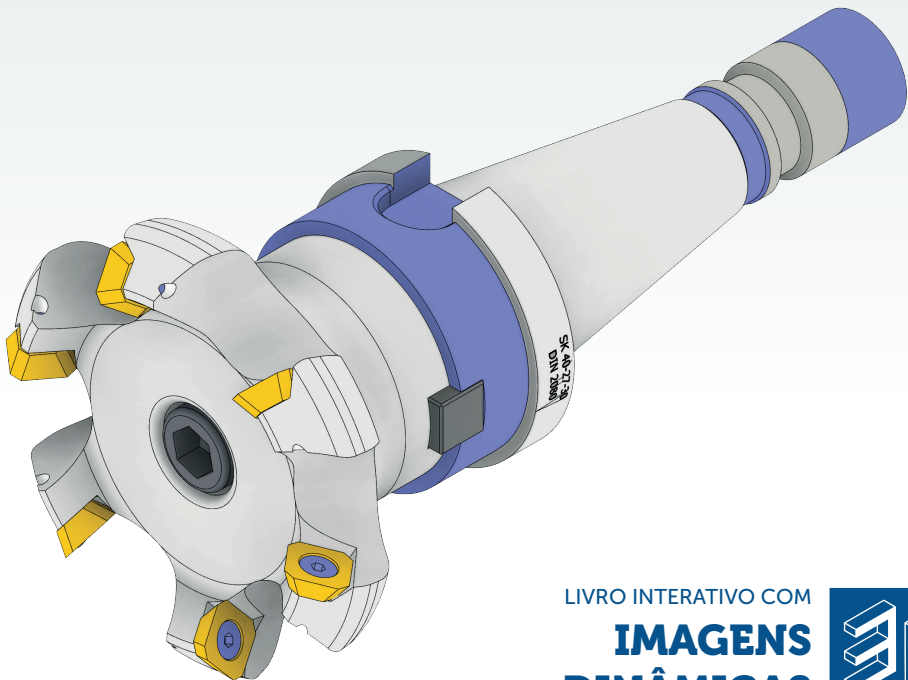

AMÉRICO DOMINGUES

Fresagem Convencional

FUNDAMENTOS E CASOS PRÁTICOS

PROCESSOS DE FABRICO



LIVRO INTERATIVO COM

**IMAGENS
DINÂMICAS**



AUTOR

Américo Domingues

TÍTULO

FRESAGEM CONVENCIONAL – Fundamentos e Casos Práticos

COLEÇÃO

PROCESSOS DE FABRICO

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados
Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

APOIO

CENFIM – Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica · www.cenfim.pt
METALMAKE – Fórum da Metalomecânica · www.metalmake.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN

Delineatura – Design de Comunicação · www.delineatura.pt

IMPRESSÃO

novembro, 2021

DEPÓSITO LEGAL

470587/20



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2021 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU
621.91 Engenharia Mecânica. Fresagem.

ISBN
Papel: 9789899017283
E-book: 9789899017290

Catálogo da publicação
Família: Engenharia Mecânica
Subfamília: Tecnologia / Fabrico

Índice

| | |
|--|-----------|
| Prefácio..... | vii |
| Introdução..... | ix |
| 1. Conceitos Gerais de Fresagem..... | 11 |
| 1.1. Generalidades..... | 13 |
| 1.2. Processos de fresagem..... | 15 |
| 1.3. Fixação das ferramentas..... | 17 |
| 1.4. Fixação das peças..... | 20 |
| 1.5. Processos de divisão..... | 23 |
| 1.6. Parâmetros de corte..... | 26 |
| 1.7. Sequências de maquinação..... | 30 |
| 2. Instrumentos de Medida..... | 33 |
| 2.1. Paquímetro..... | 35 |
| 2.2. Micrómetro..... | 39 |
| 2.3. Micrómetro de interiores..... | 41 |
| 2.4. Micrómetro de profundidade..... | 42 |
| 2.5. Micrómetro interior de três pontas..... | 43 |
| 2.6. Paquímetro de engrenagens..... | 45 |
| 2.7. Suta..... | 47 |
| 2.8. Esquadro..... | 49 |
| 2.9. Régua ou escala..... | 51 |
| 2.10. Calibres..... | 52 |
| 2.11. Relógio comparador..... | 55 |
| 2.12. Escantilhão de raios..... | 56 |
| 2.13. Escantilhão de roscas (ou conta fios)..... | 57 |
| 2.14. Apalpa folgas..... | 58 |
| 2.15. Graminho..... | 59 |
| 2.16. Riscador..... | 61 |
| 3. Casos Práticos Resolvidos..... | 63 |
| 3.1. Desenhos de definição..... | 65 |
| 3.1.1. Sistema de aperto..... | 66 |

