b. Avanço de 0,2 a 0,7 mm por rotação para trabalhos médios;
- c. Avanço de 0,5 a 3,0 mm por rotação para trabalhos pesados.

A pressão específica de corte (K_s), é energia necessária para remover uma unidade de volume da peça, isto é, a força aplicada para retirar um cavaco de 1 mm^2 , depende da relação entre a medida do avanço e da profundidade de corte. Segundo a norma AWF - 158, foi elaborada uma tabela para pressões específicas de corte para alguns materiais.

O trabalho mecânico é definido por a força vezes o comprimento do cavaco retirado, isto é:

$$L = F \times l$$

ou ainda $L = S \times K_s \times l$, substituindo K_s , temos:

$$L = A \times P \times K_s \times l$$

Onde:

L = Trabalho (Kgm);

l = Força de comprimento do cavaco retirado.

A potência de corte (P_c) é a potencia que está disponível para ser utilizada no gume da ferramenta, então a potencia que é gasta para remover o cavaco. Específicas de corte. A potência de acionamento (P_a) é a potência fornecida pelo motor à máquina-ferramenta. É a potencia sem as perdas que ocorrem na máquina desde do inicio da operação até o final. A potência de avanço (A_p) é uma potencia pequena, principalmente em relação a potencia de corte, normalmente a A_p fica entre os grupos das perdas. A potência em vazio (P_o) é a potência consumida quando a máquina estar ligada, com o mecanismo de avanço funcionando, porém sem realizar operações. E o rendimento da máquina ferramenta por valores comumente usados entre 60 % e 80%.

$$P_c = \frac{F_c X V_c}{60000} \quad \text{e} \quad P_m = \frac{P_c}{\eta}$$

Onde:

Pc - potência de corte (kW);
Fc - força de corte (N);
Vc - velocidade de corte (m/min);
Pm = Potência fornecida pelo motor;
 η = Rendimento.

As dimensões de corte são o fator de influência preponderante na força e na potência necessária para a usinagem. De um modo geral verifica-se que a pressão específica de corte k_c diminui com as dimensões do cavaco, sendo esta diminuição mais notada para um aumento do avanço do que para um aumento da profundidade de corte.

Com base nas afirmações anteriores, pesquisadores determinaram fatores de correção para k_c , sendo que o que mais se aproxima da realidade é Kienzle, propondo a seguinte fórmula: $F_c = K_{c1.1} \times b \times h^{1-mc}$, entretanto, a norma AWF-158 é comumente utilizada.

AULA 23- TORNENANDO PEÇAS CÔNICAS

No torno há duas maneiras de torneiar peças cônicas.

1º) Caso: Se a peça não tiver grandes dimensões em relação ao torno, podemos realizar o cálculo do ângulo de inclinação do carro, quando esta inclinação não for fornecida no projeto da peça, observar figura.

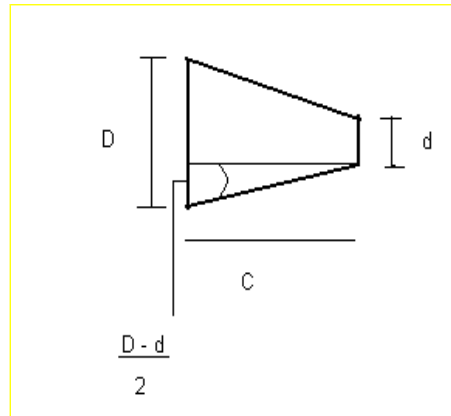


Figura 105: Peça cônica

$$\frac{D-d}{2c}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{\frac{D-d}{2}}{c} = \frac{D-d}{2c}$$

Onde α será aproximadamente o ângulo de inclinação do carro superior para torneiar a peça dada.

D = Diâmetro maior da peça;

d = Diâmetro menor da peça;

C = Comprimento da peça.

2º Caso -calculando o desalinhamento da contra-ponta, (cabeçote móvel),

Para peças cilíndricas a contra-ponta do torno deve estar perfeitamente alinhada, no caso de uma superfície cônica teremos que desalinhar a contra-ponta (cabeçote móvel) com o ângulo necessário para construir a peça projetada. E calcular o valor da medida necessária para o desalinhamento.