| | |
|--|------------|
| 3.1.1.1. Fêmea T..... | 66 |
| 3.1.1.2. Barra..... | 110 |
| 3.1.1.3. Calço..... | 170 |
| 3.1.1.4. Parafuso M12..... | 211 |
| 3.1.2. Cavedal..... | 220 |
| 3.1.3. Abertura dos dentes de uma roda dentada..... | 256 |
| 3.1.4. Gaveta de molde..... | 281 |
| 3.1.4.1. Gaveta..... | 282 |
| 3.1.4.2. Régua..... | 333 |
| 4. Trabalhos Práticos Propostos | 357 |
| 4.1. Chumaceira..... | 359 |
| 4.2. Batente de porta..... | 362 |
| 4.3. Molde móvel com inserção..... | 366 |
| 4.4. Retificador de mós..... | 369 |
| 5. Tolerâncias e Qualidades de Fabrico | 375 |
| 5.1. Conceitos gerais..... | 377 |
| 5.2. Tolerância dimensional..... | 378 |
| 5.3. Desvios..... | 378 |
| 5.4. Tolerância..... | 381 |
| 5.5. Sistema de tolerâncias e ajustamentos ISO..... | 383 |
| 5.6. Toleranciamento geral..... | 385 |
| 5.7. Qualidades de fabrico e tolerâncias na furação e mandrilagem..... | 386 |
| 5.8. Tolerâncias em elementos roscados | 387 |
| 5.9. Toleranciamento geométrico | 389 |
| Índice de Figuras..... | ccxciii |
| Índice de Tabelas..... | cdv |

Introdução

Esta obra surge no contexto de uma forte tradição nacional no fabrico de peças por arranque de apara. A Fresagem aparece como um processo de fabrico de referência na nossa indústria metalomecânica, tendo sido por essa razão escolhida como primeiro tema a ser tratado nesta coleção dedicada aos Processos de Fabrico principais da nossa indústria metalomecânica.

Um dos objetivos principais desta obra inicial da coleção é preservar o conhecimento de muitos e excelentes profissionais que o setor metalomecânico possui. Este livro é, por isso, dirigido a professores, formadores, estudantes e todos os profissionais que pretendam evoluir na sua qualificação na temática do fabrico de peças por arranque de apara.

Outro dos objetivos primordiais é o de fomentar a autoaprendizagem como premissa fundamental à concretização de um modelo de autoformação, defendendo a necessidade de dotar o nosso sistema de formação profissional de recursos técnico-pedagógicos que facilitem e promovam esse modelo. Os métodos de ensino aplicados na formação profissional, em particular, e no ensino, em geral, baseiam-se, comumente, numa perspetiva muito homogénea, pouco individualizada, e com uma vertente expositiva e centrada no formador. Por esse motivo, este livro foi concebido para que se possa fazer uma aprendizagem autónoma através de explanações teóricas e exercícios práticos completamente resolvidos e profusamente ilustrados.

Esta obra apresenta ainda como novidade relevante um conjunto alargado de imagens 3D dinâmicas associadas aos conteúdos do livro. Estas imagens podem ser acedidas e manipuladas a partir de uma ligação a um portal *online*, pelo que estão facilmente disponíveis a partir de um simples telemóvel ou computador, bastando utilizar os *QR Codes* apresentados ao longo do livro.

Apresentando centenas de imagens 3D dinâmicas, esta obra ultrapassa a vertente impressa, permitindo ao leitor aceder a novos formatos, com conteúdos pedagogicamente mais motivantes, proporcionando um progresso mais prático e autónomo na aprendizagem.

O livro desenvolve-se, desta forma, com um núcleo central teórico-prático, apresentando conteúdos e exercícios que são acompanhados de figuras que explicitam visualmente os elementos, processos e tarefas apresentadas. Numa coluna lateral, estas figuras estão referenciadas e respetivamente ligadas a páginas *online*, nas quais ganham uma versão tridimensional, rotativa, móvel e manipulável, ou seja, dinâmica.

Constitui-se, assim, como um verdadeiro livro 3D, cujas instruções são a seguir exemplificadas.



1. Conceitos Gerais de Fresagem

1.1. Generalidades

A fresagem é um processo de fabrico realizado por meio de uma ferramenta rotativa, de secção circular, munida de dentes com arestas cortantes repartidas uniformemente sobre a sua periferia. Esta ferramenta designa-se por fresa. Através deste processo de fabrico obtém-se peças de formas prismáticas (figura 1.1.) nos mais diversos materiais, por exemplo, de aço, ferro fundido, metais não ferrosos e materiais sintéticos, com superfícies planas ou curvas, com entalhes, com ranhuras, com sistemas de dentado, entre outras características.

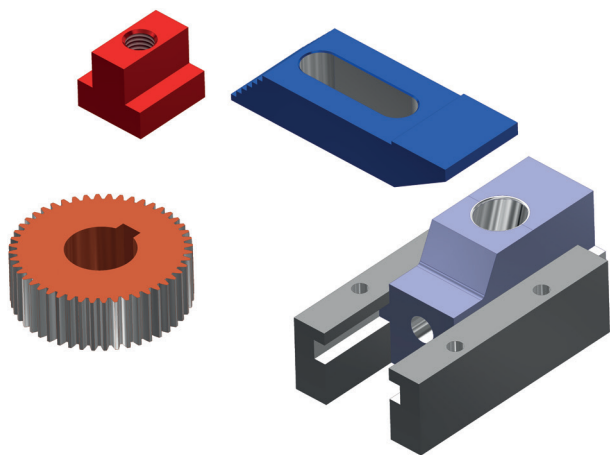


Figura 1.1.

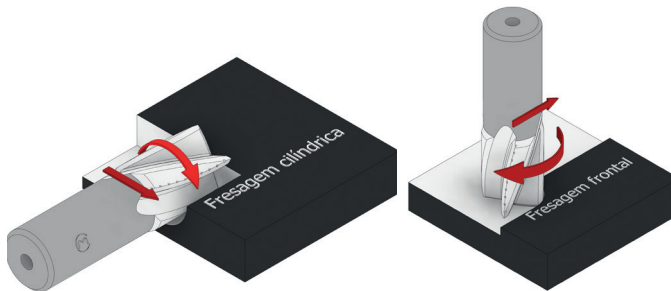
Exemplos de peças.

A operação toma o nome de fresar por se realizar em máquinas-ferramenta designadas fresadoras. As fresadoras são máquinas de grandes recursos e são, juntamente com os tornos mecânicos,

de vida útil. Noutros casos, os gumes de corte são helicoidais e, neste caso, os arranques da apara sucedem-se de forma contínua. O facto do arranque ser contínuo tem interesse não só para o comportamento do material e da ferramenta e sobretudo para os elementos de acionamento, motor e órgãos da máquina-ferramenta, mas também porque daí resulta uma baixa intermitência que faz prolongar a vida da ferramenta e dos órgãos mecânicos da máquina.

1.2. Processos de fresagem

Pela operação de fresagem pode realizar-se uma grande quantidade de trabalhos de aplainamento, rasgos, perfis, entre outros. Nestes trabalhos, a fresa pode atuar fundamentalmente por dois processos: fresagem cilíndrica e fresagem frontal (figura 1.3).



Na fresagem cilíndrica o eixo da ferramenta é paralelo à superfície a maquinar. A periferia de corte da ferramenta ataca a peça de forma intermitente podendo resultar daí uma superfície de trabalho levemente ondulada. Na fresagem frontal a fresa tem arestas cortantes na periferia e na base ou topo da fresa. A ferramenta corta pela periferia e pelo seu topo, sendo que a superfície de trabalho fica sem ondulação. O eixo da ferramenta é perpendicular à superfície a maquinar.