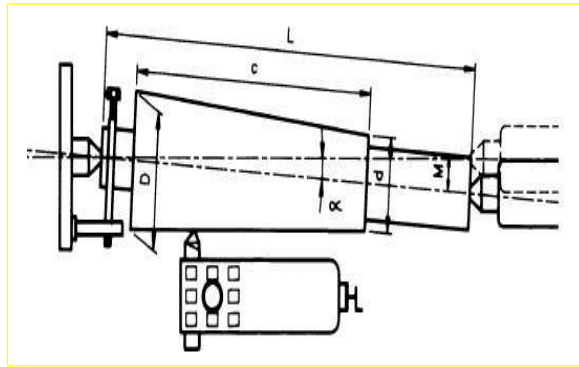


Figura 106: Desalinhando a contra ponta

L = Comprimento total da peça;
 C = Comprimento da parte cônica;
 D = diâmetro da parte maior do cone;
 d = diâmetro da parte menor do cone;
 M = Medida do desalinhamento;
 α = ângulo de inclinação do cone.

Obs.: L pode ser igual a C

Utilizaremos a relação da tangente para descobrirmos a medida M .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{M}{L} = M \frac{\frac{D-d}{2}}{c} L = \Rightarrow M = \frac{(D-d)L}{2c}.$$

No caso de não termos o valor de um dos diâmetros das peças, o dado fornecido seja a conicidade.

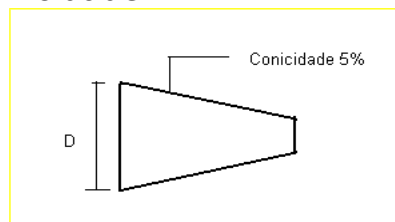


Figura 107: O valor da conicidade

O percentual da conicidade se refere a variação do diâmetro da peça em relação ao comprimento da peça cônica, a qual denominamos de vd (variação de diâmetro por unidade de comprimento).

$$5\% = \frac{5}{100} = 0,05 = vd$$

$$\text{Para calcular } M, \text{ teremos então: } M = \frac{vd \cdot L}{2}$$

EXERCÍCIOS

1) Calcular o ângulo de inclinação do carro do torno para torneiar a peça abaixo projetada.

Dados: $D = 60 \text{ mm}$, $d = 10 \text{ mm}$; $C = 80 \text{ mm}$; $L = 110 \text{ mm}$

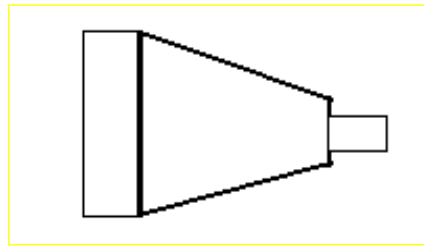


Figura 108: Peça cônica 1

2) Calcular o ângulo de inclinação do carro do torno para torneiar a peça abaixo projetada.

Dados: $D = 80 \text{ mm}$, $C = 100 \text{ mm}$

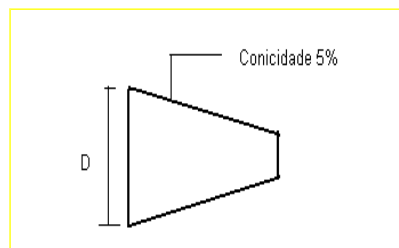


Figura 109: Peça cônica 2

3) A peça abaixo necessita ter uma conicidade de 1:40. Calcular o deslocamento necessário da contra-ponta (cabeçote móvel), dados:

$C = 110 \text{ mm}$, $L = 140 \text{ mm}$, $D = 30 \text{ mm}$.

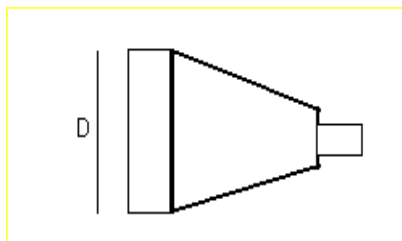


Figura 110: Peça cônica 3

4) No projeto temos o seguinte desenho:

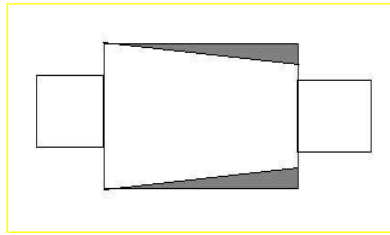


Figura 111: Peça cônica 4

Dados: $D = 50 \text{ mm}$;

$d = 17 \text{ mm}$;

$C = 100 \text{ mm}$;

$L = 200 \text{ mm}$.

Aço 1020

Calcular a medida necessária para realizar o desalinhamento do cabeçote móvel, e o tempo empregado no torneamento.

Abertura de roscas no torno por meio de ferramenta de cortes.

As ferramentas de corte utilizadas para filetar roscas são ferros de forma que têm de coincidir com o perfil da rosca que se pretende obter com os mesmos, figura 1.10.1.

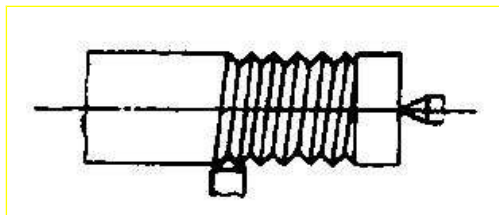


Figura 112: Ferramenta de Corte de filetar roscas

Objetivos

- Saber os métodos que se pode utilizar para calcular peças cônicas
- Distinguir quanto a aplicação

AULA 24- Fresadoras e fresas

A fresagem é um tipo de processo de fabricação com retiradas progressivas de cavacos (usinagem mecânica) feitos pela máquina fresadora e ferramentas especiais denominadas fresas.

Na fresadora o avanço é feito pela mesa onde está acoplada a peça, e a velocidade de corte (movimento de rotação), é realizado pela fresa. O movimento da fresa é classificado em concordante e discordante.

O movimento é concordante quando a fresa gira no mesmo sentido do avanço da mesa, e o movimento é discordante quando a fresa gira no sentido inverso do movimento de avanço, observar as figuras.

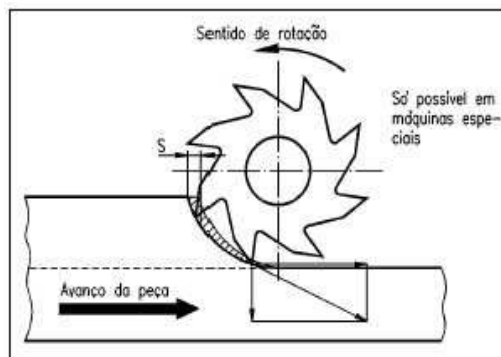


Figura 113: Movimento concordante

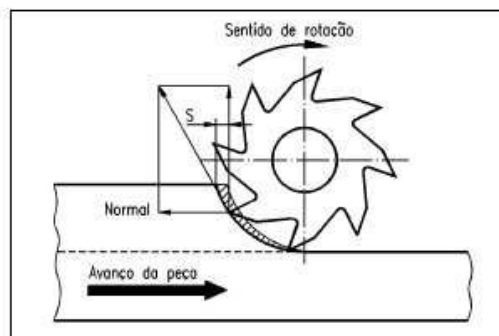


Figura 114: Movimento discordante

Quando as fresadoras são fabricadas com o sistema de avanço com porca e parafuso, o movimento discordante é o mais utilizado, pois com o tempo inicia-se uma certa folga entre o parafuso e a porca, dificultando trabalhar com a fresa em movimentos concordantes, podendo favorecer a movimentos irregulares da mesa.

A denominação da fresadora geralmente é de acordo com a mesa de trabalho e o eixo árvore onde é fixada a ferramenta, conforme figuras apresentadas.

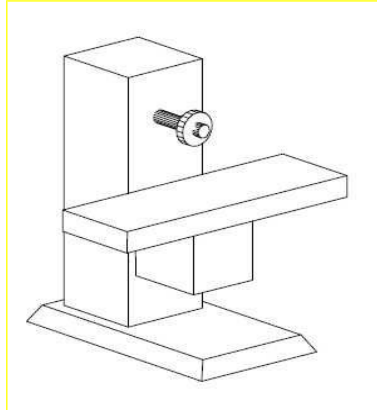


Figura 115: Fresadora horizontal

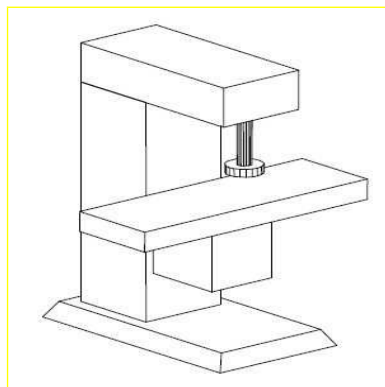


Figura 116: Fresadora vertical

A Fresa é constituída de dentes multicortantes, onde todos os dentes são utilizados na operação, conferindo vantagens, como:

- a. Mais rapidez na operação;
- b. Enquanto um dente está cortando os outros têm tempo de resfriar-se;
- b. Maior vida útil para a fresa, pois favorece um menor desgaste.

Análogo ao torneamento, o fresamento apresenta nas ferramentas de corte (fresas), o ângulo de desprendimento ou de saída, o ângulo de cunha e o ângulo de folga ou de incidência, em cada um dos seus dentes.