Figura 1.3.
Fresagem cilíndrica e frontal.

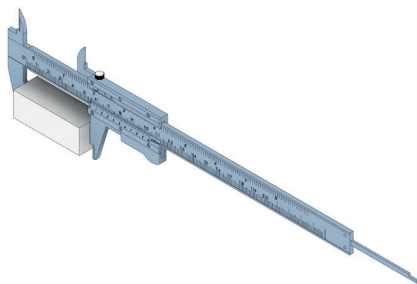
2. Instrumentos de Medida

2.1. Paquímetro

O paquímetro (figura 2.1.) é um instrumento de medida usado quando a quantidade de peças a produzir não justifica um instrumento específico e a precisão requerida não é inferior a 0,02 mm. É um instrumento acabado, de forma fina com as superfícies perfeitamente planas e polidas. O cursor é ajustado à régua, de modo que permita a sua livre movimentação de forma perfeitamente ajustada. O cursor é dotado de uma escala móvel, chamada nónio, que se desloca em frente às escalas da régua e indica o valor da dimensão requerida, tanto em milímetros como em polegadas. O paquímetro da figura executa medições exteriores (figura 2.2.), interiores, profundidades e degraus.



Figura 2.1.
Paquímetro.



O nónio (figura 2.3.) consiste numa escala dividida por N divisões, correspondente a um espaço de $N-1$ divisões da régua principal.

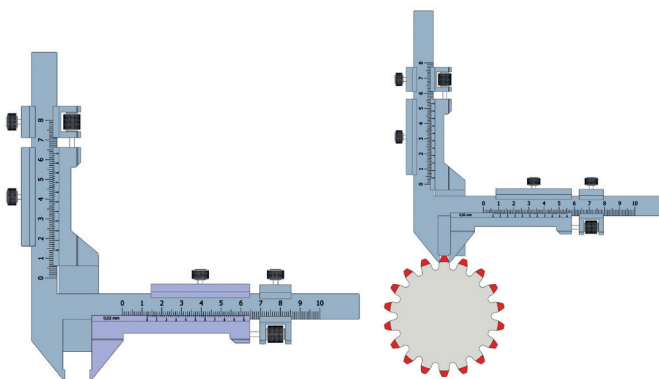
Figura 2.2.
Paquímetro a executar medições exteriores.

de interior, a leitura da escala faz-se da direita para a esquerda e o nónio roda no sentido contrário ao do micrómetro de exteriores.

2.6. Paquímetro de engrenagens

As engrenagens são elementos de máquinas muito importantes. São usadas para a transmissão de movimentos ou de forças e encontram-se em quase todos os mecanismos, aparelhos, máquinas ou motores. As exigências quanto à sua qualidade e precisão são cada vez maiores. Tais exigências levam à necessidade de um controlo cada vez mais eficiente. Um controlo eficiente das engrenagens consiste principalmente na verificação da sua fabricação, permitindo assim aperfeiçoá-la. A interpretação dos resultados das medições efetuadas permite descobrir e eliminar as fontes de erro.

A medição da espessura dos dentes de engrenagens faz-se com um paquímetro especial, constituído por duas escalas perpendiculares entre si, e normalmente designado por paquímetro de engrenagens (figura 2.21.).



A espessura dos dentes da engrenagem é feita no diâmetro primitivo, entre os pontos **1** e **2** conforme indicado na figura 2.22.

Figura 2.21.
Paquímetro de engrenagens.

3. Casos Práticos Resolvidos

Neste capítulo vamos abordar de forma detalhada a maquinação de alguns componentes e conjuntos mecânicos. Os casos práticos são apresentados passo a passo, profundamente ilustrados, o que facilita uma aprendizagem em autonomia.

Vamos executar dois conjuntos, o primeiro designado por **sistema de aperto** e o segundo por **gaveta para molde**.

Neste capítulo vamos ainda analisar detalhadamente a maquinação de dois componentes isolados, o primeiro designado por **cavedal**, que é um componente muito usado como elemento fundamental para apoio e aperto de outras peças, e o segundo uma **roda dentada**, que é sem dúvida um dos elementos icónicos na indústria metalomecânica. Em relação à **roda dentada** vamos só talhar os dentes.