Conforme o tipo do ângulo de cunha, a fresa cilíndrica recebe uma classificação: Tipo W, Tipo N ou tipo H, as figuras com as fresas e os respectivos tipos de ângulos, são apresentadas nas figuras a seguir:

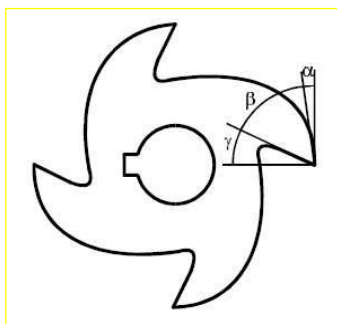


Figura 117: Fresa tipo W

Nas fresas tipo W, o ângulo de saída é igual a 25° , o ângulo de cunha igual 57° e o ângulo folga igual a 8° . Utilizados geralmente para materiais não ferrosos de baixa dureza.

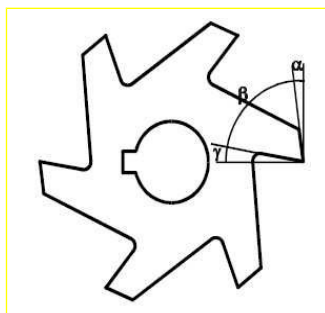


Figura 118: Fresa tipo N

Nas fresas tipo N, o ângulo de saída é igual a 10° , o ângulo de cunha igual 73° e o ângulo folga igual a 7° . Utilizados geralmente para materiais de média dureza (até 700N/mm^2 de resistência a tração).

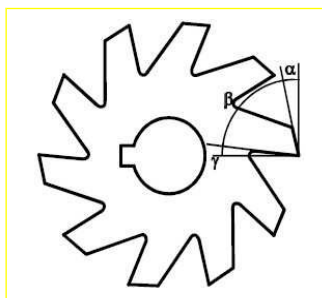


Figura 119: Fresa tipo H

Nas fresas tipo N, o ângulo de saída é igual a 5° , o ângulo de cunha igual 81° e o ângulo folga igual a 4° . Utilizados geralmente para materiais duros e quebradiços (maior que 700N/mm^2 de resistência a tração).

Os números de dentes da fresa tem relação com a resistência do material, quanto maior o ângulo de cunha, a fresa irá trabalhar com materiais duros e menos volume de cavaco irá ser produzido, conseqüentemente menor espaço para a saída será necessário.

As fresas também podem receber denominações quanto a forma, como é demonstrado através das figuras a seguir:

a. Fresas cilíndricas (planas), utilizadas para usinar superfícies planas a exemplo de abrir rasgos e canais.

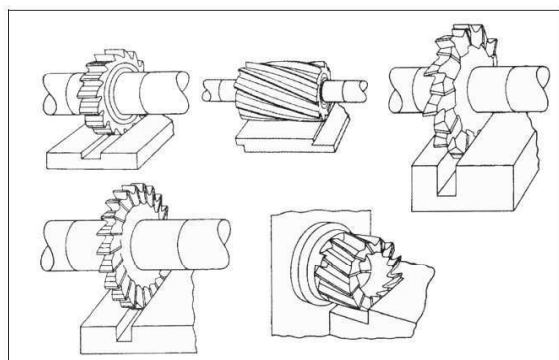


Figura 120: Fresas planas 1

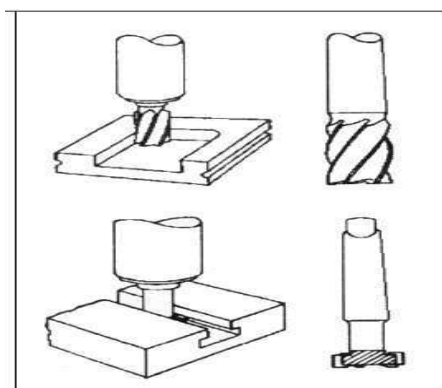
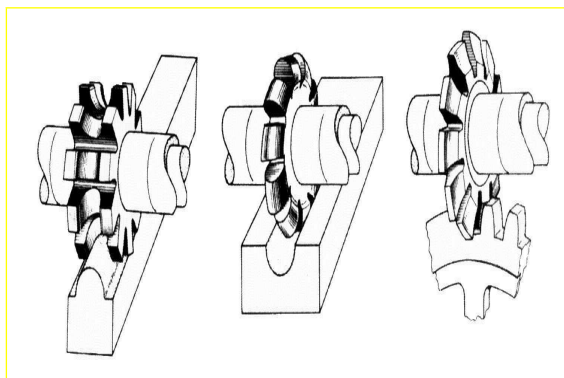
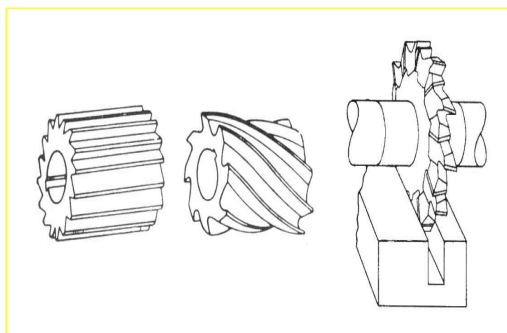


Figura 121: Fresas planas 2

b. Fresas de perfil, normalmente usadas para obter formas: fresa perfil convexa, fresa perfil côncava e fresa módulo para construir dentes de engrenagens.



Figuras 122: Fresas de Perfil



Figuras 123: Fresas de dentes retos, helicoidais e bi helicoidais

As fresas também podem ser classificadas quando a construção dos dentes, isto é, a fresa pode ser fabricadas com um só tipo de material, podem ser fabricadas com dois tipos, o corpo com um material de menor custo e os dentes geralmente de aços rápidos ou metais duros. As fresas ainda pode ter dentes substituíveis, com pastilhas, a fixação comumente é por meios de parafusos.



Figuras 124: Fresas com dentes substituíveis 1



Figuras 125: Fresas com dentes substituíveis 2

Objetivos

- Conhecer a máquina ferramenta fresadoras
- Saber o funcionamento das diversos tipos
- Distinguir as operações realizadas na fresadora
- Diferenciar as ferramentas de corte - fresas

AULA 25 - Velocidade de corte e avanço por mesa.

Em um fresadora geralmente para se calcular o avanço da mesa é necessário calcular o avanço por cada dente da fresa, por volta da fresa e por avanço da mesa.

Então por etapas temos:

1. calcular o avanço por dente, são preciso alguns fatores: conhecer o material da peça, o tipo de fresa escolhido e a seguir o avanço por dente, estes três parâmetros podem ser escolhidos em tabelas.

2. Para calcular o avanço da fresa por volta, basta multiplicar o número de dentes da fresa pelo o avanço de cada dente.

3. E finalmente para calcular o avanço da mesa, temos:

$$A_m = a_{fv} \cdot N$$

Onde:

A_m = avanço da mesa

a_{fv} = avanço da fresa por volta;

N = rotação.

Exercícios:

No projeto é solicitado elaborar o fresamento de x peças de aço com 55Kgf/mm² de resistência, utilizando uma fresa circular de 60 mm de diâmetro com 8 dentes. A profundidade de corte no projeto é de 7 mm. Calcular a velocidade de corte em rotações por minuto, o avanço por dente, avanço da fresa por volta e o avanço por mesa.

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		Acaba- mento
	8 mm	5 mm	1,5 mm
Aço até 60 kgf/mm ²	16 - 20	22 - 26	32 - 36
Aço de 60-80 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 - 18	16 - 20
Ferro fundido até 180 HB	18 - 22	24 - 28	18 - 32
Ferro fundido acima de 180 HB	10 - 14	12 - 16	16 - 22
Latão	32 - 48	46 - 72	60 - 120
Metais leves	220 - 320	280 - 480	400 - 520
Cobre	40 - 50	60 - 80	80 - 100

Quadro1: Velocidade de corte para Fresas 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	Cilíndrica DIN 884	0,22	0,26	0,10
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,20	0,24	0,08
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,17	0,22	0,06
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,10	0,12	0,04
Ferro fundido, até 180HB		0,22	0,30	0,08
Ferro fundido, acima de 180HB		0,18	0,20	0,06
Latão		0,24	0,28	0,10
Metais leves		0,10	0,12	0,04
Cobre		0,26	0,26	0,08
Aço até 60 kgf/mm ²	de topo DIN 841 DIN 1880	0,25	0,30	0,12
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,22	0,27	0,10
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,22	0,24	0,08
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,12	0,14	0,06
Ferro fundido, até 180 HB		0,25	0,34	0,10
Ferro fundido, acima de 180HB		0,18	0,22	0,08
Latão		0,25	0,30	0,10
Metais leves		0,12	0,16	0,06
Cobre		0,26	0,30	0,10
Aço até 60 kgf/mm ²	Circulares dentes retos DIN 885B	0,08	0,12	0,05
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,07	0,11	0,04
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,06	0,10	0,03
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,05	0,09	0,03
Ferro fundido, até 180 HB		0,08	0,12	0,06
Ferro fundido, acima de 180 HB		0,06	0,10	0,03
Latão		0,08	0,12	0,05
Metais leves		0,10	0,14	0,06
Cobre		0,10	0,14	0,05
Aço até 60 kgf/mm ²	Circulares dentes cruzados DIN 885A	0,13	0,19	0,08
Aço de 60-90 kgf/mm ²		0,12	0,18	0,07
Aço de 90-110 kgf/mm ²		0,10	0,16	0,05
Aço acima de 110 kgf/mm ²		0,09	0,15	0,04
Ferro fundido, até 180 HB		0,13	0,19	0,08
Ferro fundido, acima de 180 HB		0,10	0,16	0,05
Latão		0,13	0,19	0,08
Metais leves		0,15	0,22	0,09
Cobre		0,15	0,22	0,09