Nota: Uma vez que este capítulo conta com um elevado número de figuras, as mesmas não terão legenda.

3.1. Desenhos de definição

Nos desenhos seguintes estão representados os dois conjuntos e os dois componentes mecânicos, cujas operações de fabrico serão detalhadamente descritas.

Nos desenhos de fabrico, ao longo deste capítulo, serão representados dois conjuntos e dois componentes mecânicos, cujas operações de fabrico serão detalhadamente descritas e ilustradas.

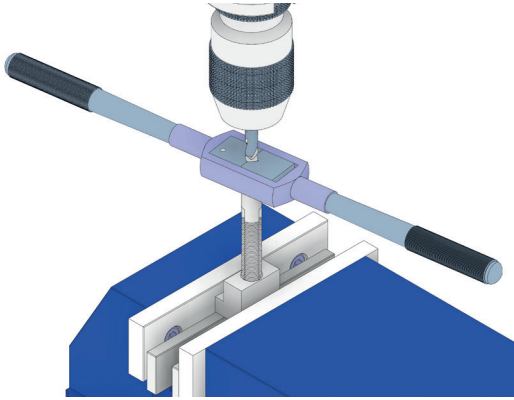
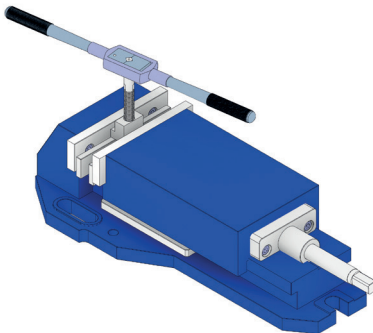


Figura 3.113.

Rode o desandador uma volta para direita e um quarto de volta para esquerda, proceda desta forma até roscar a totalidade do furo. Se utilizar a coluna de furação da fresadora ferramenteira, terá de ajustar sempre o ponto ao macho; se não tiver coluna de furação, deverá ajustar com o movimento de subida da mesa para garantir a verticalidade do macho.

76. De seguida, introduza o segundo macho que já não precisa de ponto para o respetivo alinhamento repetindo o mesmo procedimento, uma volta para a direita e um quarto de volta para a esquerda.

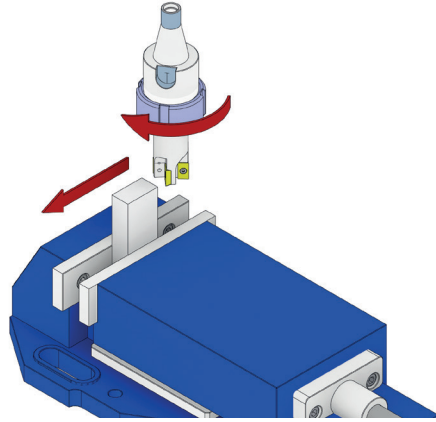


77. Passe o terceiro macho roscando sempre para a direita.

Figura 3.114.



Figura 3.177.

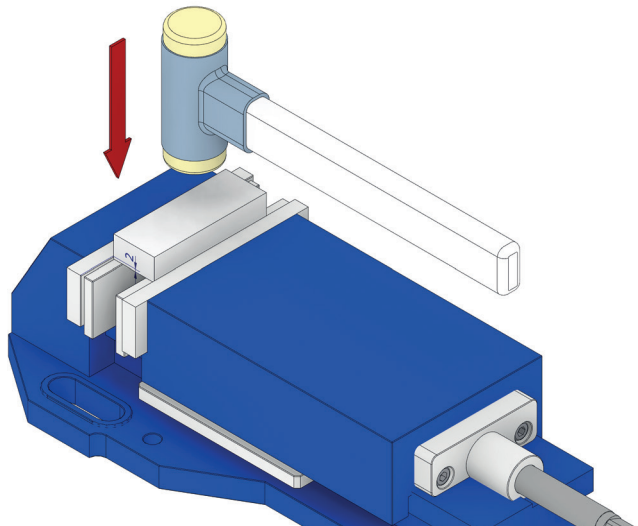


40. Verifique o estado das pastilhas e proceda ao acabamento de todas faces tirando 0,25 mm em cada uma das faces.

41. Aperte novamente a peça, pela primeira e segunda face, apoiada nos calços. Defina uma altura de aperto de 2 mm. Bata com um maço de *nylon* para a fixação dos calços.