Quadro2 : Velocidade de corte para Fresas aço rápido

Objetivos

- Entender os cálculos de avanço da mesa e velocidade de corte
- Aplicar os cálculos quando necessário

AULA 26- Aparelho divisor

O aparelho divisor é um dos acessórios da fresadora que tem como objetivo realizar as divisões dos dentes das engrenagens, possibilita também realizar furos ou rasgos nas peças, fresagem de ranhuras e dentes helicoidais. Geralmente um aparelho divisor compõem - se de uma coroa, três discos divisores, e a manivela, observar figura.

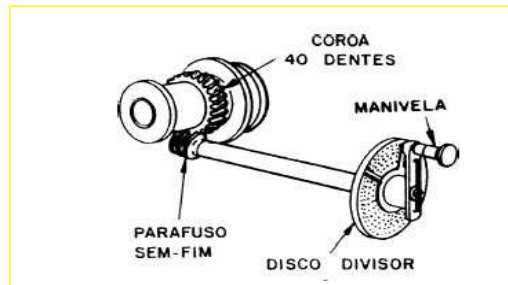


Figura 126: Aparelho divisor

A coroa normalmente tem de 40 a 60 dentes, os discos divisores tem vários furos para no caso de o números de voltas necessárias na manivela não serem exatas, neste caso é preciso usar os furos no disco.

Se uma engrenagem a ser fabricada tem 20 dentes, e se a coroa do aparelho divisor tem 40 dentes, então será necessária duas volta completa na manivela para fresar cada dente.

Então teremos:

$$V_m = \frac{C}{N} \quad \text{Onde: } C = \text{número de dentes da coroa};$$

N = número de divisões desejadas ou número de dentes da engrenagem a ser fabricada. Quando o quociente não é exato, necessita-se utilizar frações de voltas na manivela, então utiliza-se os discos divisores.

$$\text{Substituindo na fórmula } V_m = \frac{C}{N}, \quad V_m = \frac{40}{20} = 2$$

A seguir um esquema do aparelho divisor, contendo: a coroa, parafuso sem fim, disco divisor, manípulo, manivela, pino de fixação e o braço do setor.

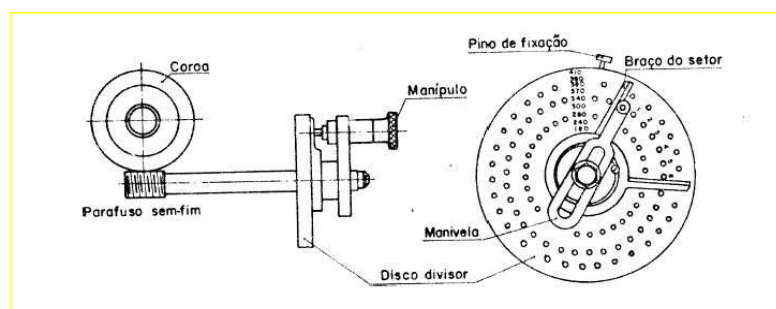


Figura 127: Aparelho divisor

DISCOS	FUROS					
1	15	16	17	18	¹ ₉	² ₀
2	21	23	27	29	³ ₁	³ ₃
3	37	39	41	43	⁴ ₇	⁴ ₉

Quadro3: Exemplo dos discos e furos

Exemplos:

1) É necessário fresar uma engrenagem com 29 dentes. Então:

$$V_m = \frac{C}{N} = \frac{40}{29} = 1\frac{11}{29}$$

Para fabricar esta engrenagem é necessário 1 volta na manivela para cada dente e avançar 11 furos no disco divisor de 29 furos.

2) É necessário fresar uma engrenagem com número de dentes maior que a coroa pertencente ao aparelho divisor. Uma engrenagem com 47 dentes e a coroa do aparelho divisor é de 40 dentes, então:

$$V_m = \frac{40}{47} = \frac{40(\text{furos})}{47(\text{disco})}$$

Não será necessário uma volta completa, pois o numerador é menor que o denominador, então avançaremos 40 furos no disco divisor de 47 furos.

3) Necessita-se fabricar uma engrenagem com 11 dentes.

$$V_m = \frac{40}{11} = 3\frac{7}{11} \quad \text{recordar que é preciso usar frações semelhantes.}$$

Exercícios:

Calcule o número de voltas e se necessário o disco e o número de furos a avançar, para fresar engrenagens de:

Com as seguintes quantidades de dentes: 9, 13, 32, 35, 49, 75, 90.

2) Deseja-se fabricar um par de dentes cilíndricos de dentes retos, com módulo igual a 3, e o número de dentes da engrenagem motora é 36, a mesma está acoplada a um motor que desenvolve 900 rpm. Espera-se que com a construção da engrenagem movida uma velocidade de 600 rpm. Pede-se:

Engrenagem Motora	Engrenagem Movida
Z=	Z=
Dp=	Dp=
De=	De=
Di=	Di=
B=	B=
A=	A=
H=	H=
P=	P=
N=	N=

Quadro 4: Parâmetros das engrenagens acopladas

Qual disco deve ser utilizado para cada engrenagem, e quantos furos se forem necessário, deverão ser deslocados.

Objetivos

- Entender como funciona o disco divisor na fresadora
- Saber diferenciar os diversos métodos para calcular a fabricação de uma roda dentada na fresadora
- Compreender as aplicações

AULA 27- Divisão diferencial

A divisão diferencial é utilizada, quando o número de dentes é maior que o maior número de furos do disco divisor e que não seja possível simplificar, isto é, estamos trabalhando com engrenagens com números de dentes “primos”. Este acessório da fresadora busca corrigir este problema através de um conjunto de engrenagens.

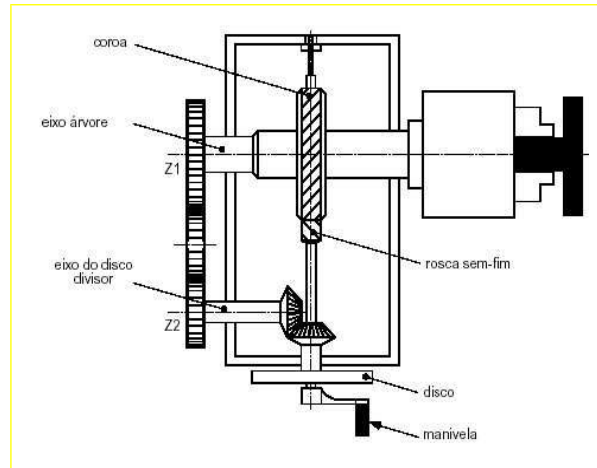


Figura 128: Apresentando conjunto com duas engrenagens

Exemplo 1:

Fabricar uma engrenagem com 137 dentes, e a coroa do aparelho divisor possua 40 dentes.

Analisar-se primeiro qual é o número que não seja primo mais próximo de 137 (pode ser maior ou menor) e que ao simplificar com 40, encontre-se um disco com este número de furos.

No caso solicitado, temos o número 100, então:

$$V_m = \frac{40}{140} = \frac{4}{14} = \frac{2}{7} = \frac{2 \times 3}{7 \times 3} = \frac{6}{21}$$

Avançar 6 furos no disco de 21 furos.

O segundo passo é utilizar o diferencial para corrigir o $N=140$, pois se deixarmos assim a engrenagem terá 140 dentes. O conjunto de engrenagem citado, é onde são realizadas estas correções para o número de dentes ser fabricado com 137 dentes solicitado no projeto.

Calcula-se o Δn , que é a diferença entre o número da engrenagem requerida e a arbitrada, sempre o maior valor menos o menor valor.

$\Delta N = 3$ neste caso três dentes

$$\frac{Z_{mot.}}{Z_{mov.}} = C \frac{\Delta N}{N'} ;$$

Onde:

C = A número de dentes da coroa do aparelho divisor;

ΔN = Diferença absoluta entre a engrenagem desejada e a engrenagem arbitrada;

N' = Engrenagem arbitrada;

$Z_{mot.}$ = Engrenagem motora;

$Z_{mov.}$ = Engrenagem movida.

$$\frac{Z_{mot.}}{Z_{mov.}} = C \frac{\Delta N}{N'} \Rightarrow \frac{Z_{mot.}}{Z_{mov.}} = 40 \times \frac{3}{140} = \frac{120}{140} = \frac{120:10}{140:10} = \frac{12}{14} = \frac{6}{7} = \frac{6 \times 8}{7 \times 8} = \frac{48}{56}$$

Estes cálculos foram realizados porque normalmente as fresadoras são acompanhadas por jogos de engrenagens auxiliares com os seguintes números de dentes: 24 (duas engrenagens), 28, 32, 36, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 80, 84, 86, 96 e 100.

Quando os cálculos das engrenagens motora e movida, ao ser colocadas nos eixos respectivos do aparelho divisor, (dependendo das dimensões das engrenagens) pode ser que as mesmas não consigam se acoplar, então temos que colocar engrenagens intermediárias.