Figura 3.178.



42. Aperte a bucha de aperto rápido com o centrador de mola. Defina uma velocidade de rotação entre 400 e 650 rpm.

77. Desça 2,3 mm em Z, pois iremos deixar 0,2 mm para acabamento à profundidade. Faça zero peça na face de referência indicada, tangenciando com a fresa na face.

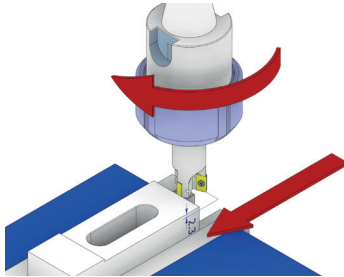


Figura 3.229.

78. Posicione agora a fresa fora do alcance da peça, no movimento transversal, do lado do mordente fixo.

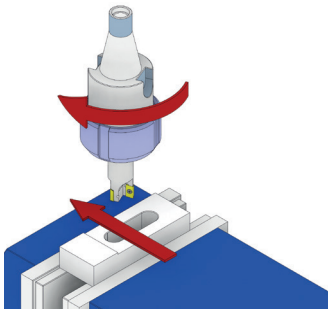


Figura 3.230.

79. Desloque no movimento longitudinal em 14,8 mm, em relação ao zero peça, com este valor de deslocamento deixamos 0,2 mm para acabamento, para a cota de 15 mm.

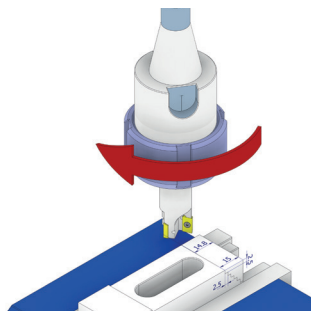


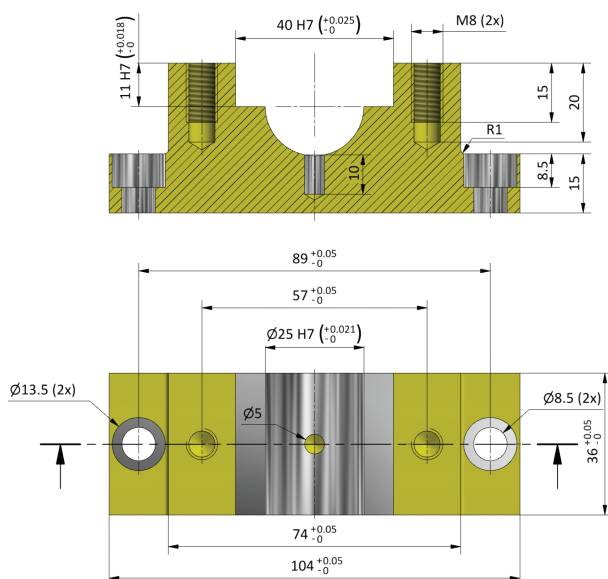
Figura 3.231.

4. Trabalhos Práticos Propostos

Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos práticos que podem ajudar a sedimentar os conhecimentos adquiridos nos capítulos anteriores. São propostos quatro conjuntos: **chumaceira**, **batente de porta**, **molde móvel com inserção** e **retificador de mós**.

Nota: Uma vez que este capítulo conta com figuras referentes a trabalhos práticos, não terão legenda.

4.1. Chumaceira



Toleranciamento geral
ISO 2768-FH
ISO 8015

Quebrar as arestas 0.5x45°

Figura 4.1.

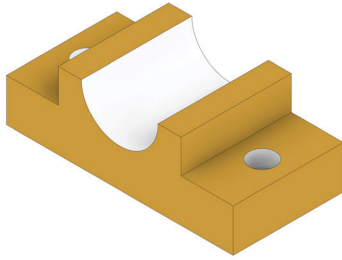
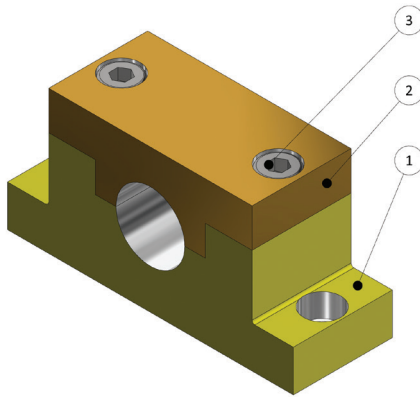


Figura 4.4.



| | | |
|--------|------------|---------------------------------|
| 1 | 1 | Base da chumaceira |
| 2 | 1 | Tampa da chumaceira |
| 3 | 2 | Parafuso CHC ISO 4762 - M8 x 20 |
| Número | Quantidade | Designação |

Figura 4.5.

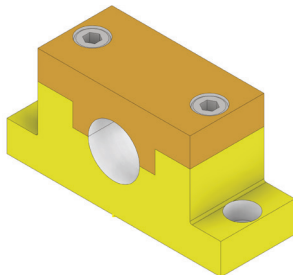


Figura 4.6.

5. Tolerâncias e Qualidades de Fabrico

Os processos de fabrico, sobretudo os de arranque de apara, estão sujeitos a imprecisões, o que impossibilita o fabrico de qualquer peça de forma rigorosa de acordo com as cotas nominais estabelecidas. Estas imprecisões, maiores ou menores consoante os processos de fabrico escolhidos, levam a que as dimensões finais de fabrico para serem validadas necessitem somente de ficar dentro de um intervalo, definido por uma dimensão máxima e mínima ou por desvios máximo e mínimo em relação à dimensão nominal.

5.1. Conceitos gerais

Qualquer dimensão de uma peça não precisa de corresponder a um único valor, mas sim estar dentro de um intervalo de valores que não compromete a funcionalidade da peça. Estes intervalos são criteriosamente definidos pelo desenhador ou projetista para que peças semelhantes possam ser substituídas entre si, sem que haja necessidade de ajustes.

A prática demonstra que as medidas das peças podem variar, dentro de certos limites, para mais ou para menos, sem que isto prejudique a qualidade ou a sua funcionalidade. Esses desvios aceitáveis nas medidas das peças caracterizam o que chamamos de tolerância dimensional. As tolerâncias vêm indicadas nos desenhos de fabrico, por valores e símbolos apropriados. As peças, em geral, não funcionam isoladamente, trabalham associadas a outras peças, formando conjuntos mecânicos que desempenham funções específicas. Num conjunto, as peças ajustam-se, isto é, encaixam-se umas nas outras de diferentes maneiras, por isso, devemos compreender e reconhecer os tipos de ajustamentos possíveis entre peças de conjuntos mecânicos.

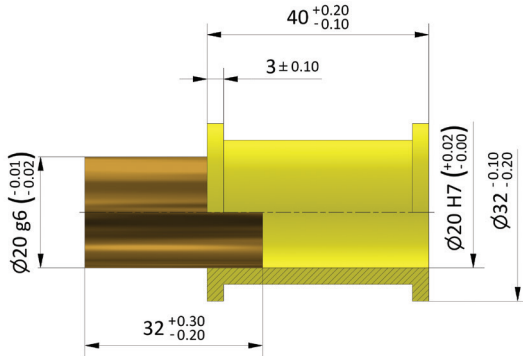


Figura 5.4.

Cotas nominais com diferentes desvios.

5.4 Tolerância

Tolerância é a variação entre a dimensão máxima e a dimensão mínima. Para obtê-la, calculamos a diferença entre uma e outra dimensão. Verifique o cálculo da tolerância no exemplo seguinte (figura 5.6.).

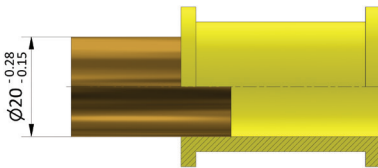


Figura 5.5.

Cálculo da tolerância.

Dimensão máxima = $20,00 + (+0,28) = 20,28$

Dimensão mínima = $20,00 + (-0,15) = 19,85$

Tolerância = Dimensão máxima – Dimensão mínima = $20,28 - 19,85 = 0,43$

Na cota da figura 5.5. a tolerância é 0,43 mm. No exemplo abaixo (figura 5.6.), os dois afastamentos são negativos. Assim, tanto a dimensão máxima como a dimensão mínima são menores que a dimensão nominal e devem ser encontradas por subtração.



CENFIM

CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL DA
INDÚSTRIA METALÚRGICA E METALOMECÂNICA

Cofinanciado por:



PROGRAMA OPERACIONAL
INCLUSÃO SOCIAL
EMPREGO



Cursos Profissionais 2022 Formação para:

NÚCLEOS em:

- Amarante ■ Arcos de Valdevez
- Caldas da Rainha ■ Ermesinde
- Lisboa ■ Marinha Grande
- Oliveira de Azeméis
- Peniche ■ Porto
- Santarém ■ Sines
- Torres Vedras
- Trofa

Agora também com
recurso a Formação
a Distância

EMPRESAS e ADULTOS

FM - Formação Modular Certificada

Ações curta duração | Ciclos de formação

EFA - Cursos de Educação e Formação de Adultos

RVCC - Profissional e

Dupla Certificação

FME - Formação à

Medida para Empresas

JOVENS e ADULTOS (com apoios sociais)

Nível
5

CET - Cursos de Especialização Tecnológica

Protocolos com diversos Estabelecimentos do
Ensino Superior com a atribuição de créditos (ECTS)

Nível
4

APZ - Cursos de APRENDIZAGEM

Confere o 12º Ano + Qualificação Profissional



Possibilidade de
ESTÁGIOS NA EUROPA



SEDE : Rua do Açúcar, 88 . 1950-010 LISBOA

☎ 21 861 01 50 ✉ dir@cenfim.pt

ZONA NORTE: Rua Conde da Covilhã,

Nº1400 . 4100-187 PORTO

Apartado 8006 . 4109-601 PORTO

☎ 22 618 21 64/77 ✉ dir@cenfim.pt



AMÉRICO DOMINGUES

Fresagem Convencional

FUNDAMENTOS E CASOS PRÁTICOS

PROCESSOS DE FABRICO

LIVRO INTERATIVO COM

**IMAGENS
DINÂMICAS**



Sobre a obra

A Fresagem representa um dos principais e mais utilizados processos de fabrico no setor da Metalomecânica, no modo convencional e CNC. A obtenção de peças e de componentes mecânicos baseada em processos de fabrico por arranque de avara, onde se inclui a Fresagem, representa muito da atividade do setor da Metalomecânica. Um profissional que trabalhe ou deseje vir a trabalhar neste setor tem que obrigatoriamente ser detentor de um conjunto de conhecimentos técnicos que esta obra procura disponibilizar.

Profusamente ilustrado, o livro oferece uma real possibilidade para uma aprendizagem segura e autónoma, já que todos os exercícios práticos se encontram totalmente resolvidos e ilustrados e todas as tarefas se encontram descritas de forma detalhada. Esta obra oferece ainda, para além do seu modo convencional de aprendizagem, o acesso do leitor ou formando a uma biblioteca de imagens 3D dinâmicas, que podem ser acedidas *online* a partir de um conjunto alargado de *QR Codes*.

Se num livro convencional as imagens têm um caracter bidimensional, neste pretende-se ir mais além, e oferecer a possibilidade de manipular dinamicamente grande parte das imagens apresentadas, tornando definitivamente este um verdadeiro e interativo livro 3D.

Ao longo da obra são abordados os conceitos gerais de Fresagem, instrumentos de medida, casos práticos de Fresagem, trabalhos práticos propostos, tolerâncias e qualidades de fabrico. Trata-se de um autêntico manual que serve os referenciais dos cursos de educação e de formação profissional do setor, nomeadamente os do CENFIM - Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica, e de outras Escolas Profissionais.

Sobre o autor

Américo Domingues

Formador do CENFIM – Centro de Formação Profissional da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica – durante 30 anos, desenvolve atividade como profissional com larga experiência na área da maquinagem, nomeadamente a fresagem, pantografia, torneamento e retificação em diferentes tipos de indústria, como a de moldes, fundição injetada, fabrico de equipamentos, equipamento ferroviário e retificação de motores.

Apoio



Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-901-728-3



www.engebook.pt