Foi observado que ao introduzimos uma ou duas engrenagens intermediárias montadas no aparelho divisor, pode alterar o sentido do giro, assim se o disco girar no mesmo sentido da manivela, será maior cada divisão do material com o qual se fresará a engrenagem, então teremos menos dentes do que o número arbitrado, e se colocarmos duas engrenagens intermediária resultará em um sentido de giro do disco contrário ao da manivela. Conclusão o sentido do giro determina se a correção é para mais ou para menos.

Quando não se consegue frações semelhantes com uma engrenagem, caso do exemplo, é necessário colocar 4 engrenagens auxiliares contidas no conjunto de rodas dentadas incluídas na fresadora, observar figura a seguir.

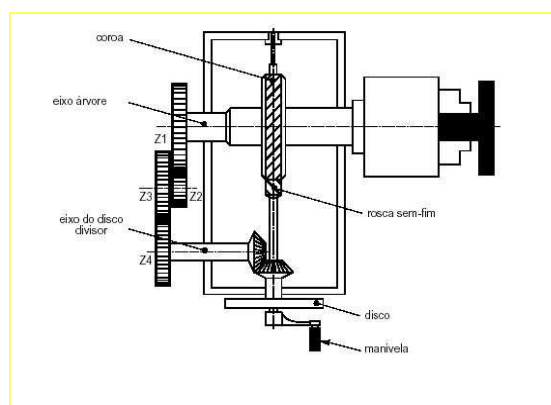


Figura 129: Apresentando conjunto com quatro engrenagens

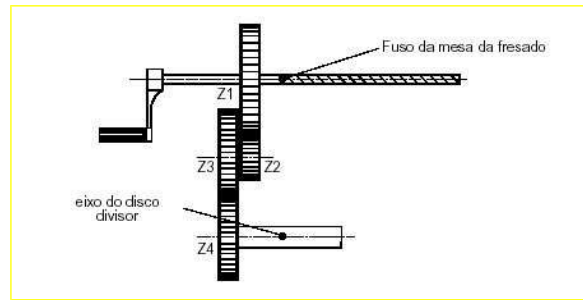


Figura 130 : Detalhe do conjunto com quatro engrenagens

Exercícios:

Calcular o número de voltas na manivela e as engrenagens para fresar, uma engrenagem com 51 dentes e a coroa com 40 dentes.

Calcular o número de voltas na manivela e as engrenagens auxiliares para fresar uma engrenagem com 131 dentes em um divisor com coroa de 40 dentes, neste caso utilizando 4 engrenagens.

Objetivos

- Perceber quando é preciso aplicar a divisão diferencial
- Realizar os cálculos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE TODA A APOSTILA

CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica. Volumes I,II,III. São Paulo: Editora:McGraw-Hill.1994.

Conformação. 2012. Disponível em: < <http://www.cimm.com.br>>. Acesso em: 3 julho 2012.

Curso profissionalizante – Elementos de máquinas – Volume I, II. São Paulo: Editora Globo S.A. Telecurso 2000, Fundação Roberto Marinho

Curso profissionalizante – Processos de fabricação – Volume I,II,III,IV. São Paulo: Editora Globo S.A. Telecurso 2000, Fundação Roberto Marinho.

DOYLE, L.E. Morris, J.L. Leache, J.L. Schrader, G.F.. Processo de Fabricação e materiais para engenheiro. Rio de Janeiro: Editora EDGARD BLUCHER LTDA. 1978.

FREIRE, JOSÉ.M. Tecnologia Mecânica - Fresadora. Volume 4. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

FREIRE, JOSÉ.M. Tecnologia Mecânica - Torno Mecânico. Volume 3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

Fundição. 2012. Disponível em: < <http://www.cimm.com.br>>. Acesso em: 3 julho 2012.

MANRICH, Sílvio. Processamento de Termoplásticos. 10 Edição. São Paulo. Editora Artliber . 2005.

MELCONIAN, Sarkis. Elementos de Máquinas. 4 0 Edição. São Paulo: Editora Érica. 1998.

SIMONETTI, Marcelo J. Processos de Fundição. Sorocaba, Apostila da Universidade Paulista, 2005.

SIMONETTI, Marcelo J. Processos Primários – Conformação e estampos. Sorocaba, Apostila da Universidade Paulista, 2005.

Usinagem. 2012. Disponível em: < <http://www.cimm.com.br>>. Acesso em: 3 julho 2012.

Torneamento: Máquinas ferramentas. Tradução: Orestes Rosolia. s/ ed., São Paulo: Edgard Blüchet, 1974. (Formação profissional e cultura técnica).

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação