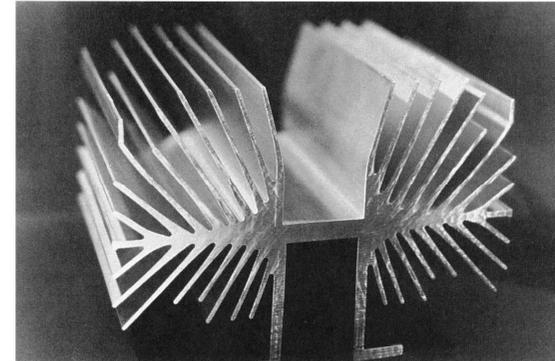
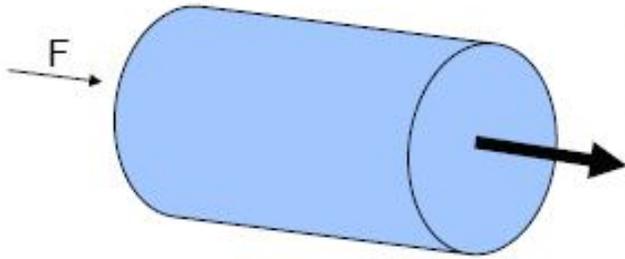
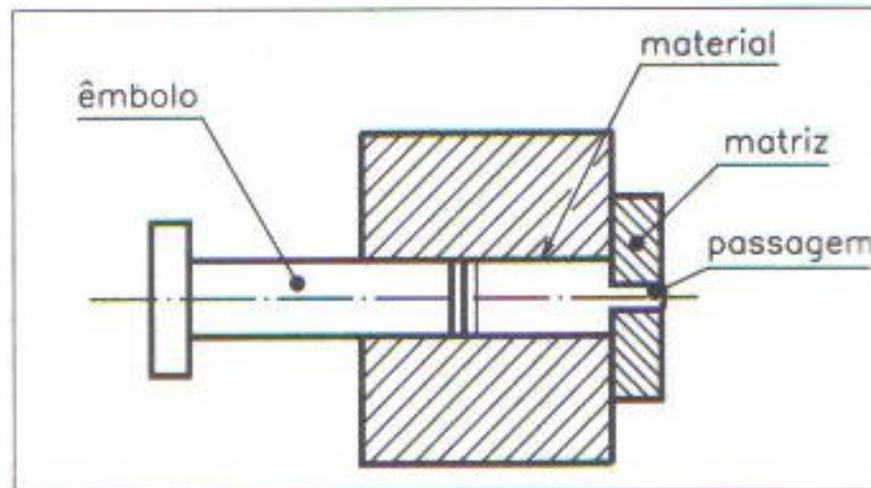


EXTRUSÃO



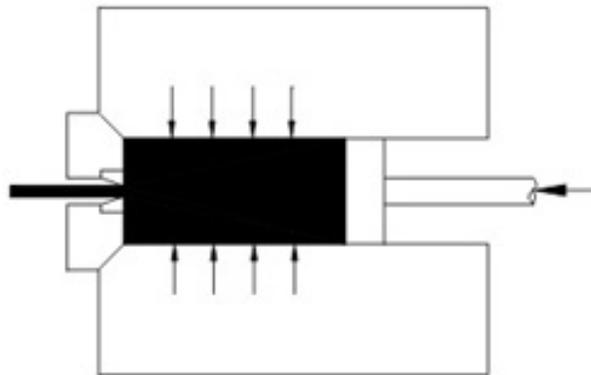
Conceitos Iniciais da Extrusão

- Consiste basicamente em forçar a passagem de um bloco de metal através do orifício de uma matriz.



Mecânica da Extrusão

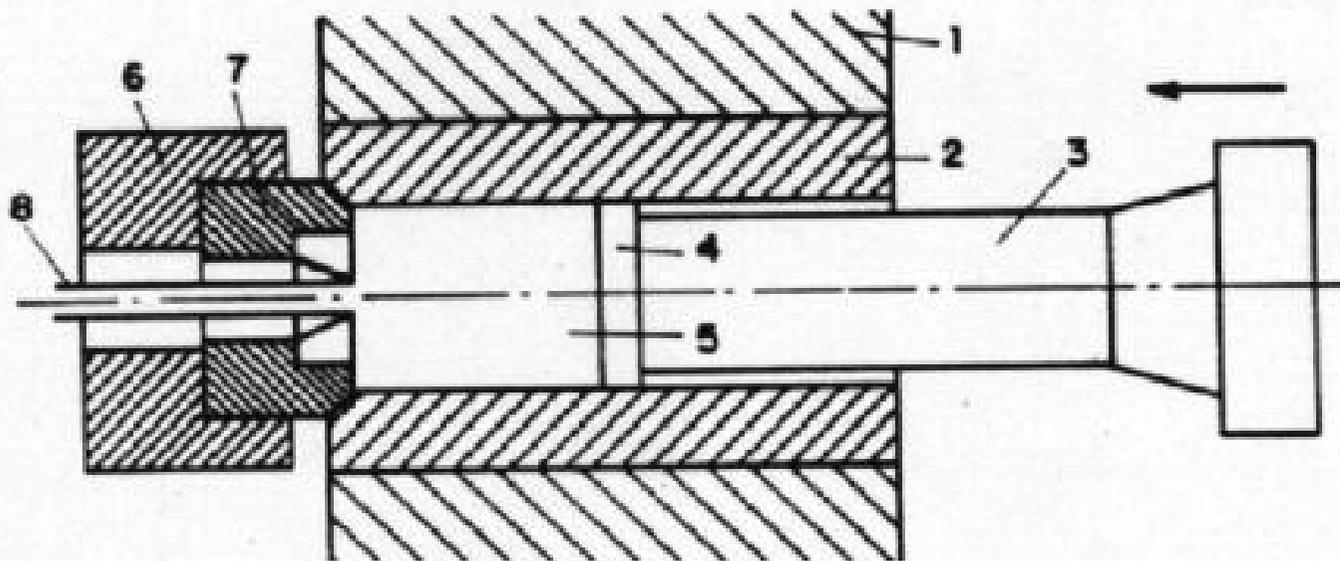
- É classificada como processo de **compressão indireta**, pois são as paredes internas da ferramenta que provocam, devido a reação à pressão do pistão, a ação de compressão sobre o tarugo.



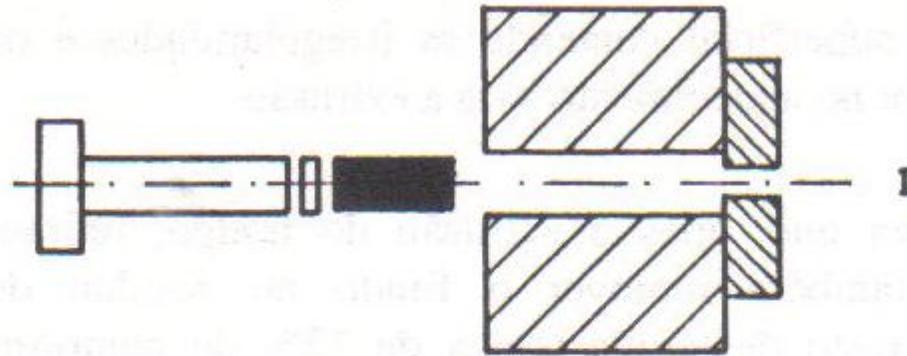
Processo de Extrusão

1. Cilindro externo do recipiente
2. Cilindro interno do recipiente
3. êmbolo
4. disco de pressão

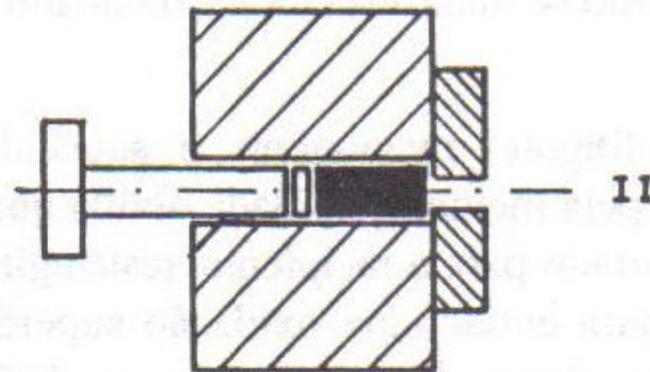
5. tarugo a extrudar
6. bloco de apoio da matriz
7. porta-matriz e matriz
8. extrudado



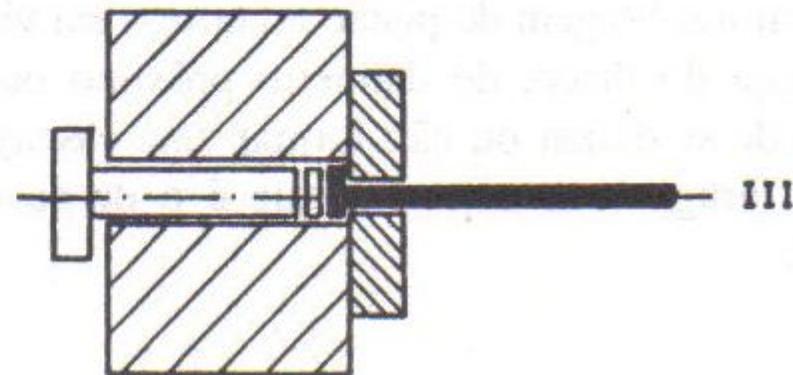
**ALIMENTAÇÃO
DA PRENSA**



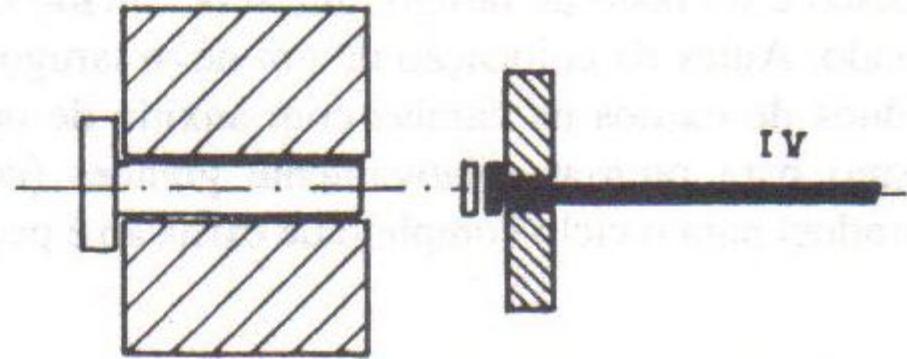
**INÍCIO DA EXTRUSÃO COM
AVANÇO DO PISTÃO**



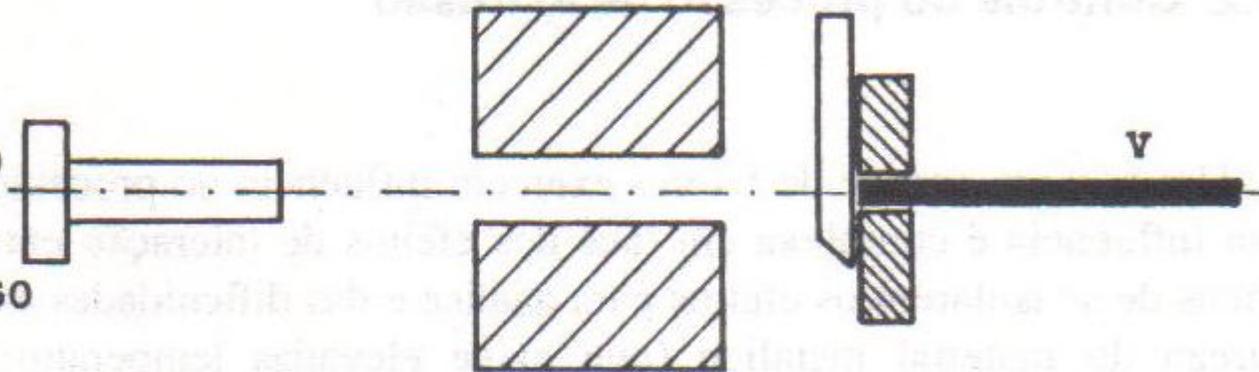
FIM DA EXTRUSÃO



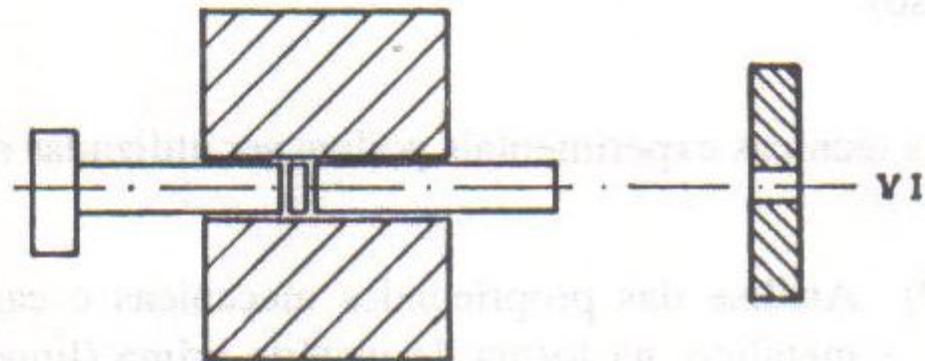
RETIRADA DA FERRAMENTA
E DO EXTRUDADO COM O
RESÍDUO DO TARUGO



RECUO DO PISTÃO
E CORTE DO
RESÍDUO DO TARUGO



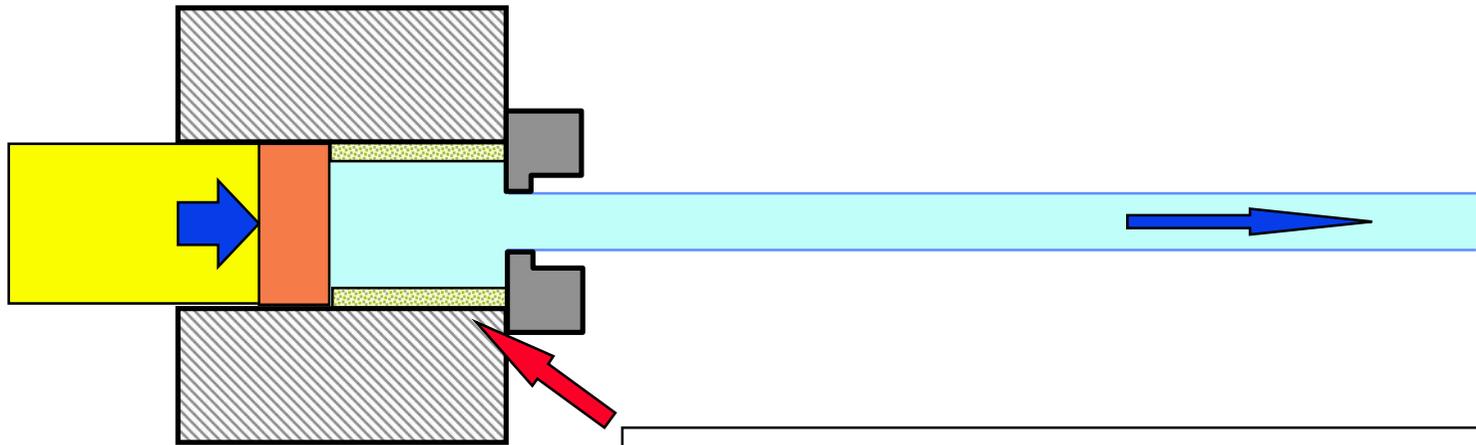
RETIRADA DA CASCA DO
TARUGO COM AVANÇO DO
PUNÇÃO USANDO O DISCO
DE RASPAGEM



Etapas do Processo

- <http://br.youtube.com/watch?v=mle5LpgnVdo>

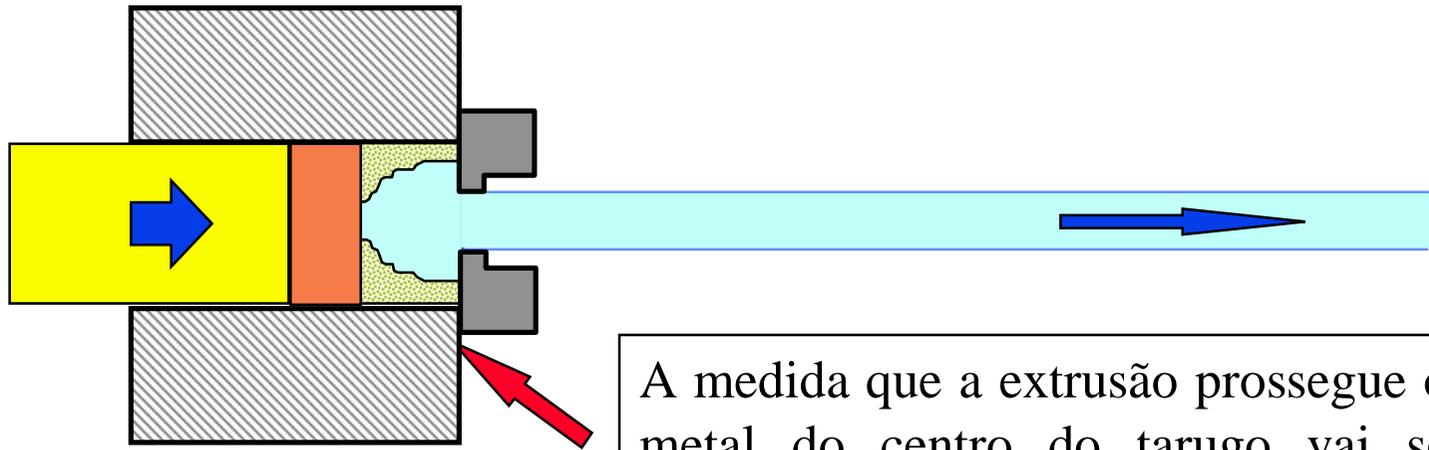
Fluxo de metal no tarugo - Talão



Todo tarugo tem, na sua superfície externa uma camada mais suja, com óxidos, poeira e óleo . No início da extrusão, o tarugo é comprimido contra a parede do recipiente e a superfície externa do tarugo adere contra a parede do recipiente.

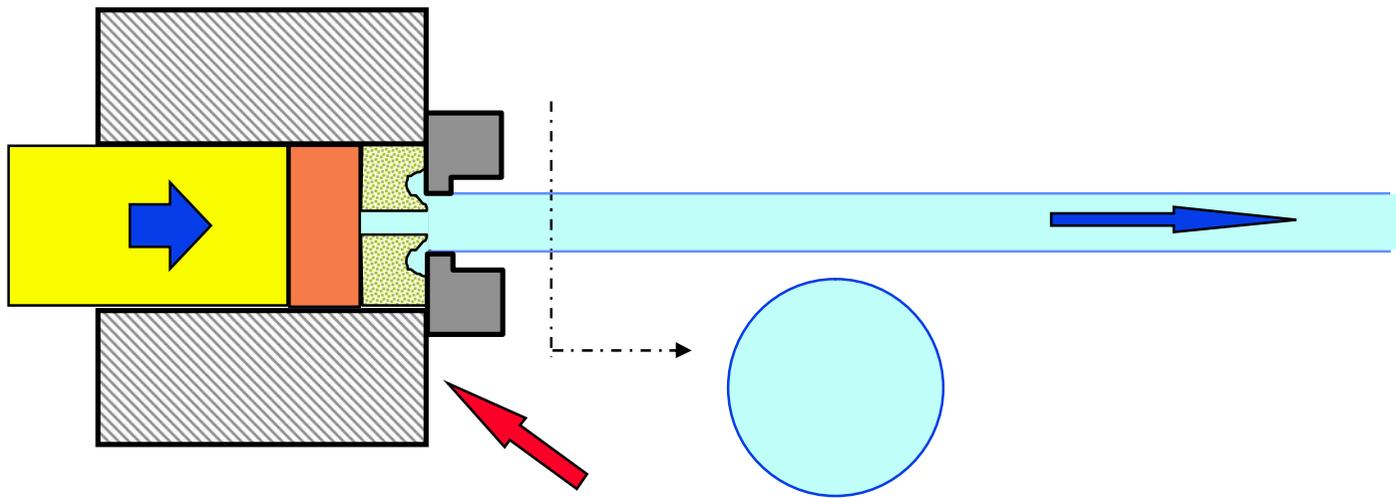
Como consequência, fica mais fácil para o centro do tarugo (mais “limpo”) sair primeiro no início da extrusão.

Fluxo de metal no tarugo - Talão



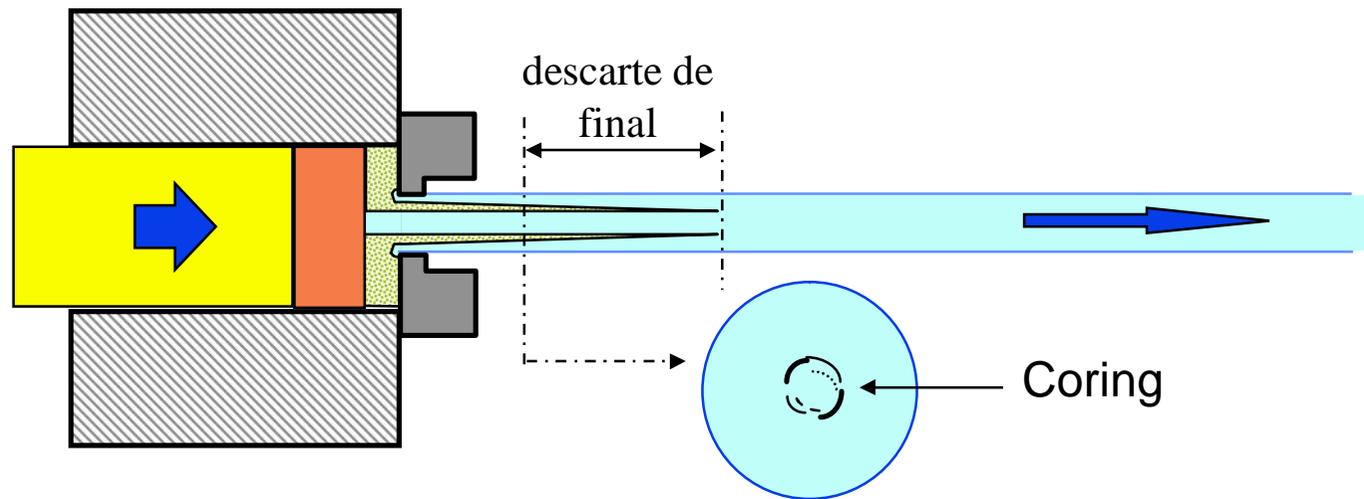
A medida que a extrusão prossegue o metal do centro do tarugo vai se esgotando e a “casca” do tarugo vai acumulando em direção ao disco de pressão.

Fluxo de metal no tarugo - Talão



Quando chegamos próximo ao final da extrusão, praticamente só existe o metal da “casca” do tarugo; nesse ponto, interrompemos a extrusão e cortamos o talão. Se, no ponto indicado pela linha pontilhada, retirarmos uma amostra de macro da barra, veremos que a sua estrutura está “limpa”, sem presença de óxidos

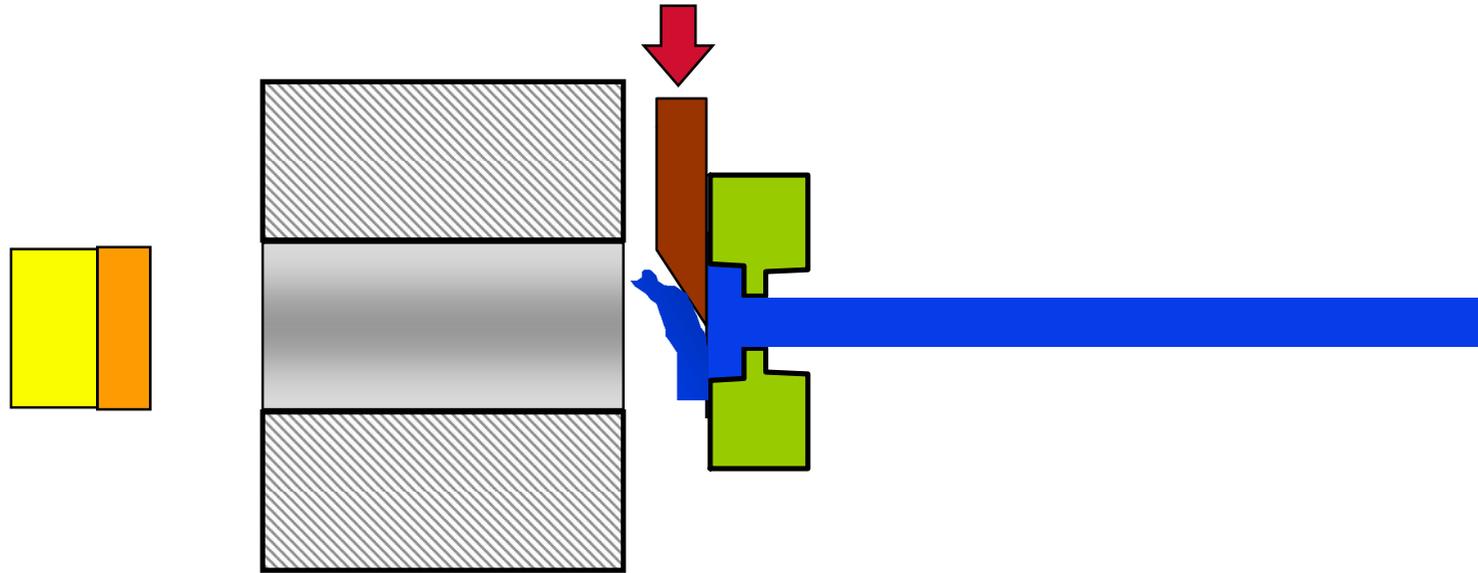
Fluxo de metal no tarugo - Talão



Se continuarmos a extrusão, os óxidos e a sujeira do tarugo penetrará na barra extrudada e se tirarmos uma amostra de macro na região indicada, veremos um anel de óxido no interior da peça, o que chamamos de **“coring”**.

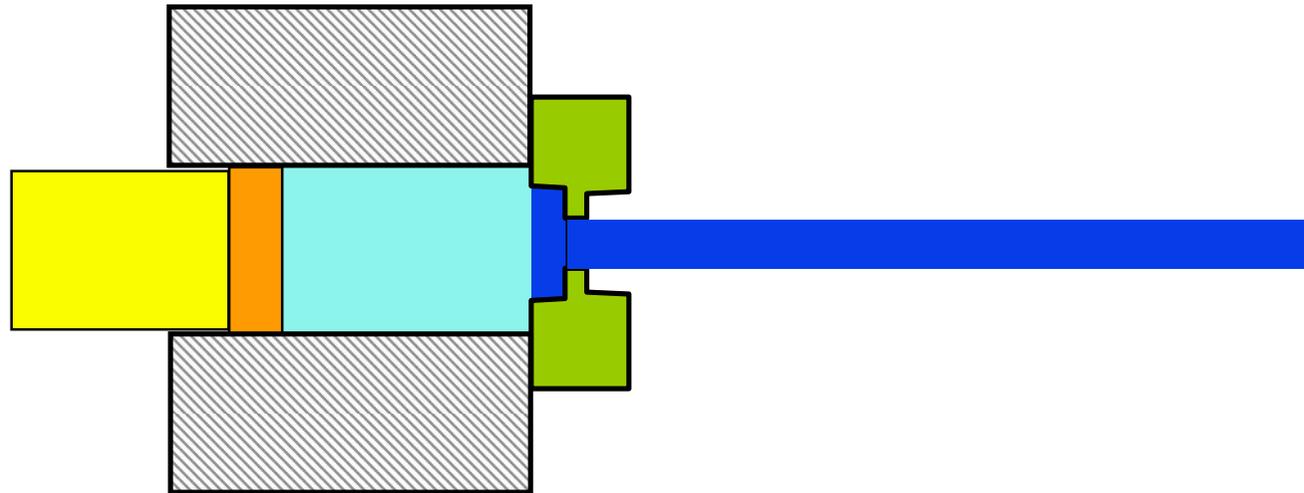
As vezes é necessário extrudarmos uma porção maior do tarugo do que está especificado na Prática Padrão; nesse caso teremos que fazer **descarte de final**

Descarte de Início de Extrusão



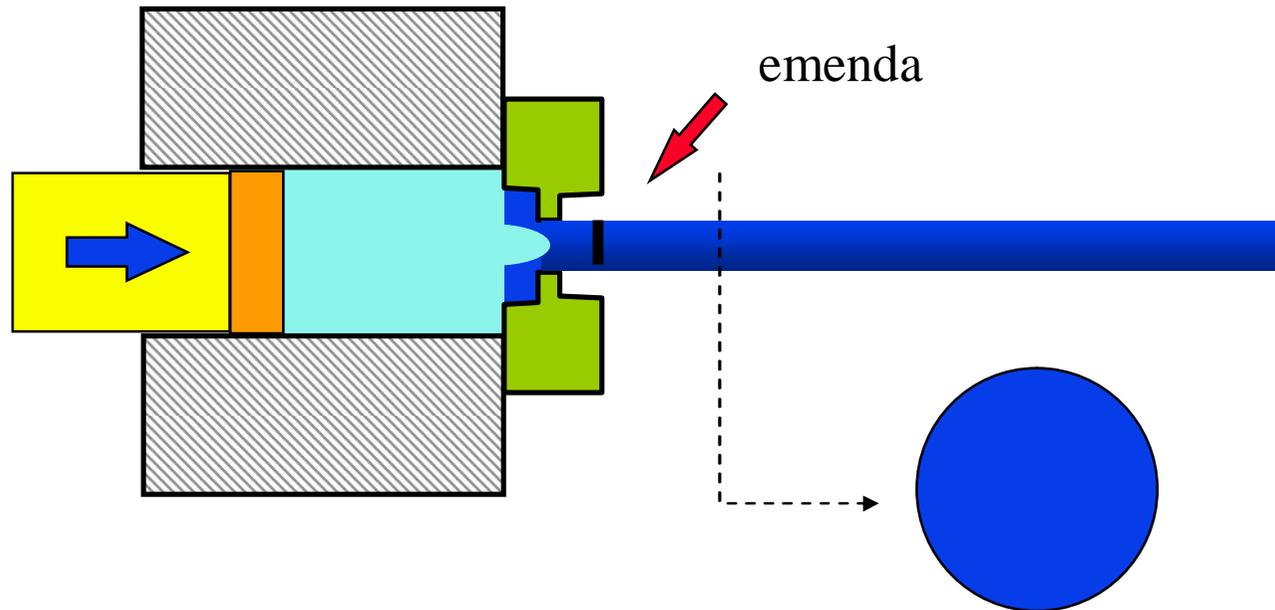
Quando utilizamos na extrusão ferramentas tubulares ou com “feeder”, no final da extrusão de um tarugo, o talão é cortado, mas deixa um resto de metal do tarugo “velho” na câmara do feeder, para garantir a emenda do perfil

Descarte de Início de Extrusão



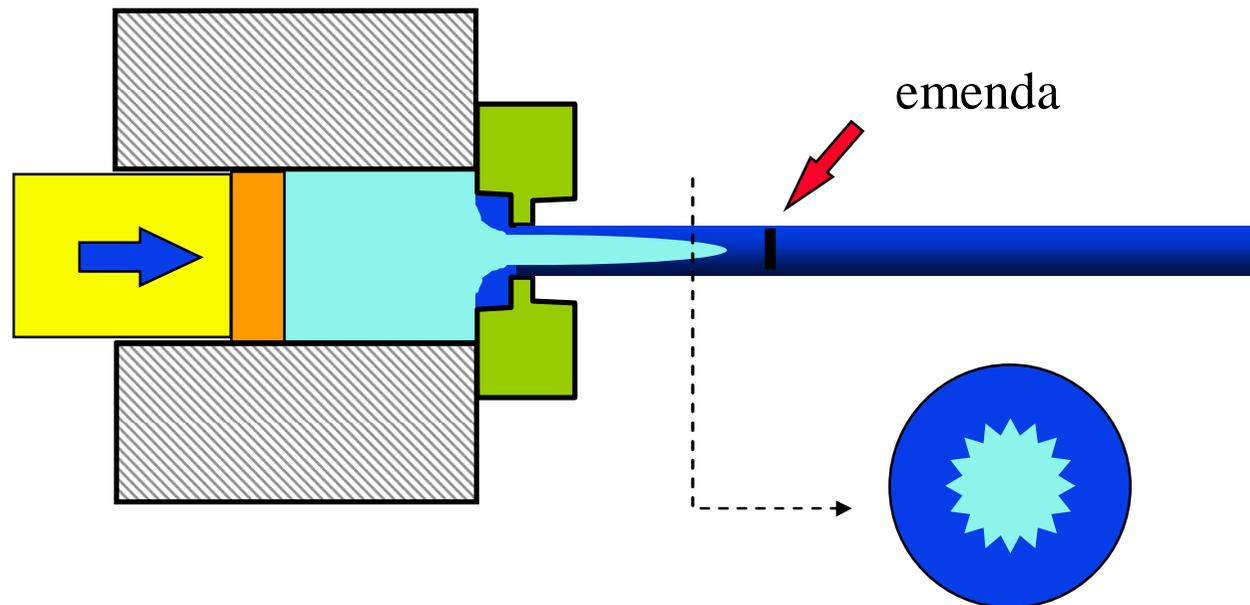
... em seguida um novo tarugo é carregado, iniciando-se mais um ciclo de extrusão.

Descarte de Início de Extrusão



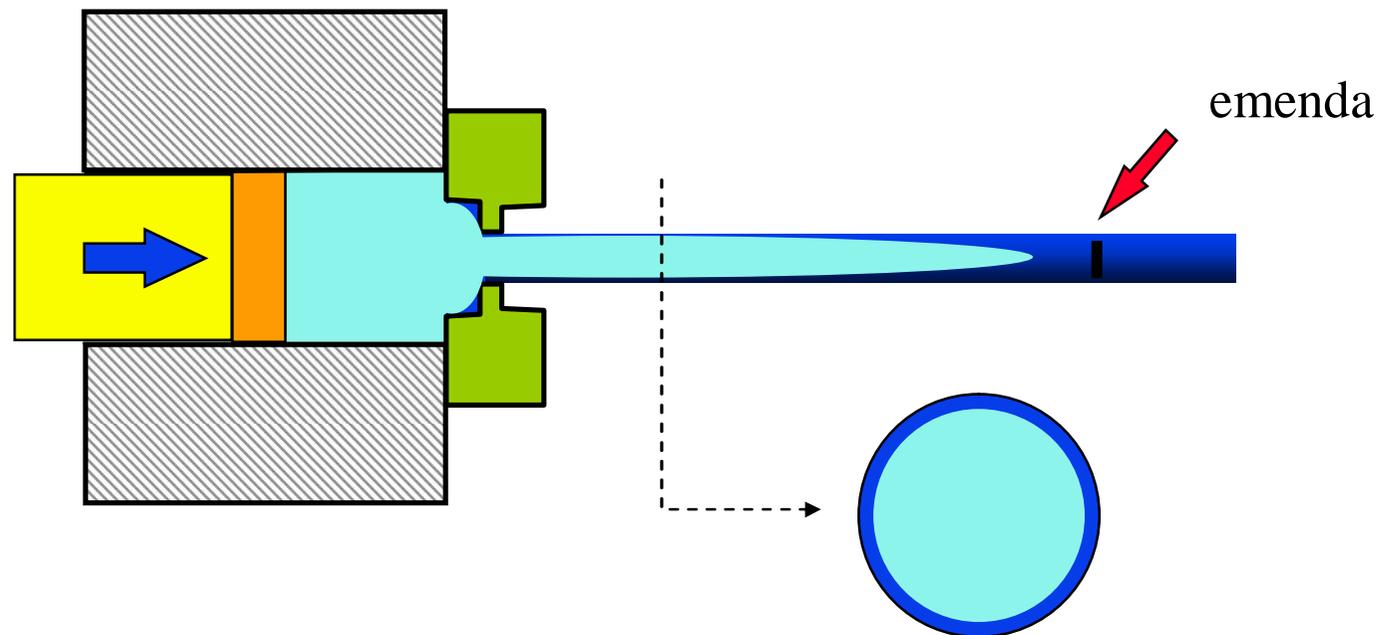
Como já foi comentado anteriormente, o metal do centro do tarugo tem maior facilidade em escoar e quando se inicia a extrusão de um novo tarugo é esse metal que sai primeiro, formando o perfil

Descarte de Início de Extrusão



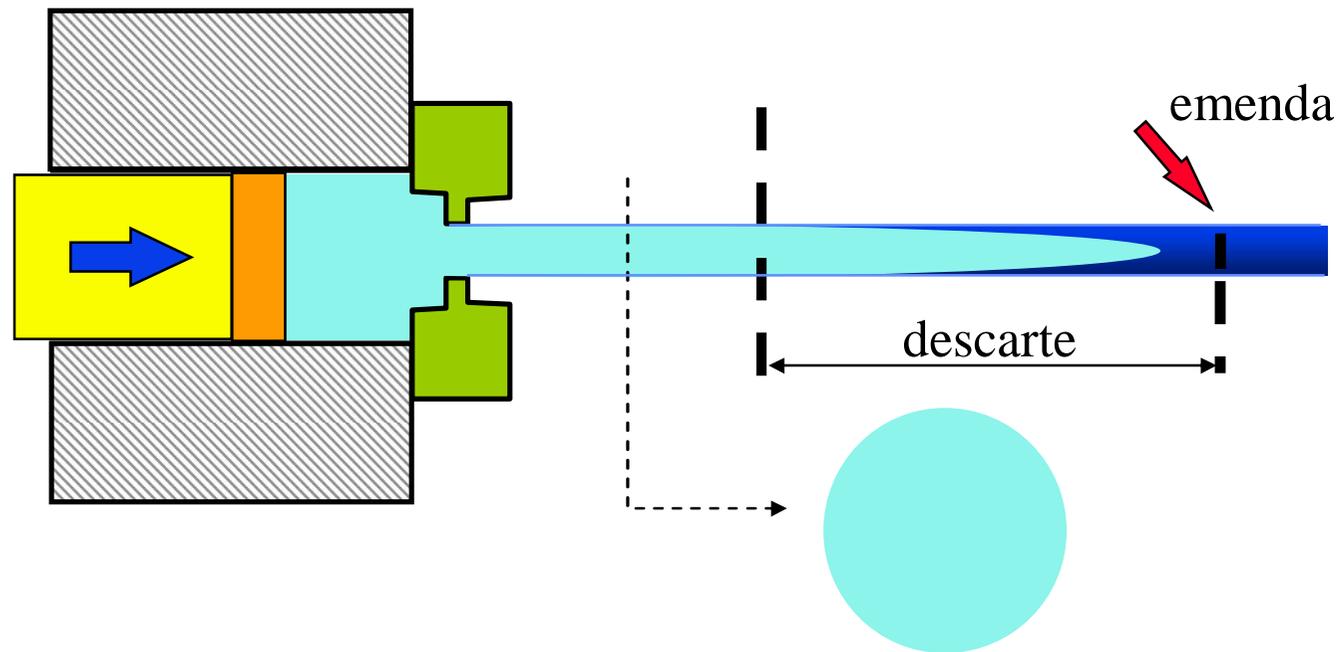
Porém, ainda existe metal do tarugo “velho” que tem que ser extrudado; o que ocorre, então é uma mistura de metais do tarugo “velho” e novo. Como a superfície de contacto entre os dois tarugos está oxidada e suja, não existe uma soldagem perfeita entre os dois metais, o que compromete a utilização do perfil nessas condições (responsabilidade)

Descarte de Início de Extrusão



A medida que o tarugo vai sendo extrudado, o metal “velho” que ainda está na câmara do feeder vai sendo consumido.....

Descarte de Início de Extrusão



...até que chega um ponto em que todo o metal da câmara se esgotou e somente o metal do tarugo “novo” está presente no perfil.

Nesse ponto, é importante eliminar a mistura de metais dos dois tarugos, através do descarte de início de extrusão

Introdução



Introdução

- Obtenção de barras, fios, tubos e perfis de seções irregulares;
- Altas reduções de seção – altas tensões de compressão;
- Normalmente, trabalho a quente;
- Esforço predominante: compressão indireta;
- Operações de desbaste e de acabamento;

Extrusão X Laminação

- **Vantagens:** menor oxidação superficial; produto dimensional e estruturalmente mais homogêneo;
- **Desvantagens:** limitação do comprimento do produto e menor velocidade de trabalho.

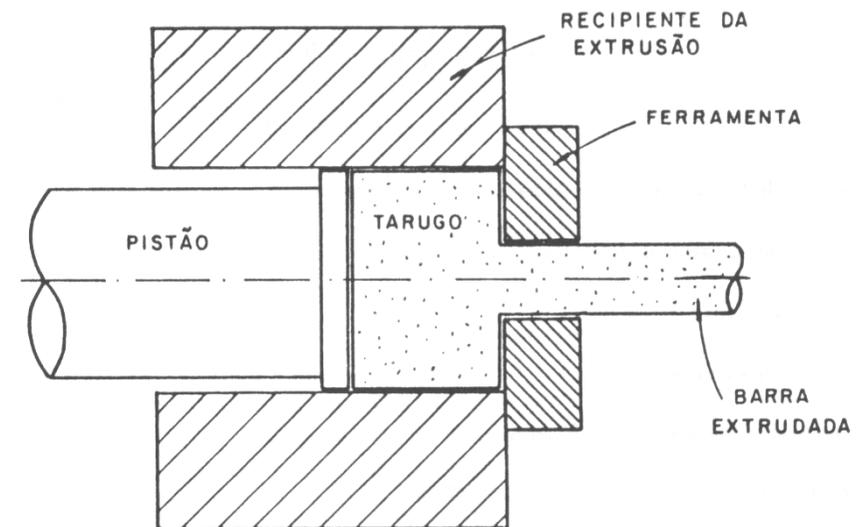
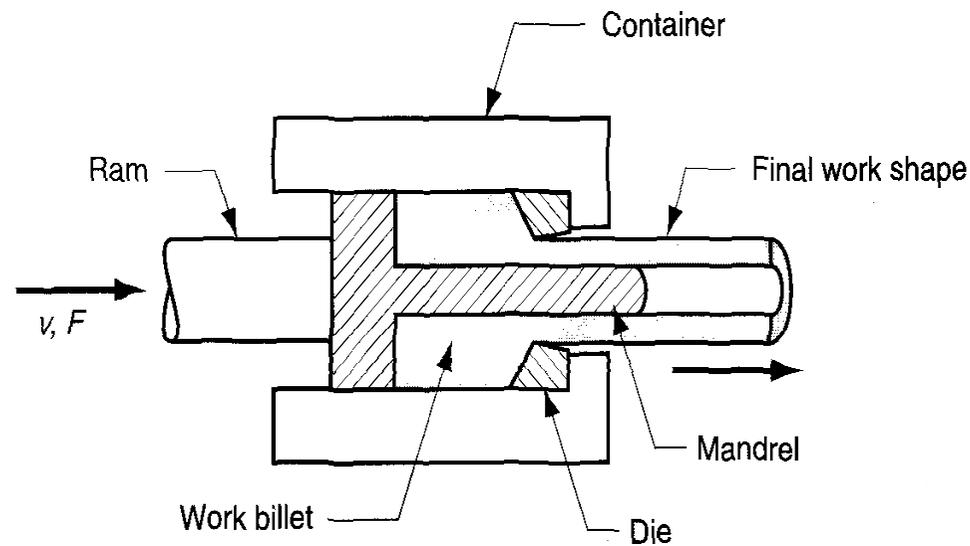


Tipos de Extrusão

- ***Quanto ao tipo de movimento do material em relação a ferramenta:***
 - Extrusão Direta;
 - Extrusão Indireta ou Inversa;
 - Extrusão lateral;
- ***Quanto a temperatura de trabalho:***
 - Quente
 - Frio
- **Quanto ao método de aplicação da carga:**
 - Extrusão convencional;
 - Extrusão por impacto
 - Extrusão hidrostática.

1) Direto:

- movimento do material extrudado no mesmo sentido de avanço do embolo
- com casca, para reduzir o atrito e eliminar superfície contaminada



Extrusão Direta

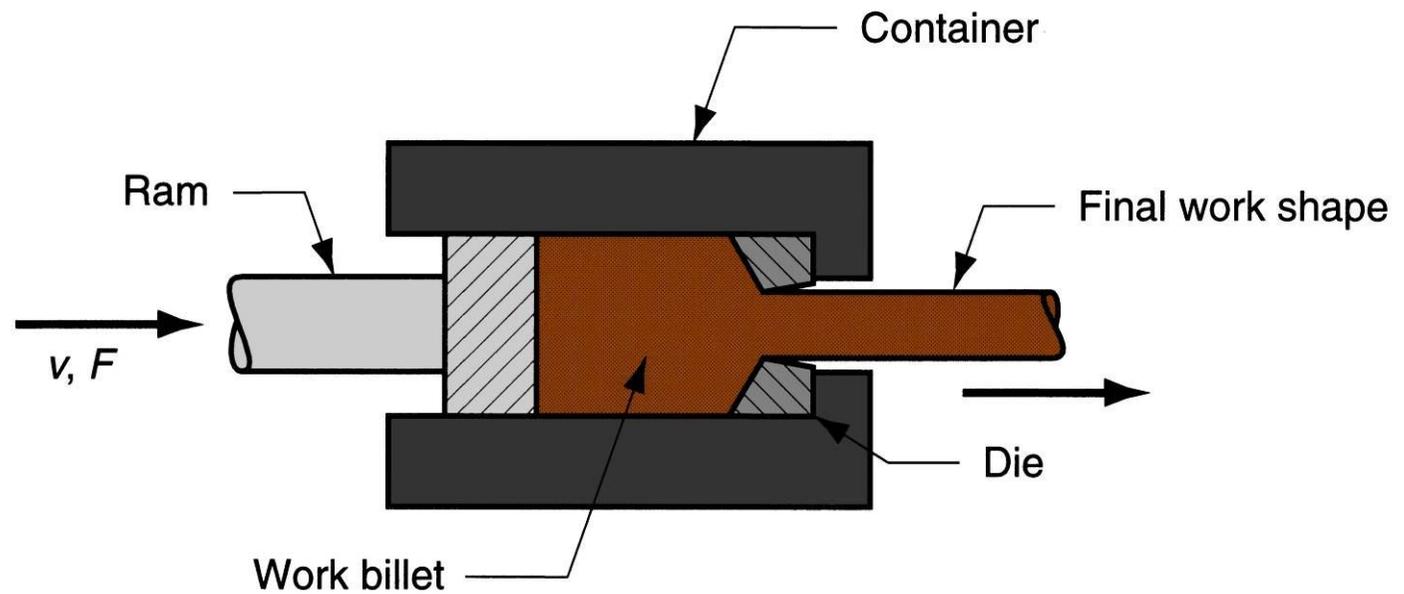


Figure - Direct extrusion.

Extrusão Direta

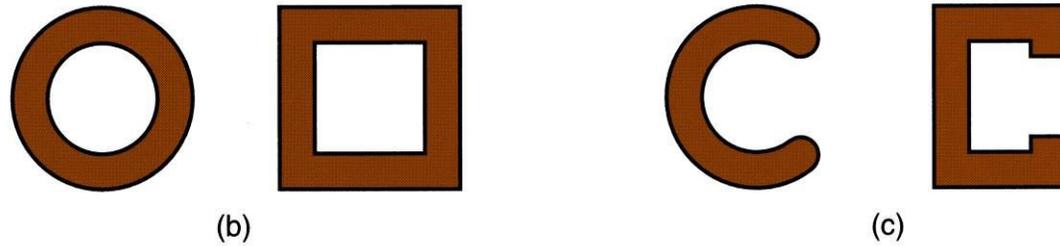
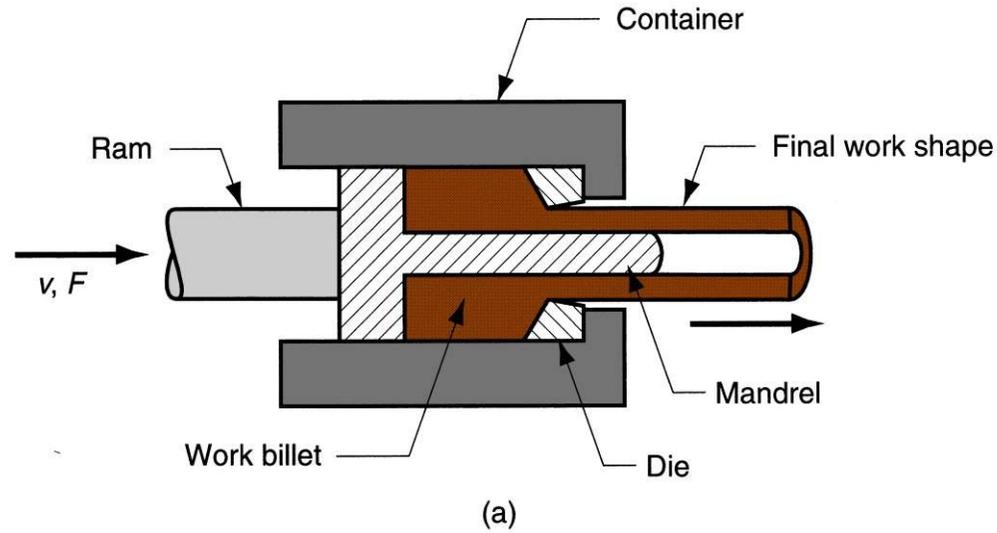
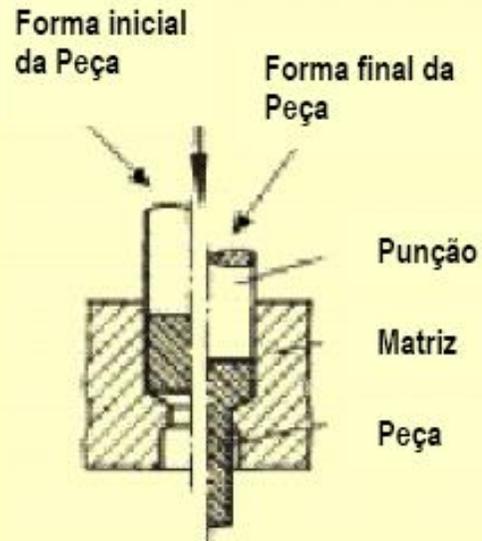


Figure 19.31 (a) Direct extrusion to produce a hollow or semi-hollow cross sections; (b) hollow and (c) semi-hollow cross sections.

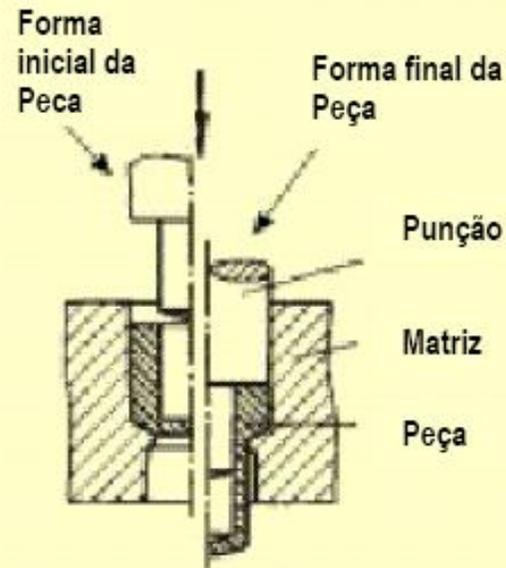
Extrusão direta

Extrusão completa



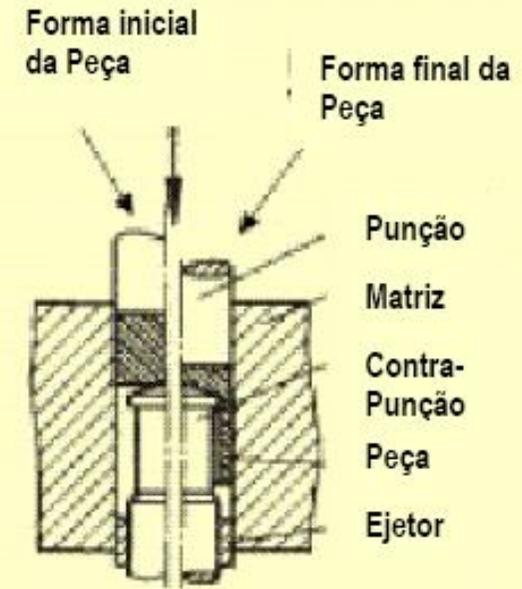
Extrusão direta completa

Extrusão ôca



Extrusão direta ôca

Extrusão copo



Extrusão direta copo

Extrusão Indireta

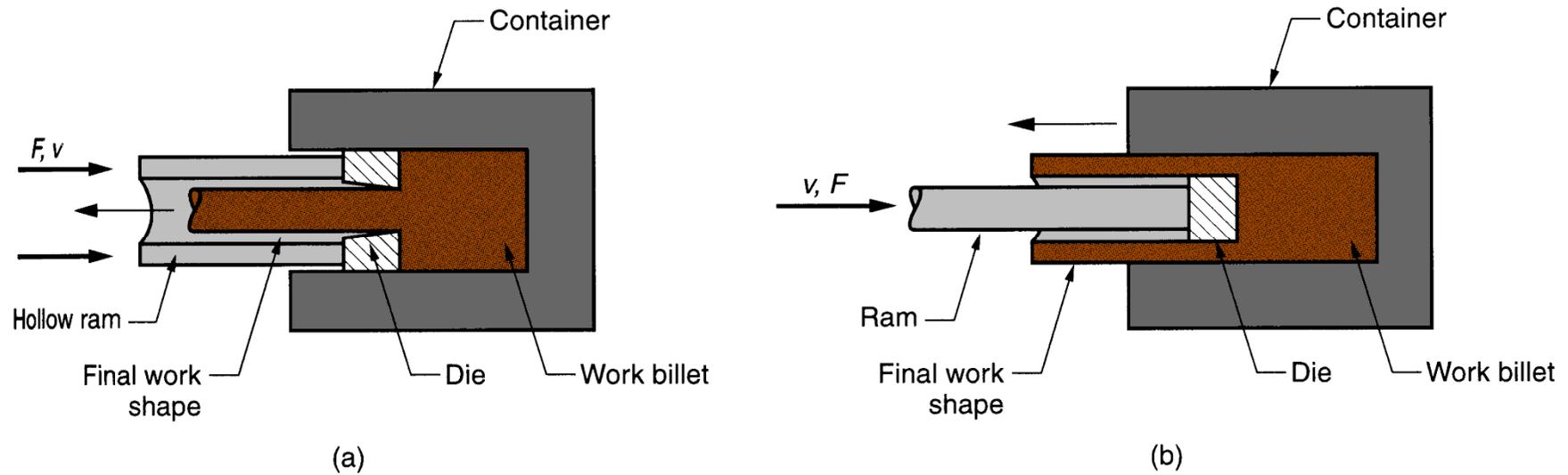


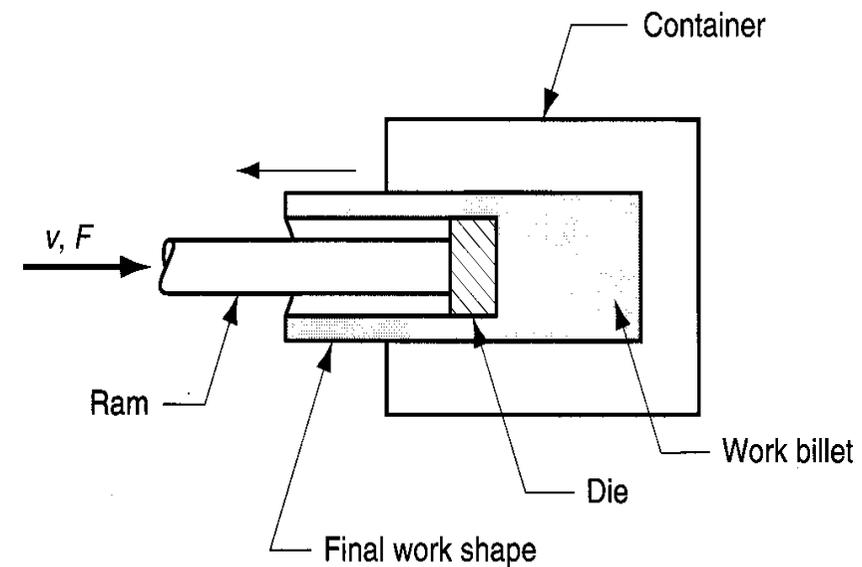
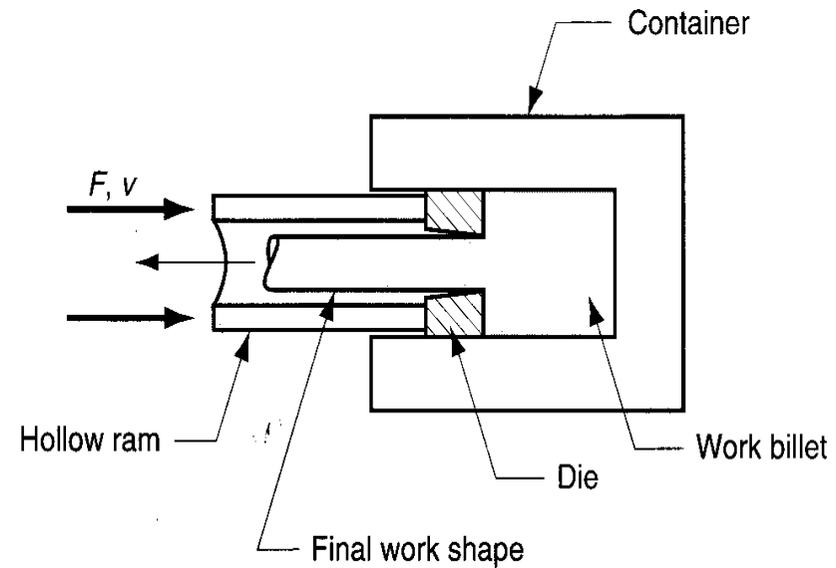
Figure 19.32 Indirect extrusion to produce (a) a solid cross section and (b) a hollow cross section.

2) Indireta:

- movimento do material extrudado no sentido contrário ao de avanço do embolo

- vantajoso, pois não há atrito do tarugo com o recipiente

- limitado, pois o embolo oco (para barras) ou esbelto (para tubos) não permite a obtenção de produtos com seções reduzidas

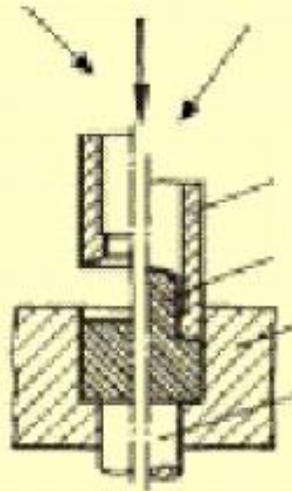


Extrusão Indireta

Extrusão Indireta Completa

Forma inicial da peça

Forma final da peça



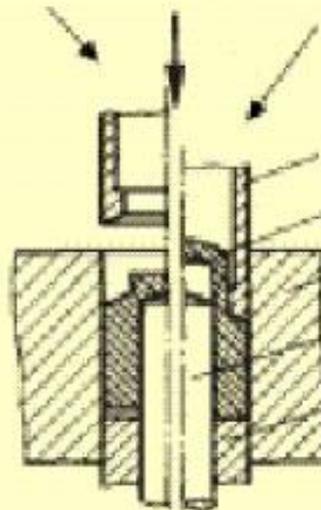
Punção
Peça
Matriz
Ejetor

Extrusão Indireta Completa

Extrusão Indireta ôca

Forma inicial da peça

Forma final da peça



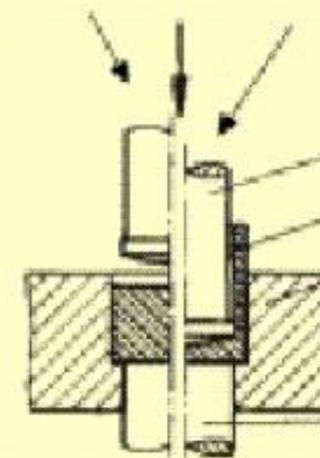
Punção
Peça
Matriz
Contrapunção
Ejetor

Extrusão Indireta ôca

Extrusão Indireta Copo

Forma inicial da peça

Forma final da peça

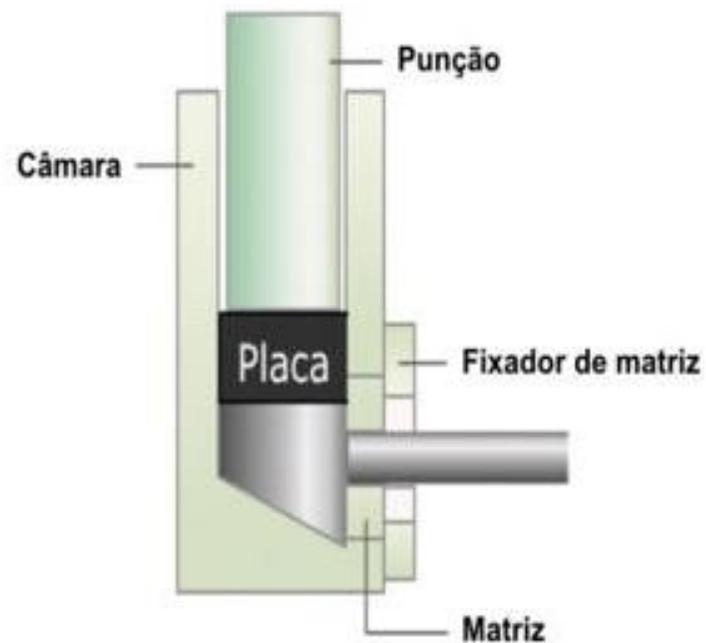


Punção
Peça
Matriz
Ejetor

Extrusão Indireta Copo

Extrusão Lateral

- O material do tarugo é forçado através de abertura lateral da câmara. Os eixos do punção e da peça têm diferentes direções (ângulo reto).

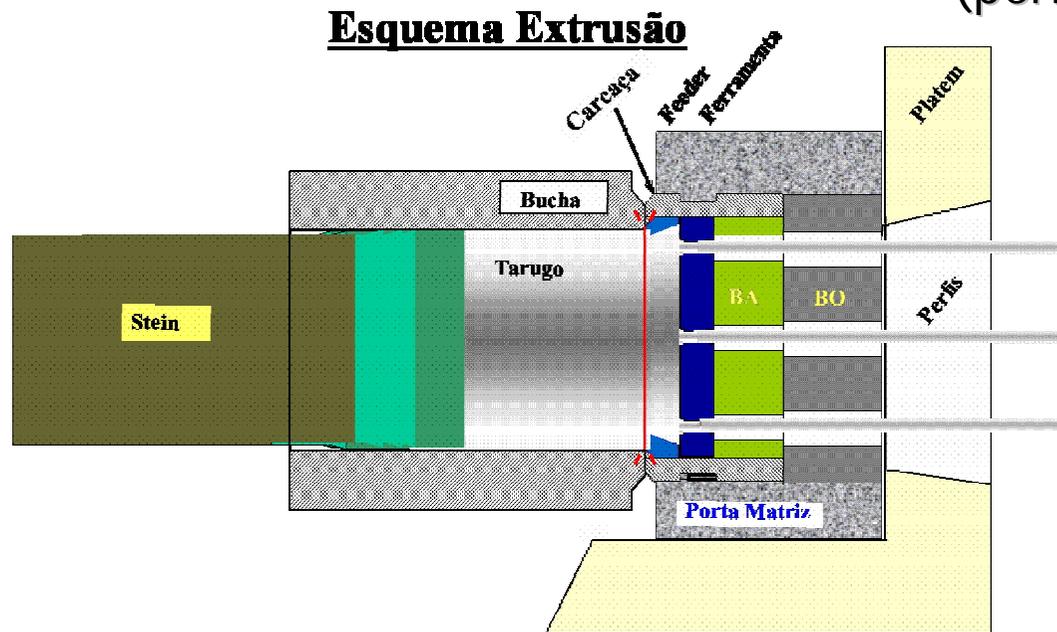


Tipos de Extrusão

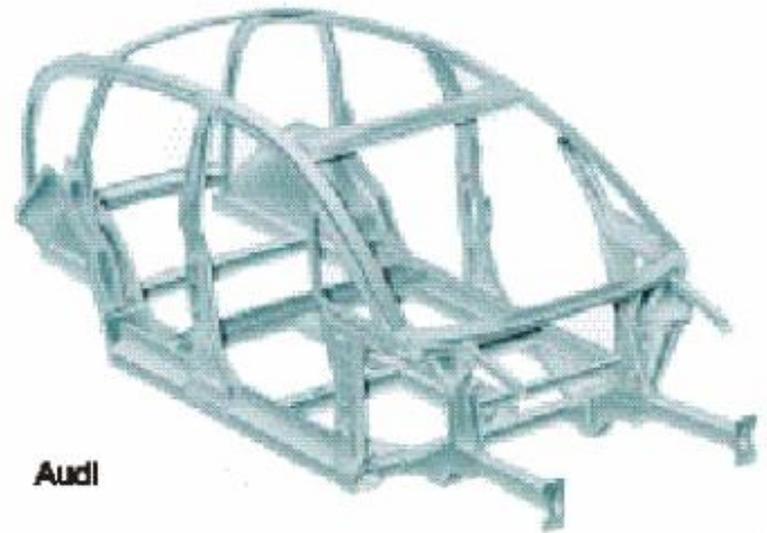
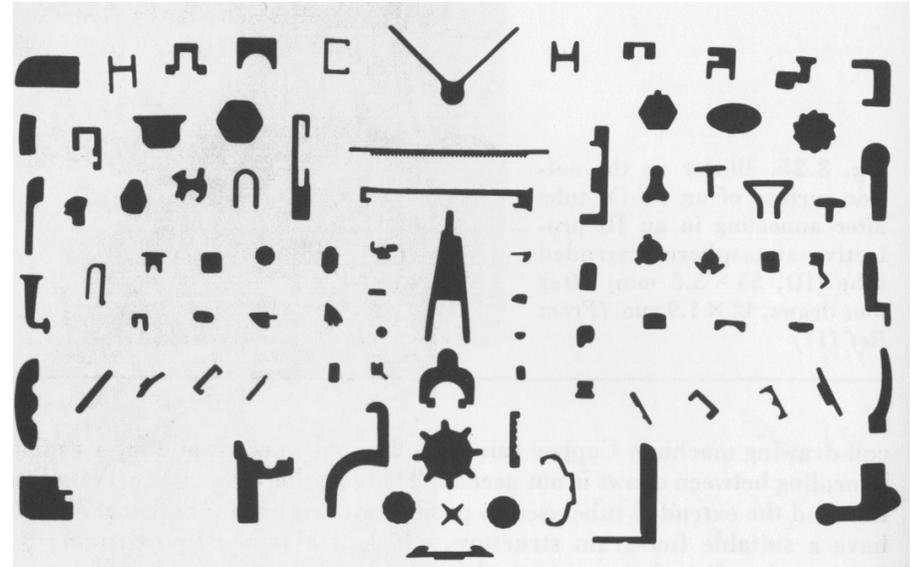
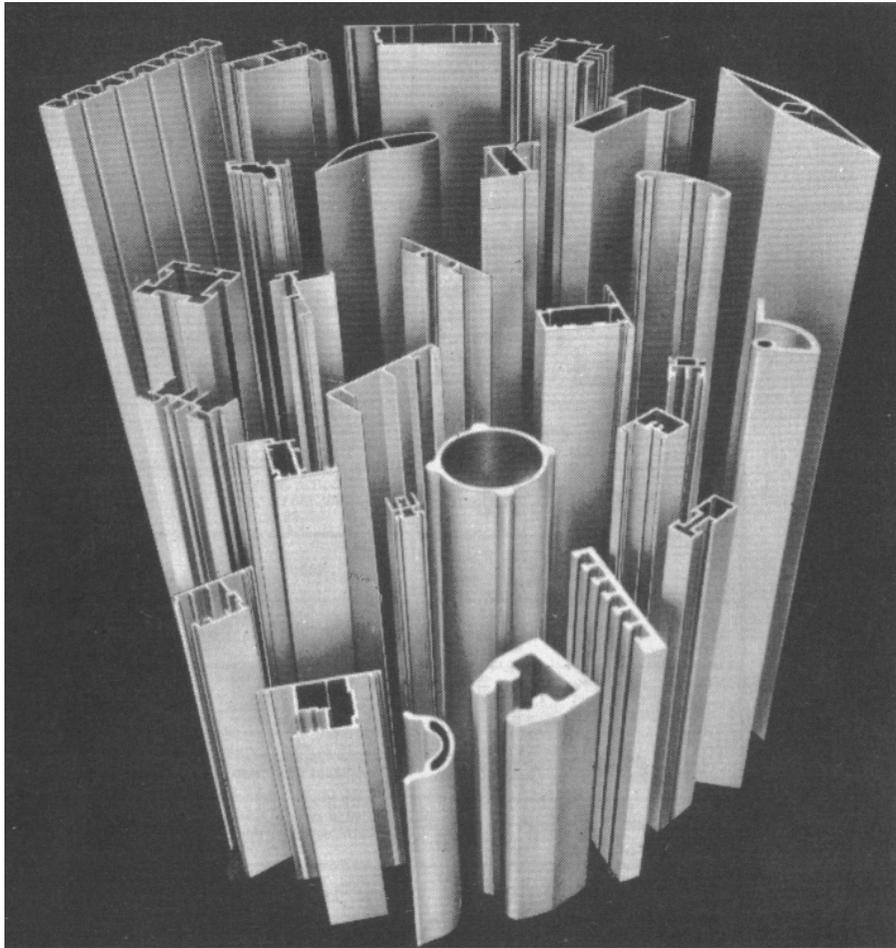
- ***Quanto a temperatura de trabalho:***

EXTRUSÃO a Quente

- grandes reduções de seção numa só etapa
- maioria dos processos para obter produtos contínuos semi-acabados (barras) e acabados (perfis e tubos)



Produtos obtidos na extrusão a quente



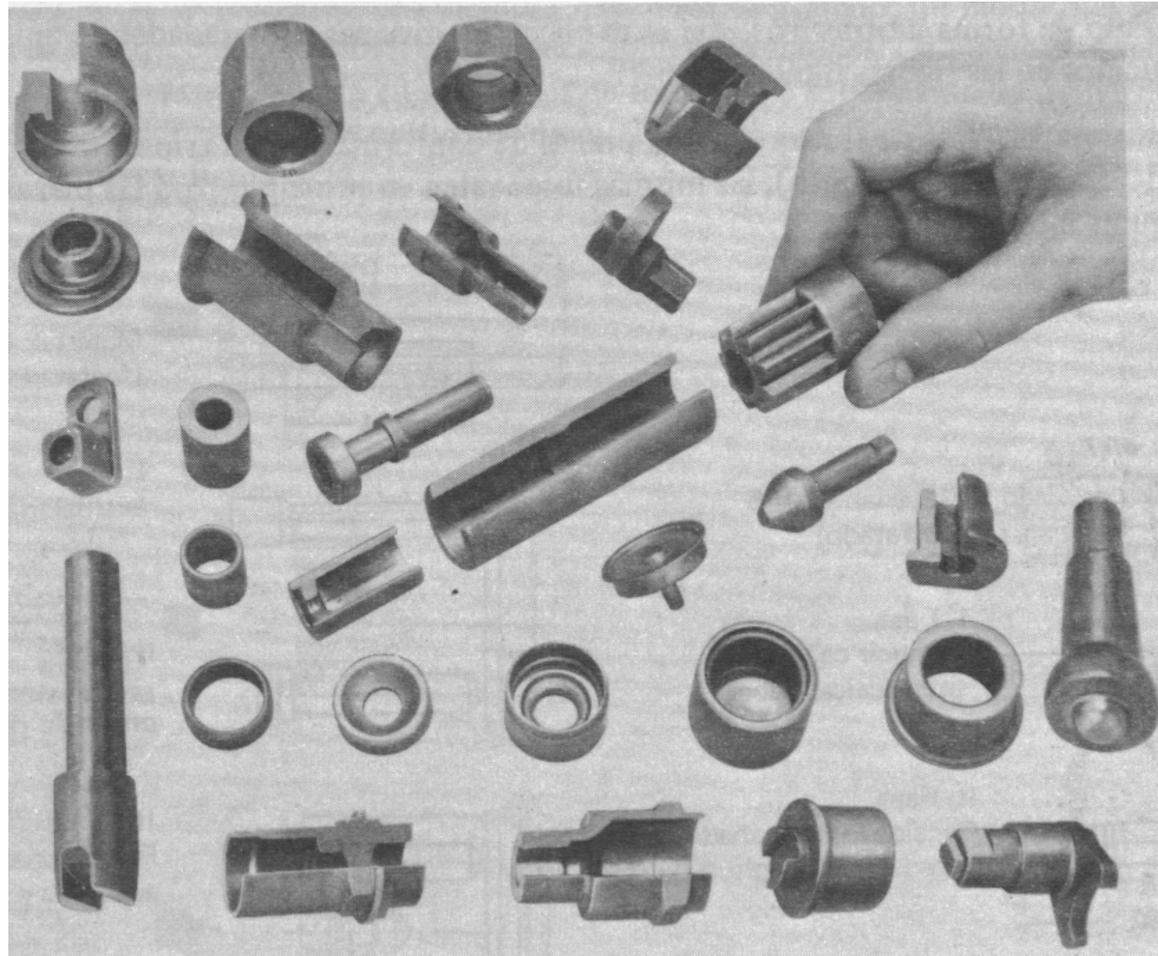
Audi

Extrusão a Quente

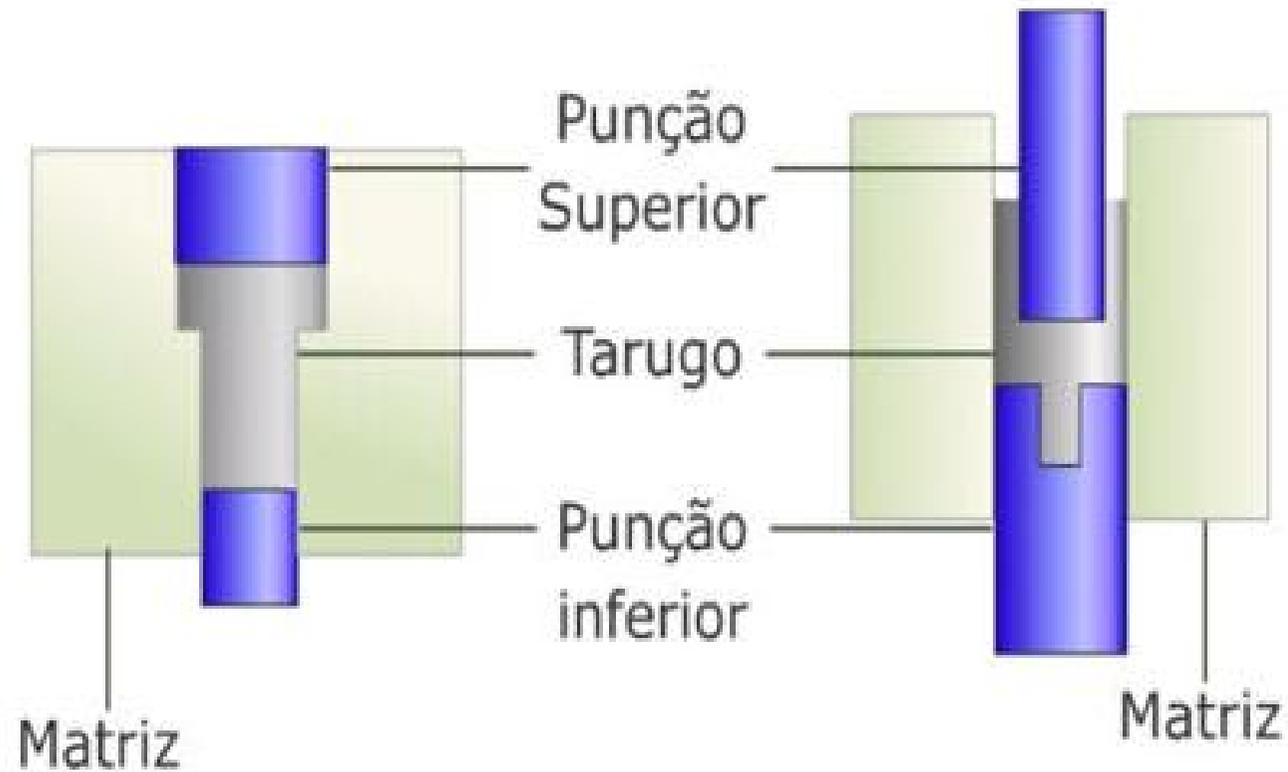
- Desgaste acentuado das ferramentas;
- Oxidação superficial;
- Menor força de extrusão;
- Grafite, talco, sebo e vidro são os lubrificantes mais utilizados;

EXTRUSÃO A FRIO

- pequenas reduções de seção em vários estágios
- obtenção de peças de precisão



Extrusão a frio



Vantagens em relação à extrusão a quente:

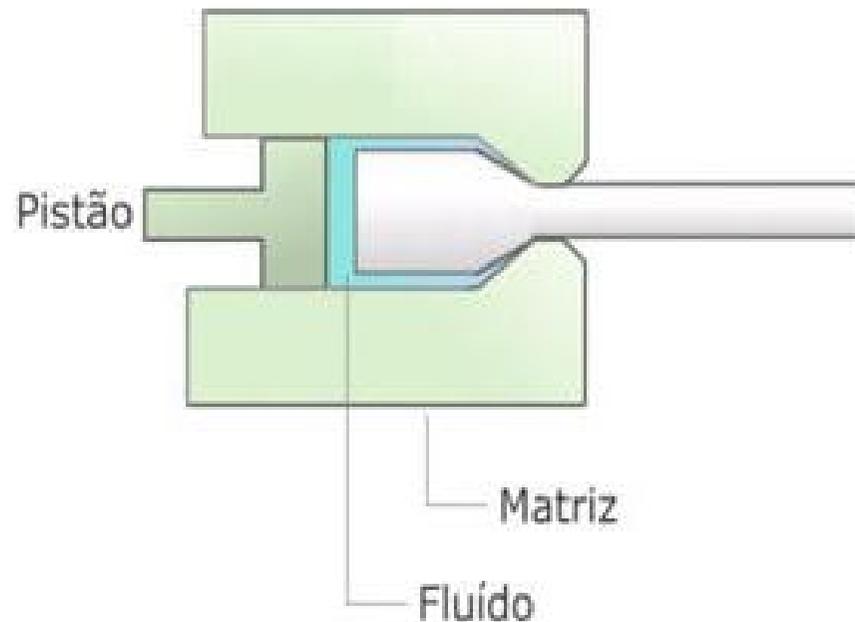
- Melhores propriedades mecânicas resultantes do encruamento, desde que o calor gerado pela deformação não recristalize o metal.
- Controle das tolerâncias, requerendo pouca ou nenhuma operação posterior de acabamento.
- Melhor acabamento superficial, devido em parte pela não existência de camada de óxido;
- Eliminação do pré-aquecimento do tarugo.

Tipos de Extrusão

- Quanto ao método de aplicação da carga:
 - Extrusão convencional (já apresentado);
 - Extrusão por Impacto;
 - Extrusão Hidrostática.

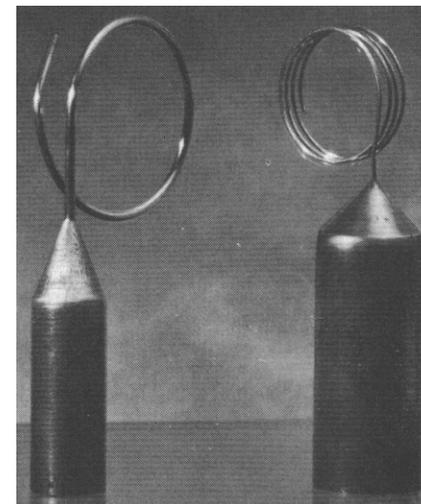
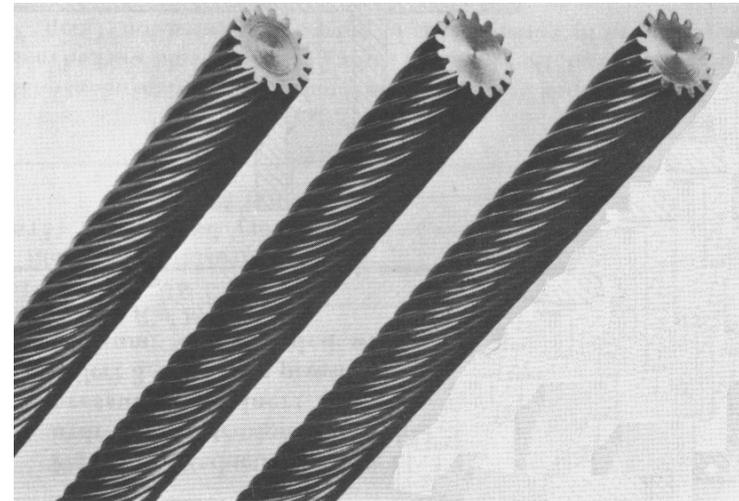
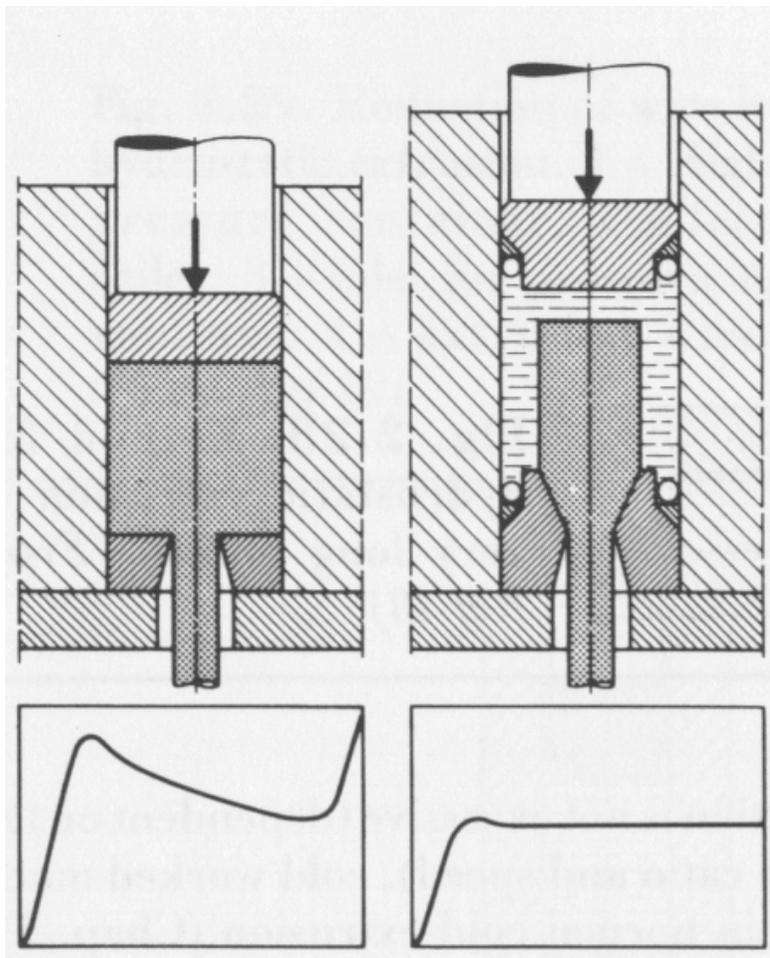
EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

- O diâmetro do tarugo é menor que o diâmetro da câmara, que é preenchida por um fluido. A pressão é transmitida ao tarugo através de um pistão.



3) Hidrostático:

- transmissão de pressão ao tarugo por meio de um fluido hidráulico
- possibilidade de grandes reduções de seção a frio devido à redução do atrito

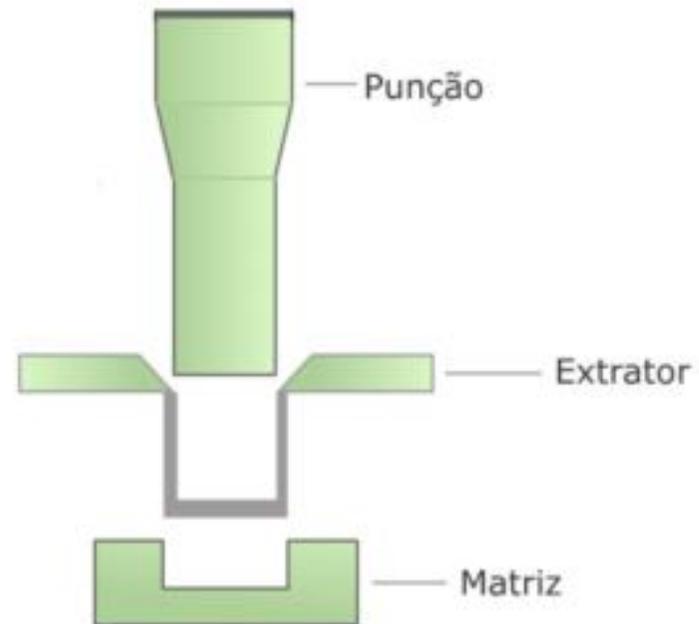


EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

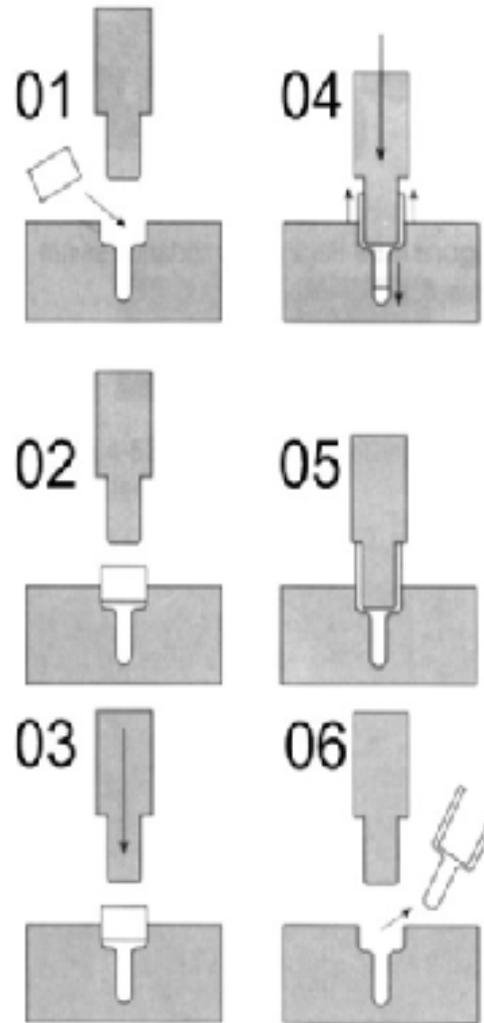
- A extrusão hidrostática é realizada usualmente a temperatura ambiente, em geral usando óleo vegetal como meio fluido, combinando as qualidades de viscosidade e lubrificação.
- Pode-se também trabalhar em alta temperatura.
- Neste caso ceras, polímeros ou vidro são usados como fluido que também tem a função de manter o isolamento térmico do tarugo durante o procedimento de extrusão.

EXTRUSÃO POR IMPACTO

- É similar a extrusão indireta e freqüentemente incluída na categoria da extrusão a frio.
- O punção desce rapidamente sobre o tarugo que é extrudado para trás.
- A espessura da seção extrudada é função da folga entre o punção e a cavidade da matriz.

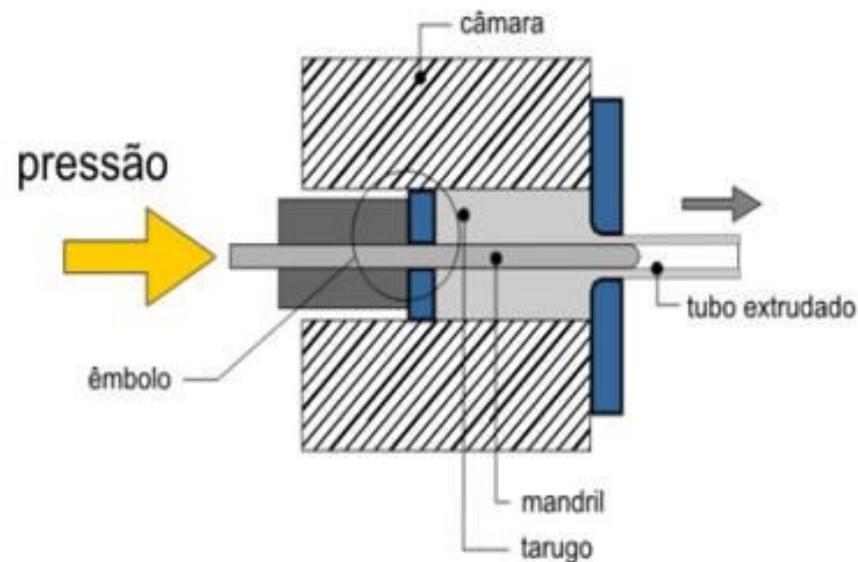


EXTRUSÃO POR IMPACTO



EXTRUSÃO DE TUBOS

- Na extrusão de tubos um **mandril é preso à extremidade do êmbolo**, de modo a conformar o diâmetro interno do tubo. As dimensões da parede do tubo são determinadas pela folga entre o mandril e o orifício da matriz.

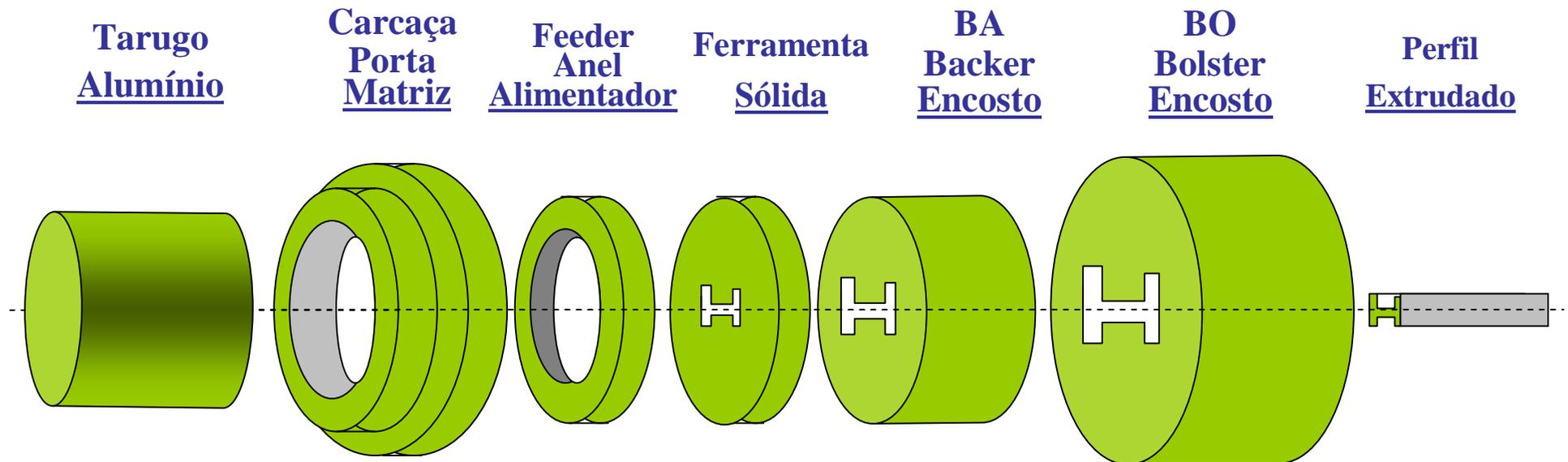


Tipo de Ferramental utilizado no Processo de Extrusão

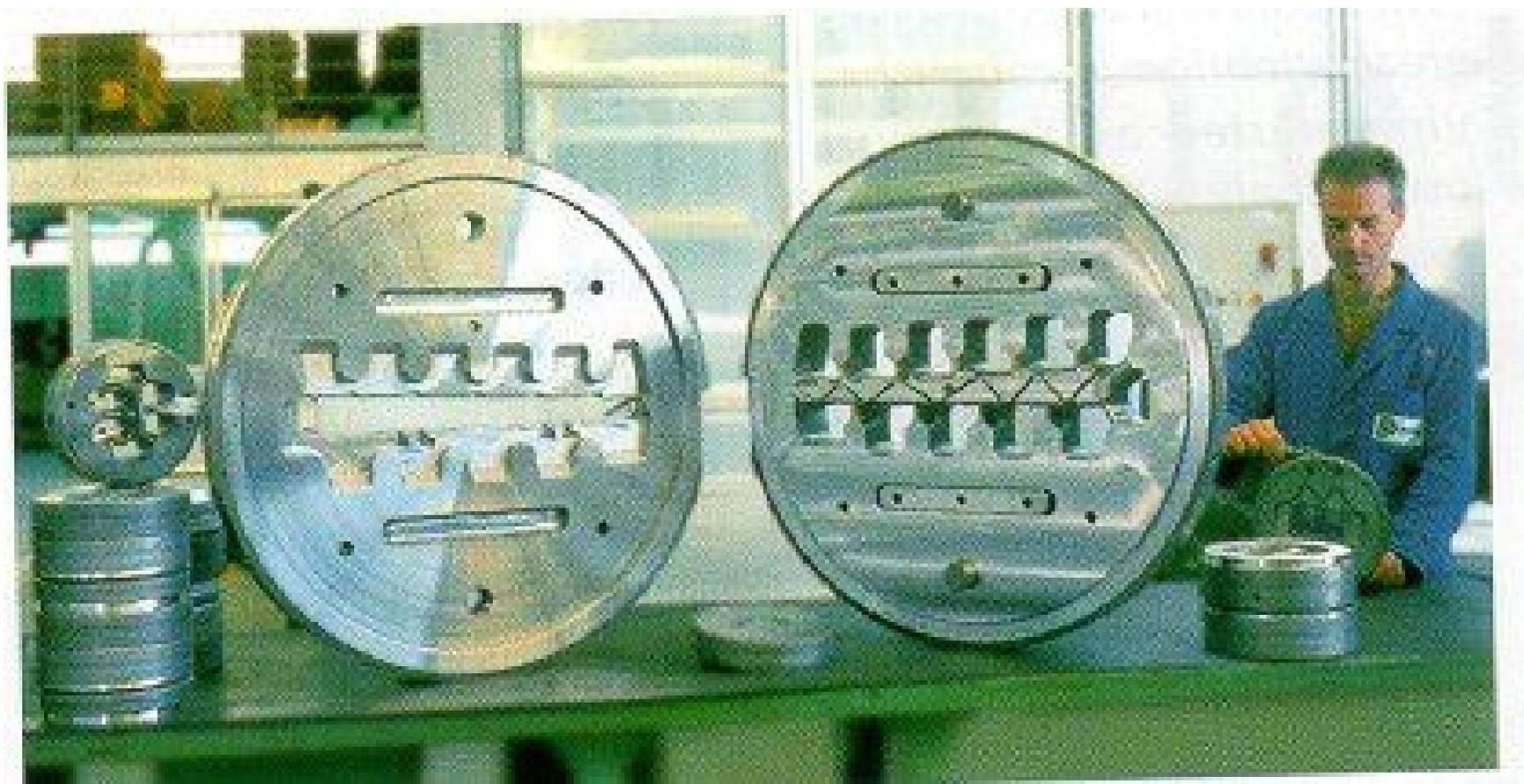
Ferramenta Sólida

É uma Ferramenta feita com uma bolacha de aço especial onde formato do perfil é vazado diretamente na face.

Esta ferramenta é utilizada para fabricação de perfis sólidos !!



Exemplos de ferramentas



Exemplos de ferramentas



Ferramenta
Tubular

Exemplos de ferramentas



**Ferramenta
Sólida**

Prensa de Extrusão em corte

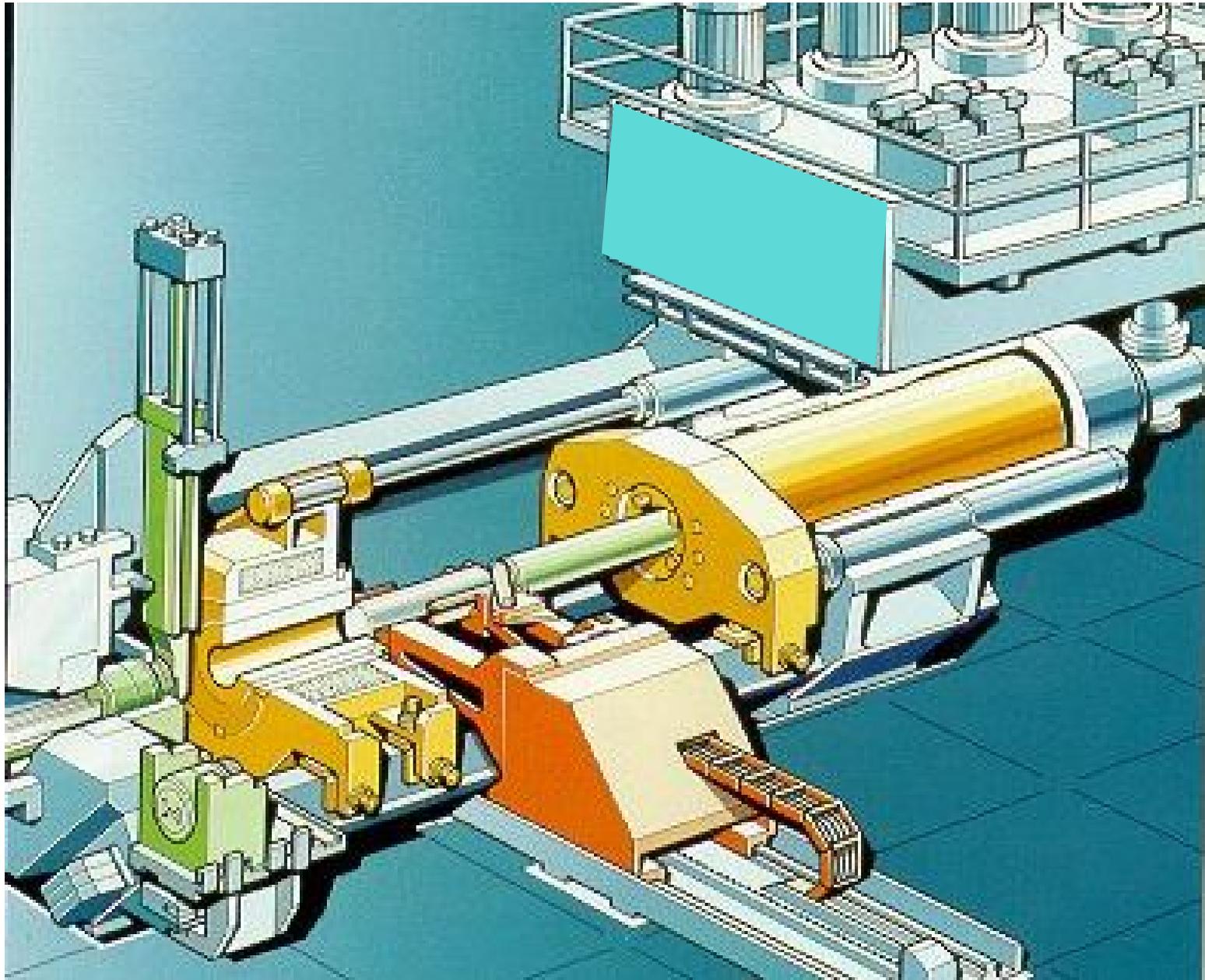


Foto de uma Prensa de Extrusão

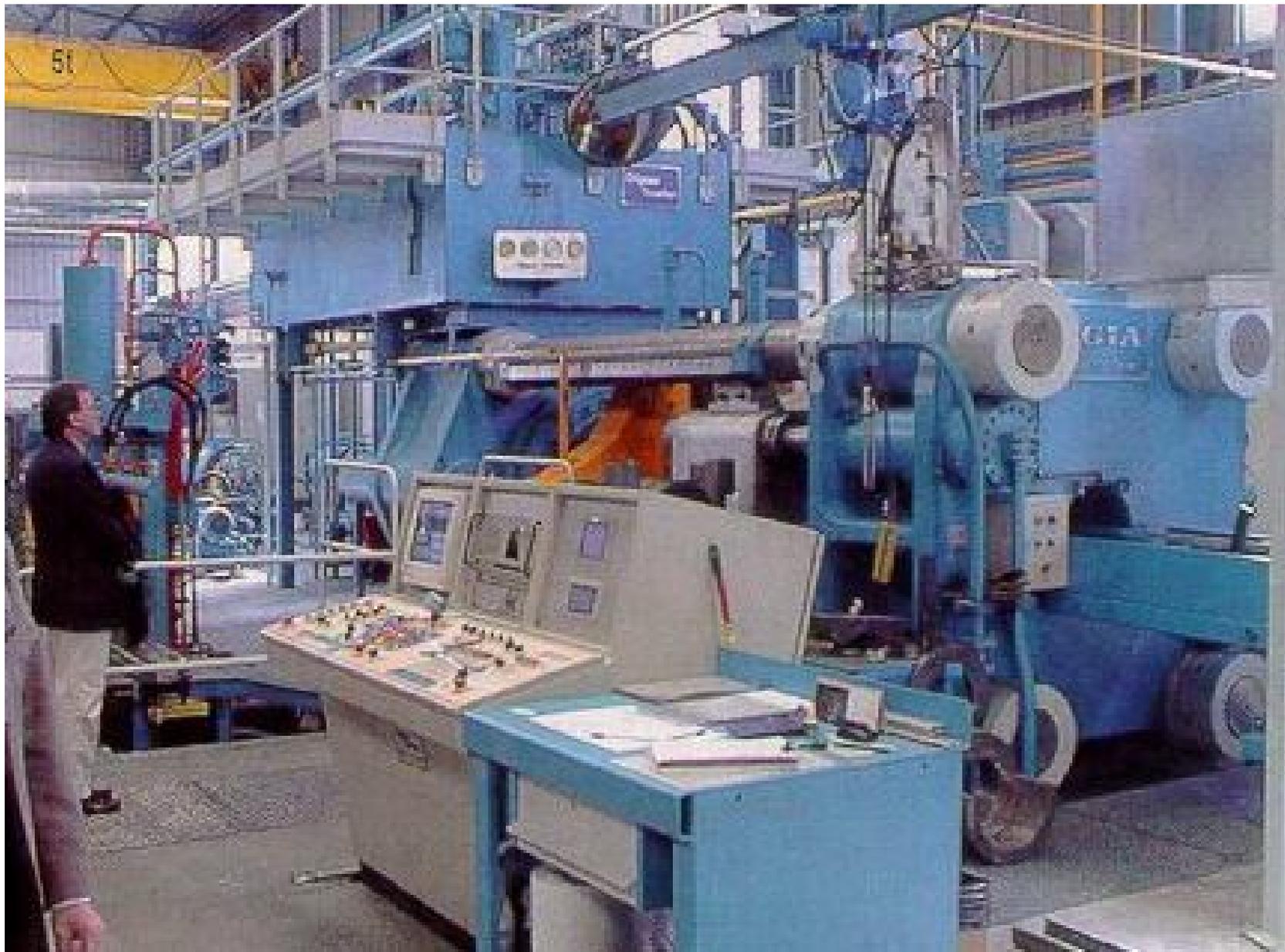
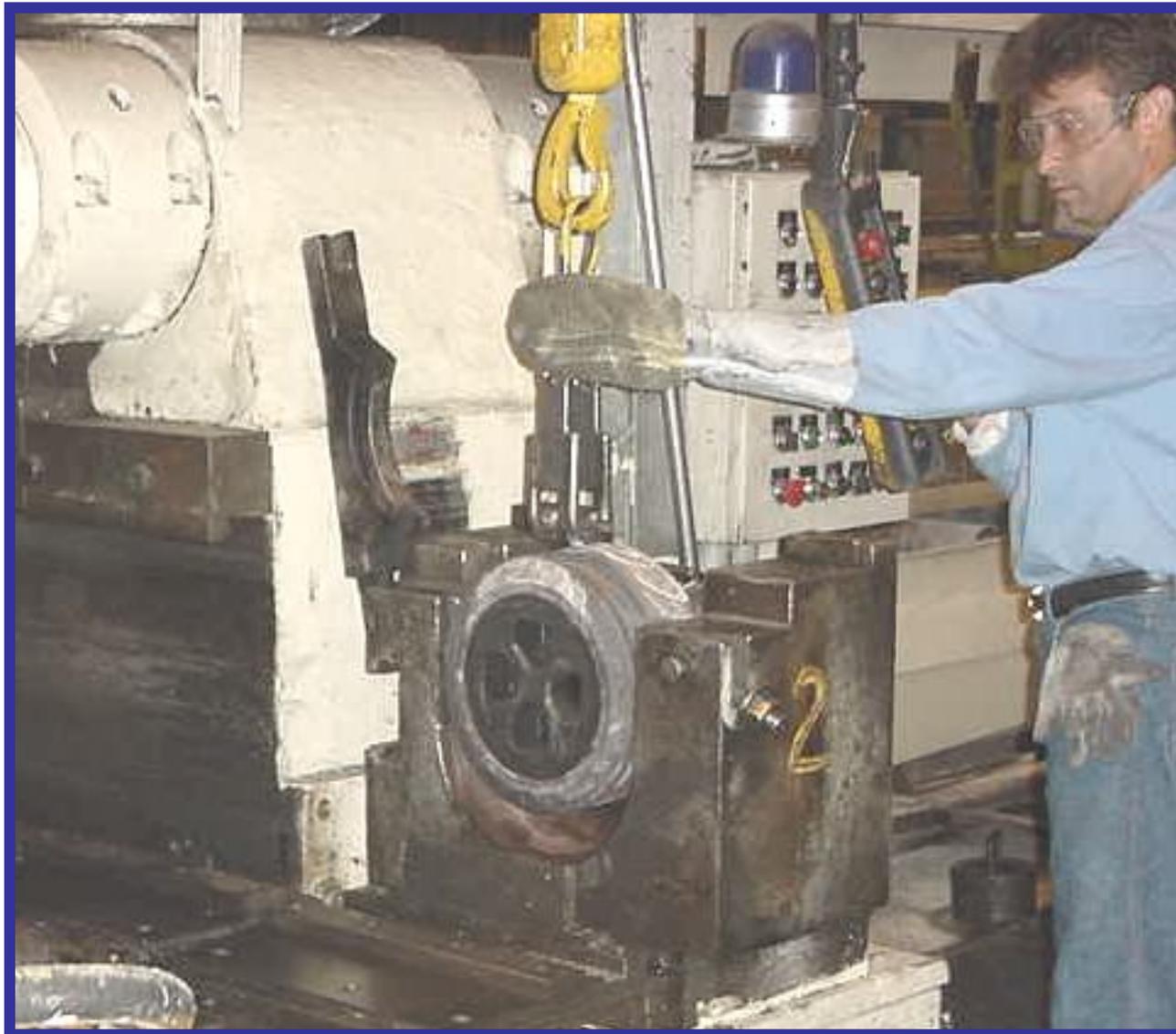


Foto de uma Prensa de Extrusão



Detalhe da Prensa

Porta Matrizes



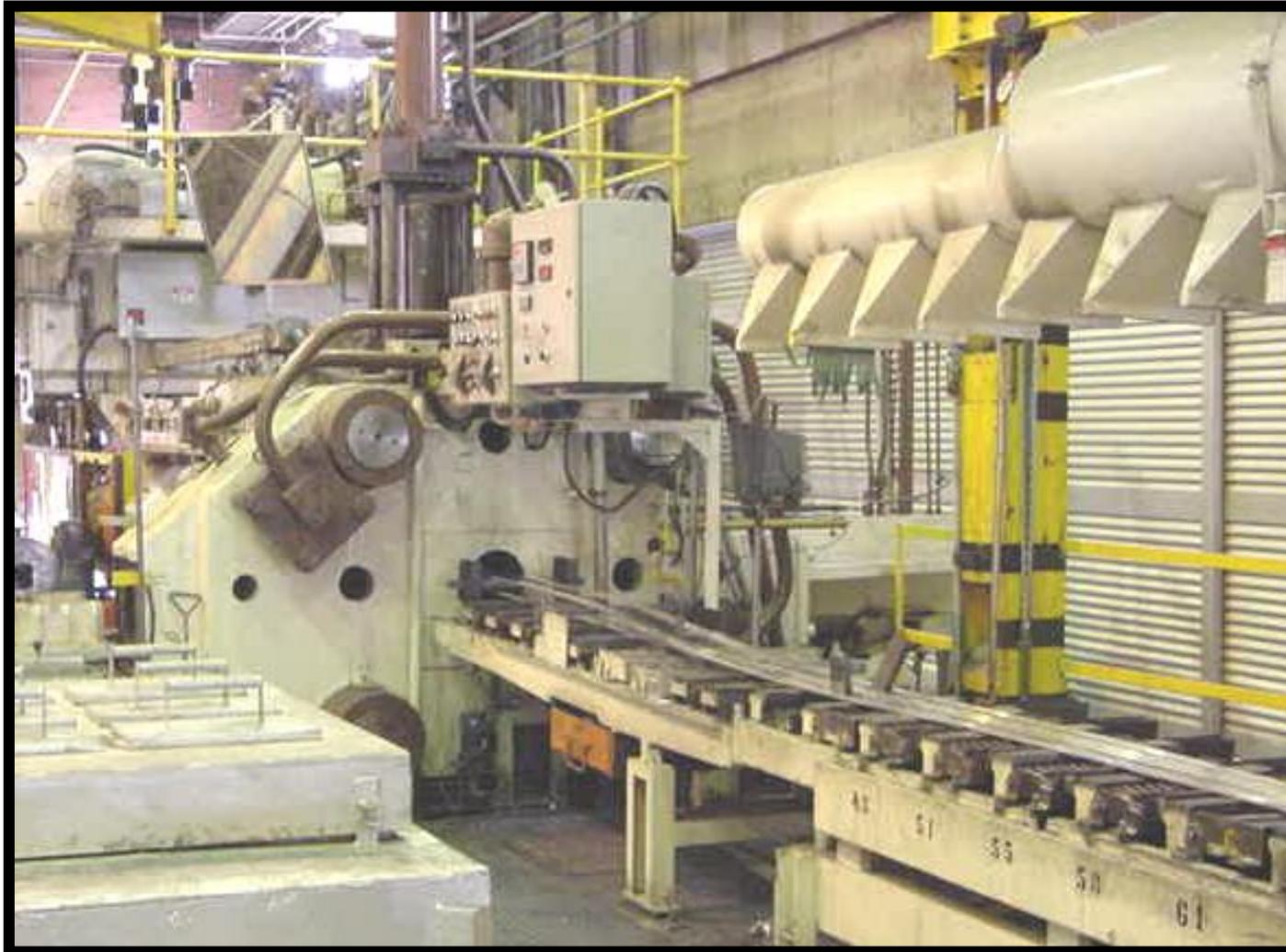
Detalhe da Prensa

Carregando Tarugo



Detalhe da Prensa

Saída de Perfis (Boca da Prensa)

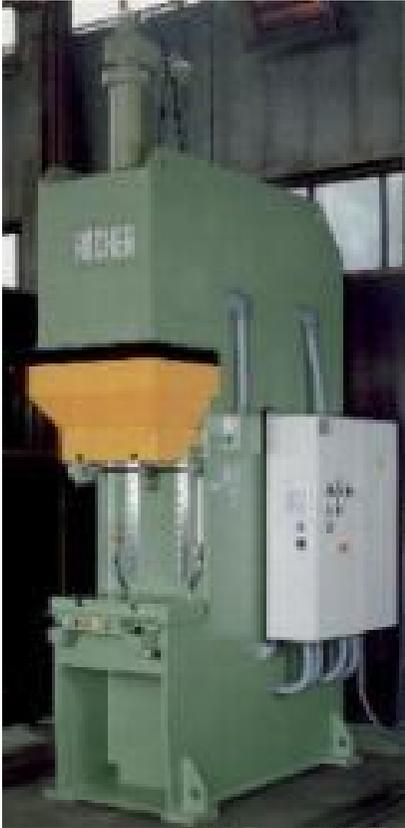


Detalhe da Prensa

Saída de Perfis (Boca da Prensa)

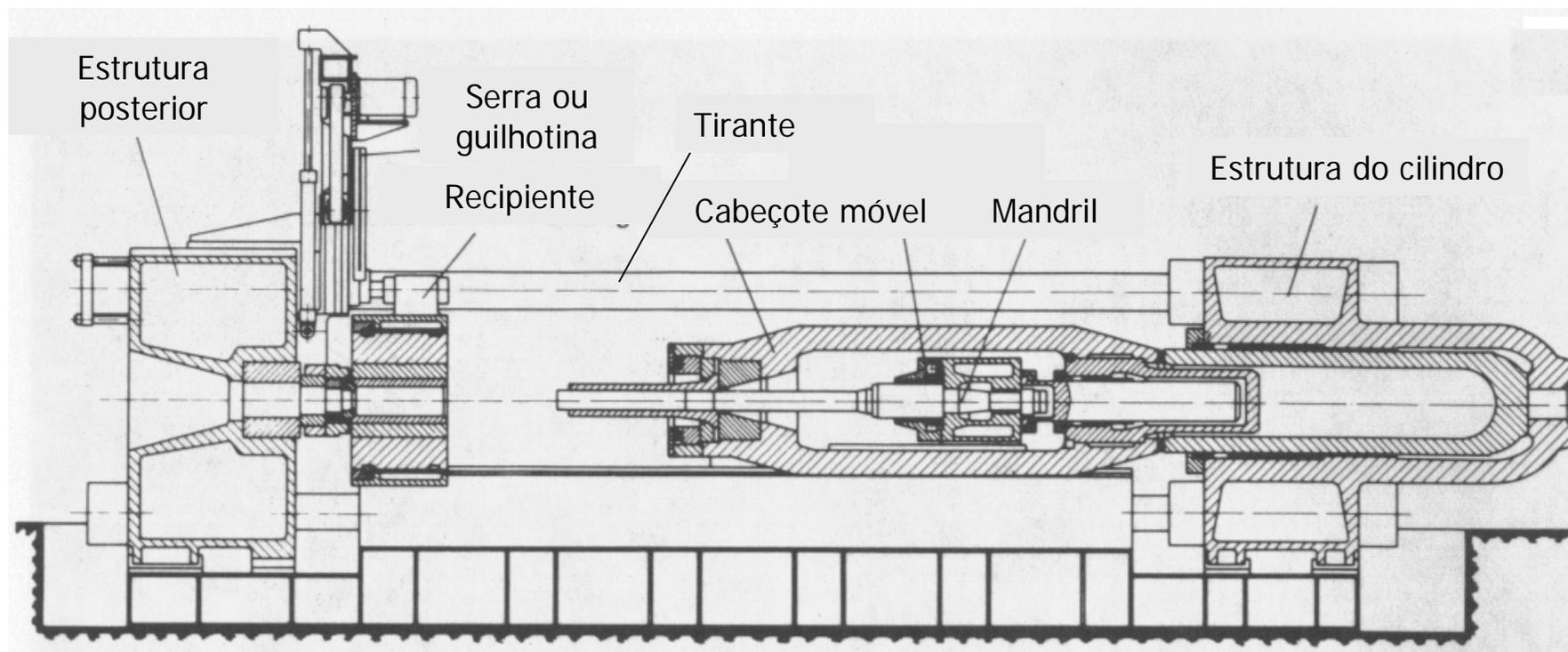


Equipamentos



Equipamentos de extrusão:

- prensas hidráulicas (horizontais para extrusão a quente e verticais para extrusão a frio) com capacidade de 1000 a 8000 T
- ação contínua, por acionamento hidro-pneumático ou oleodinâmico

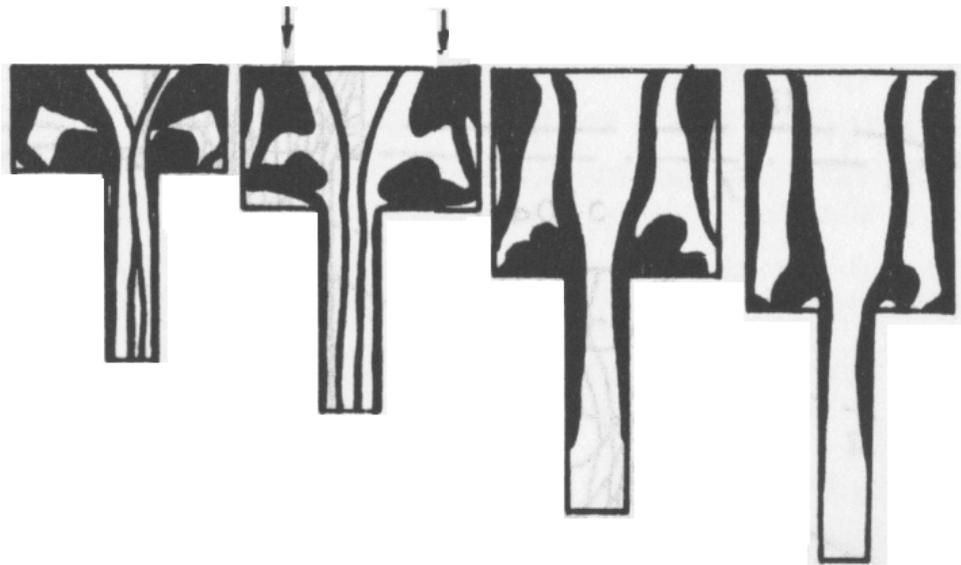


Equipamentos auxiliares:

- sistemas de corte de barras
- sistemas de retrocesso do pistão
- fornos para aquecimento de tarugos (indutivos para maior rapidez e uniformidade de aquecimento)
- controle da atmosfera de aquecimento

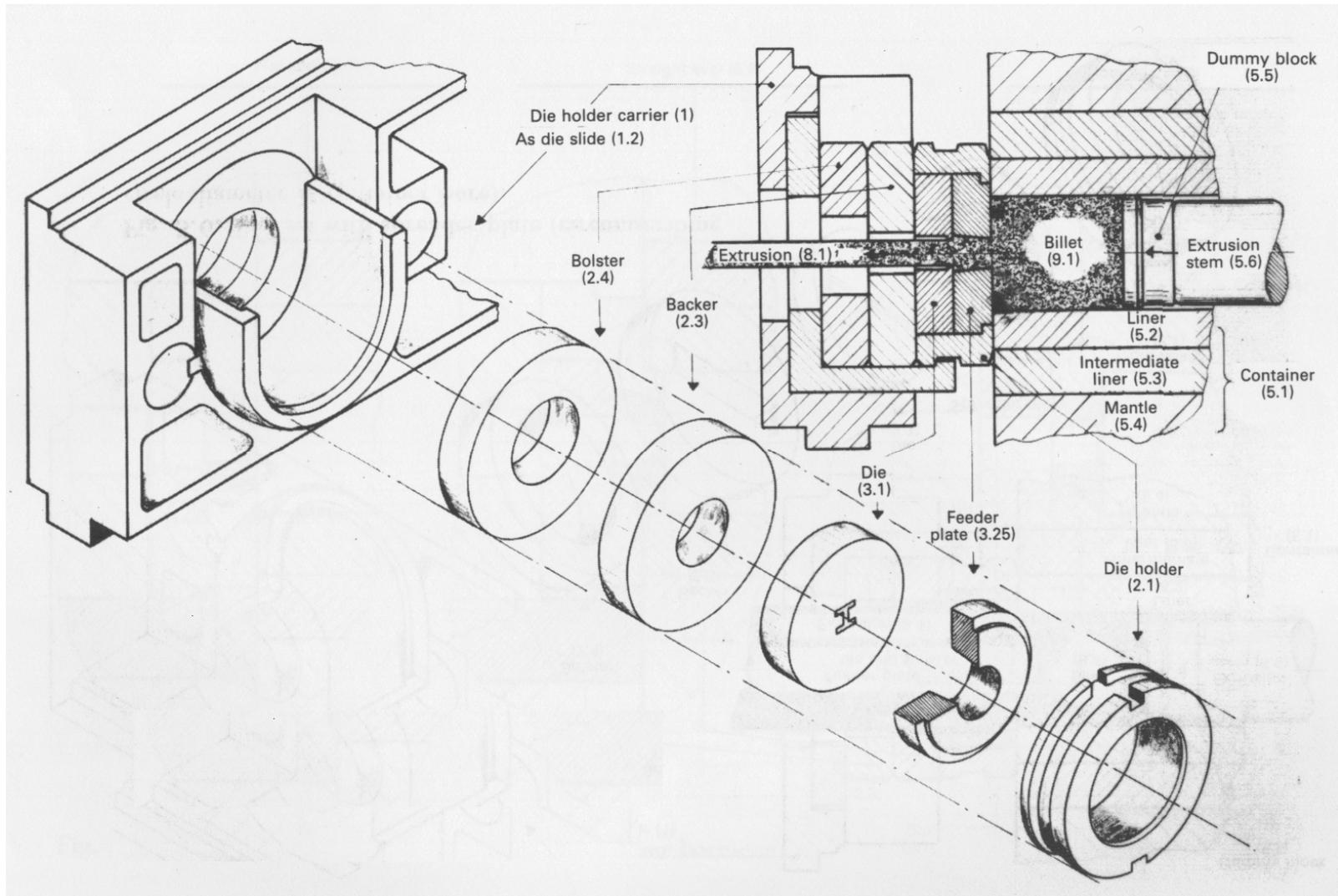
Extrusão a quente

- diversos componentes para localizar, guiar e extrudar o tarugo aquecido

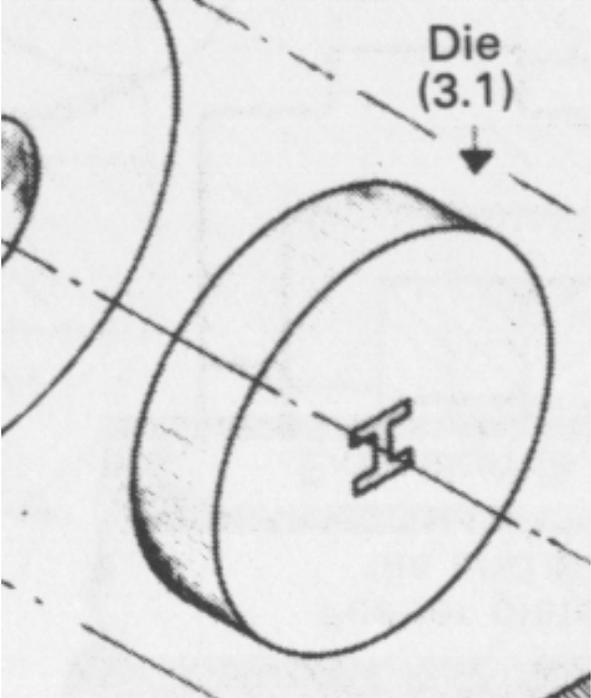
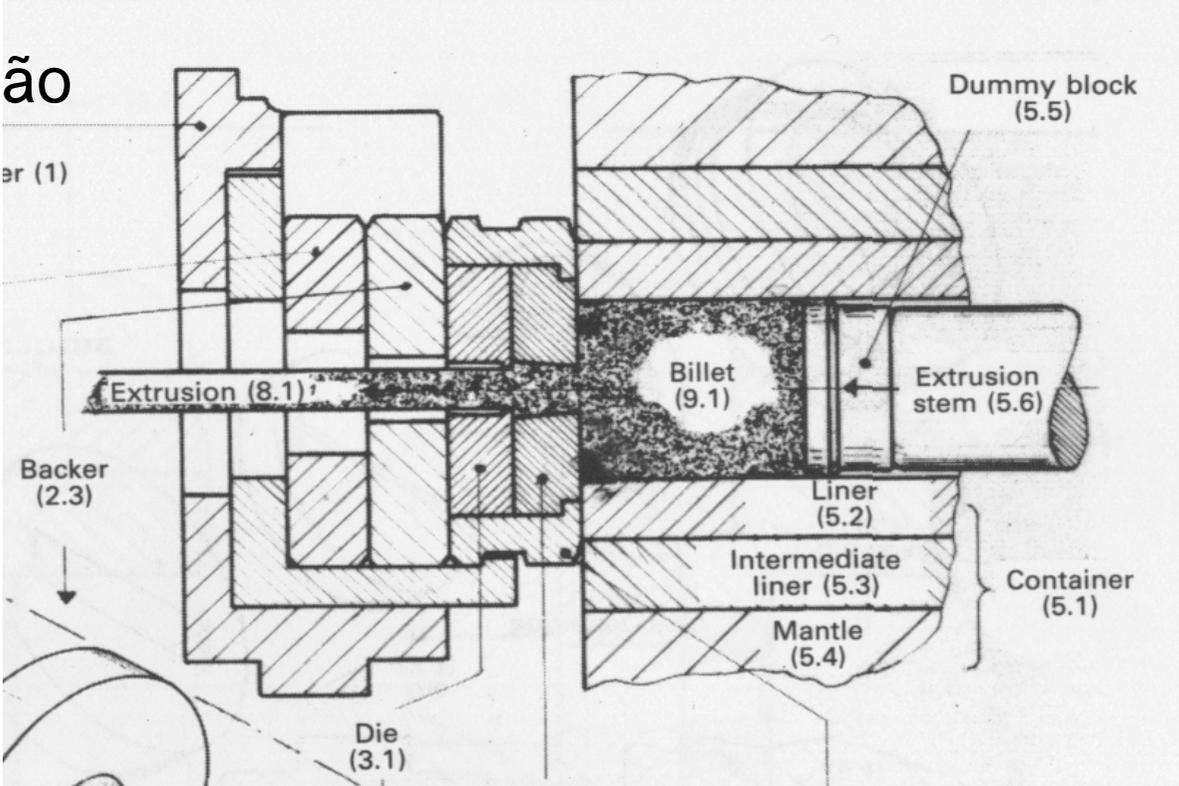


- defeitos causados por modos de escoamento incorretos (intrusão), por defeitos e impurezas na matéria-prima ou pela escolha inadequada da temperatura e velocidade de extrusão

Ferramentas de extrusão



Ferramentas de extrusão

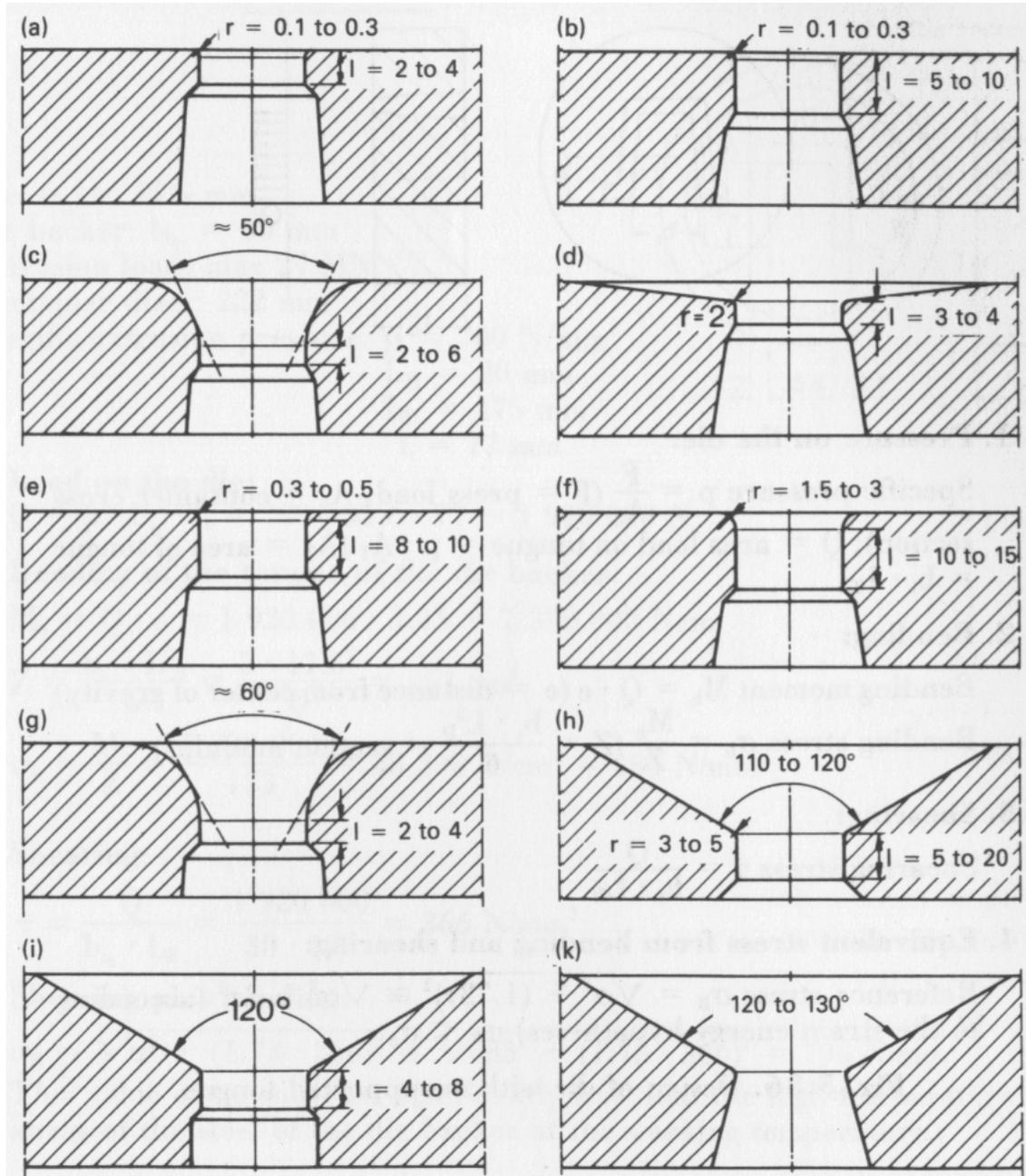


Ferramentas de extrusão:

- êmbolos, recipientes e matrizes fabricadas em aços para trabalho a quente, ligados ao Cr, V, Mo, W e Ni
- em aços para trabalho a frio ligados ao Cr, V, Mo e W ou,
- matrizes com núcleo de metal para grandes produções
- matrizes com geometrias específicas para grupos de ligas metálicas extrudadas

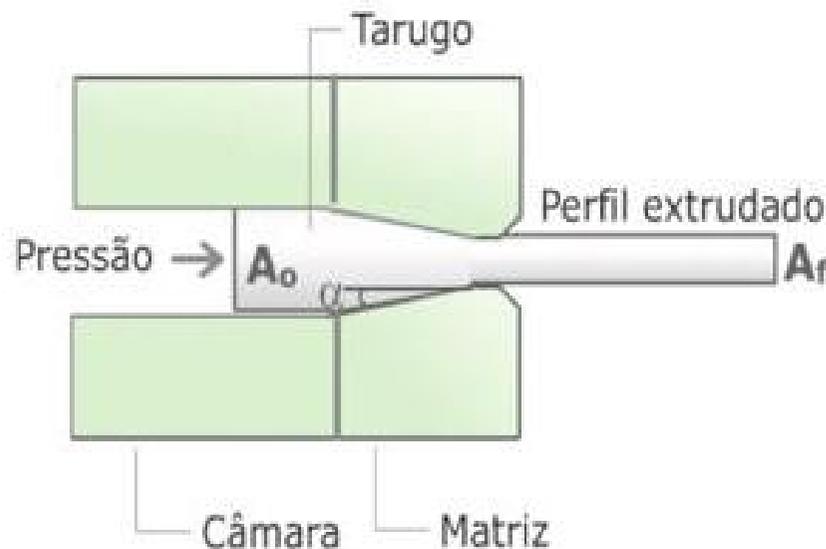
Geometrias de matrizes

- a) Al puro, AlMn, AlMgSi
- b) AlCuMg, AlMg, AlZnMg
- c) MgAl, MgZnZr
- d) PbCu, PbSb
- e) CuZnPb
- f) CuCd, CuSb
- g) ligas de Zn
- h) aços
- i) Ligas de Ti
- k) Ligas de Ni, Cr (altas T)



PARÂMETROS GEOMÉTRICOS

- **Ângulo da Matriz α .**
- **Relação de Extrusão** que é o quociente entre as áreas das seções transversais do tarugo A_0 e do produto extrudado A_f .



Relações de extrusão acima de 100 são críticas, exigindo grandes pressões de extrusão.

Outras variáveis do processo

- Têm papel de influência no processo outras variáveis, entre as quais se destaca:
 - Temperatura do tarugo.
 - Velocidade de deslocamento do pistão.
 - Tipo de lubrificante.

Controle do Processo de Extrusão

- **Temperatura de Extrusão**

- Não deve ser muito alta para evitar gasto excessivo de energia, desgaste de elementos da máquina de extrusão e oxidação excessiva do tarugo;
- Os tarugos (ou lingotes) de diâmetros menores exigem menor força de extrusão, mas a perda de temperatura se dá em velocidade maior apesar da área de contato com o recipiente ser menor.

Controle do Processo de Extrusão

- Temperatura de Extrusão
 - O recipiente é comumente aquecido, mas para a extrusão de metais com temperaturas elevadas de trabalho, a temperatura do recipiente permanece abaixo dessa temperatura para evitar a perda de resistência mecânica e o excessivo desgaste.
 - Quanto maior for a velocidade de extrusão, menor será a perda de temperatura, pois menor é o tempo de contato entre o tarugo e o recipiente.

Controle do Processo de Extrusão

– Temperatura do recipiente

Não deve ser muito diferente da temperatura do tarugo

Temperatura baixa
Rouba calor do tarugo.

Temperatura alta
Aquece o tarugo.

Controle do Processo de Extrusão

- **Velocidade de extrusão**

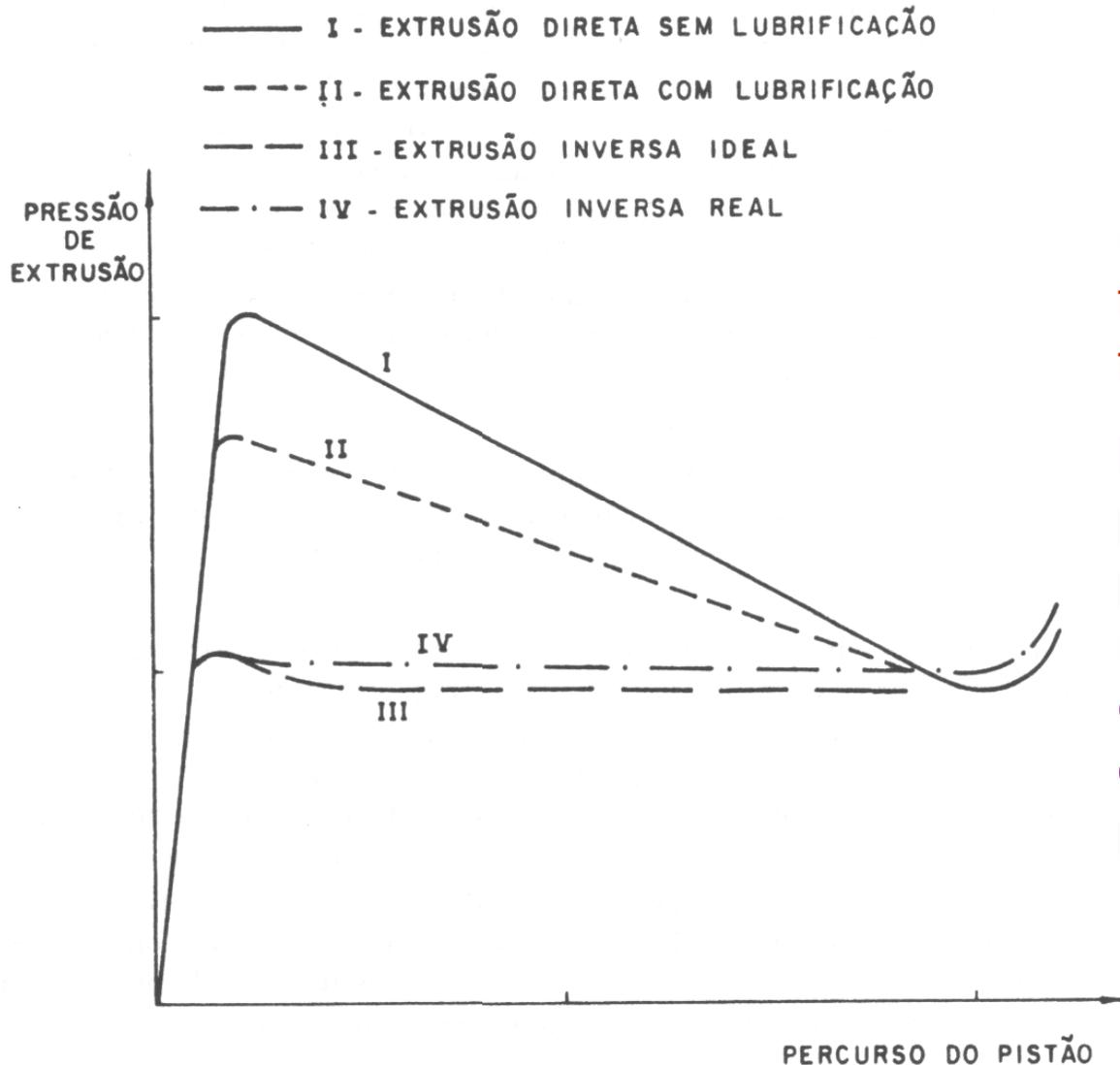
Trabalhar na maior velocidade de extrusão possível para obter:

Menor perda de temperatura do tarugo

Maior produtividade da prensa

Controle do Processo de Extrusão

- **Pressão de Extrusão**

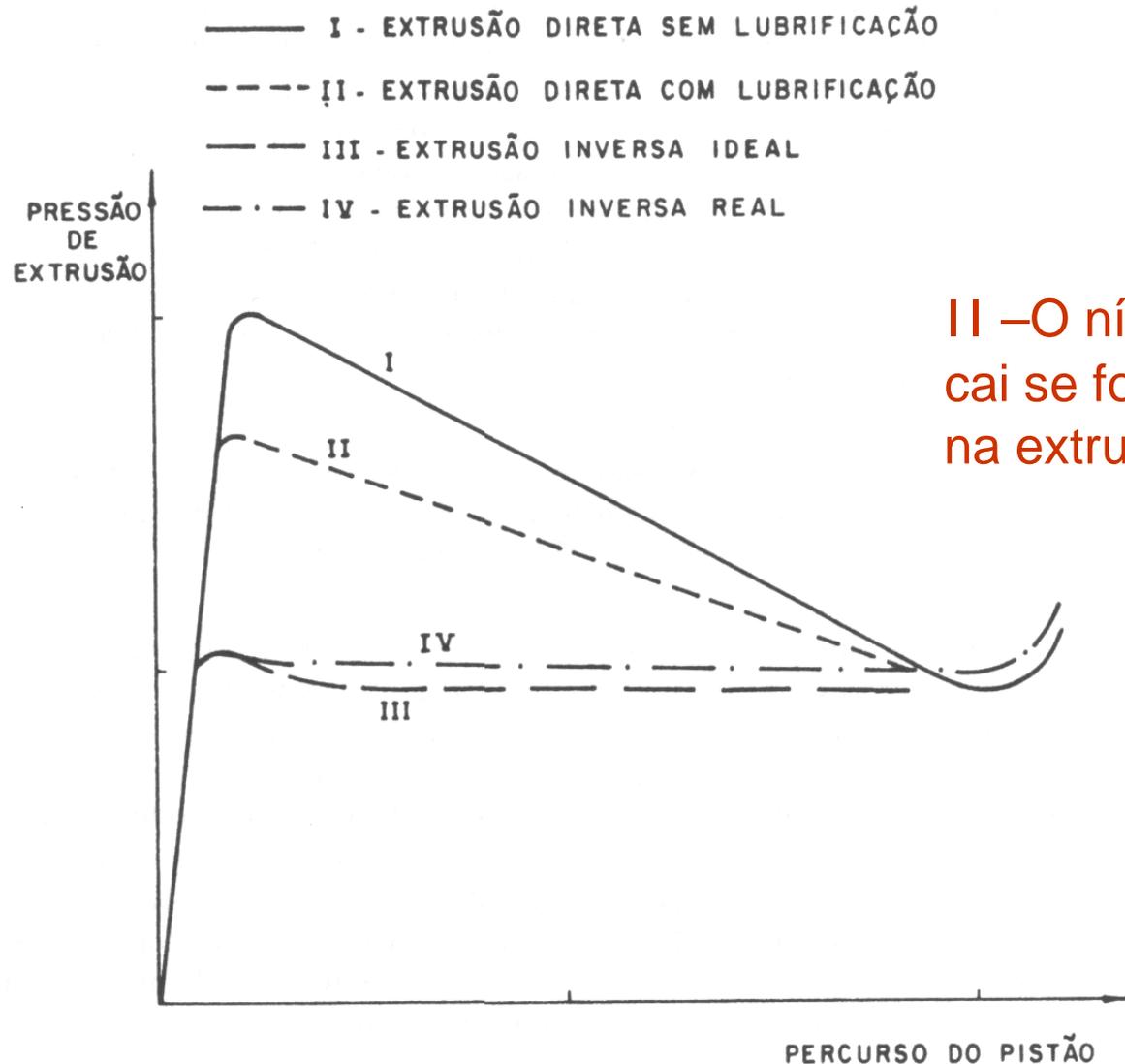


I – Apresenta um elevado nível de pressão inicial para fazer passar o tarugo pela ferramenta;

Depois cai com o avanço do pistão até um valor mínimo, para depois tender a crescer novamente quando o processo chega ao final com um resto de tarugo de movimento difícil pela ferramenta.

Controle do Processo de Extrusão

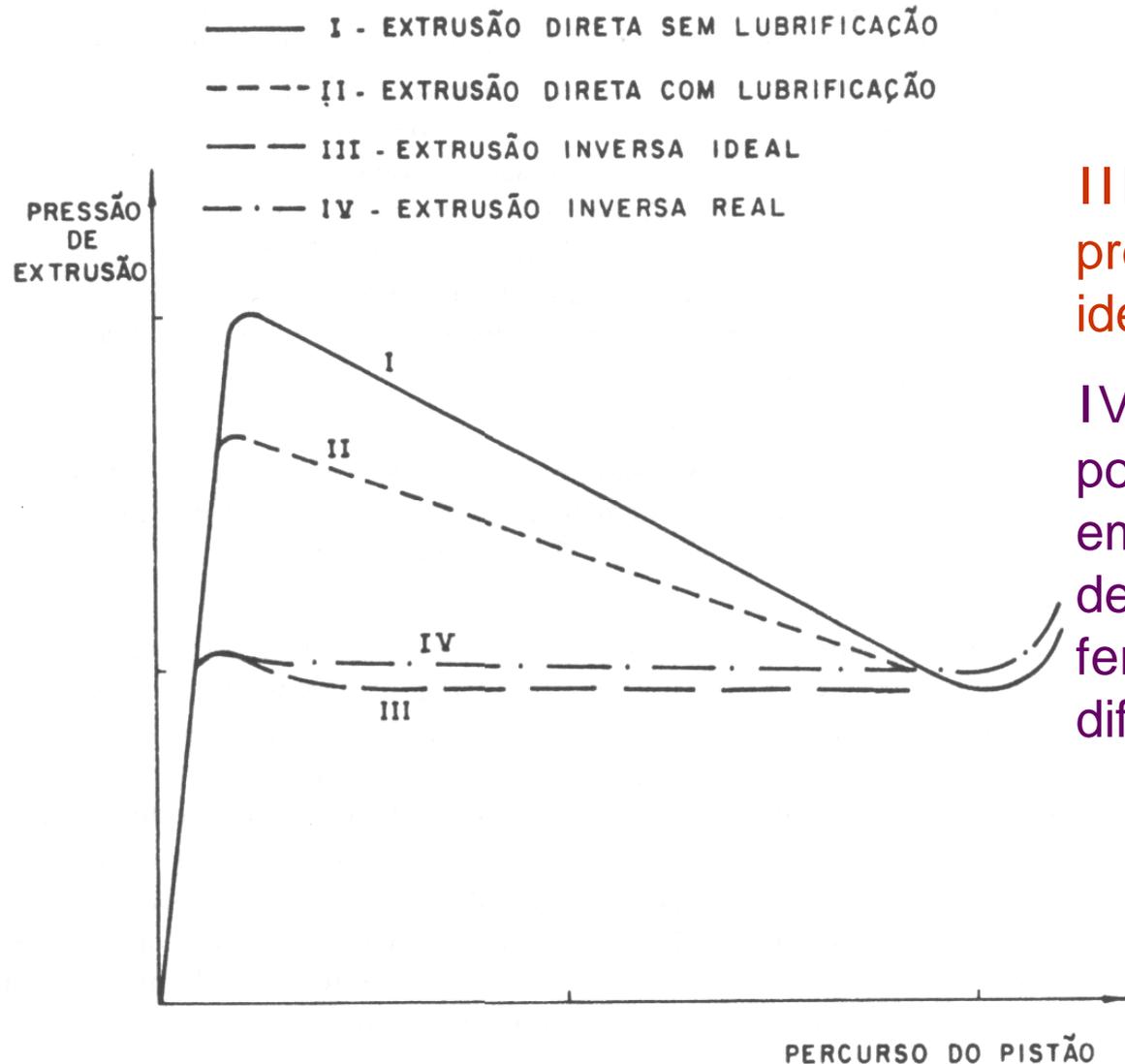
- Pressão de Extrusão



II –O nível de pressão inicial cai se for utilizado lubrificante na extrusão;

Controle do Processo de Extrusão

- Pressão de Extrusão



III – Na extrusão Inversa a pressão se manteria idealmente constante;

IV – cresce realmente um pouco com o avanço do pistão, em decorrência dos resíduos de material retidos entre a ferramenta e o recipiente, que dificultam o movimento.

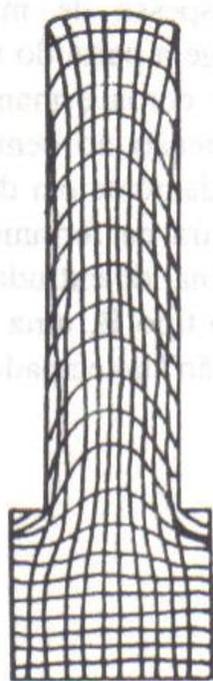
Controle do Processo de Extrusão

- **Modos de escoamento.**
 - O escoamento nem sempre se dá de forma simplificada devido ao forte efeito do atrito e à falta de uniformidade do material do lingote ou do tarugo, através de sua secção.

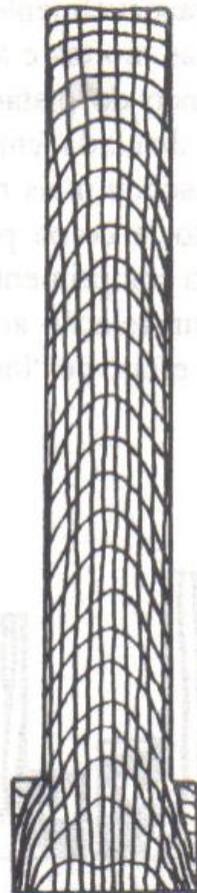
Controle do Processo de Extrusão

- **Modos de escoamento.**

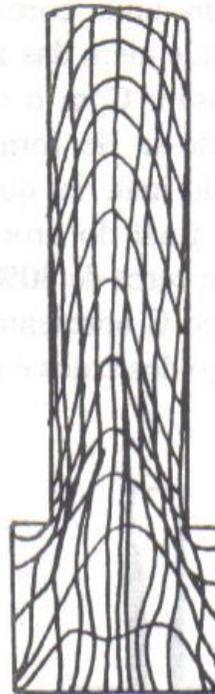
- Os modos de escoamento podem ser classificados em três tipos básicos:



TIPO A



TIPO B



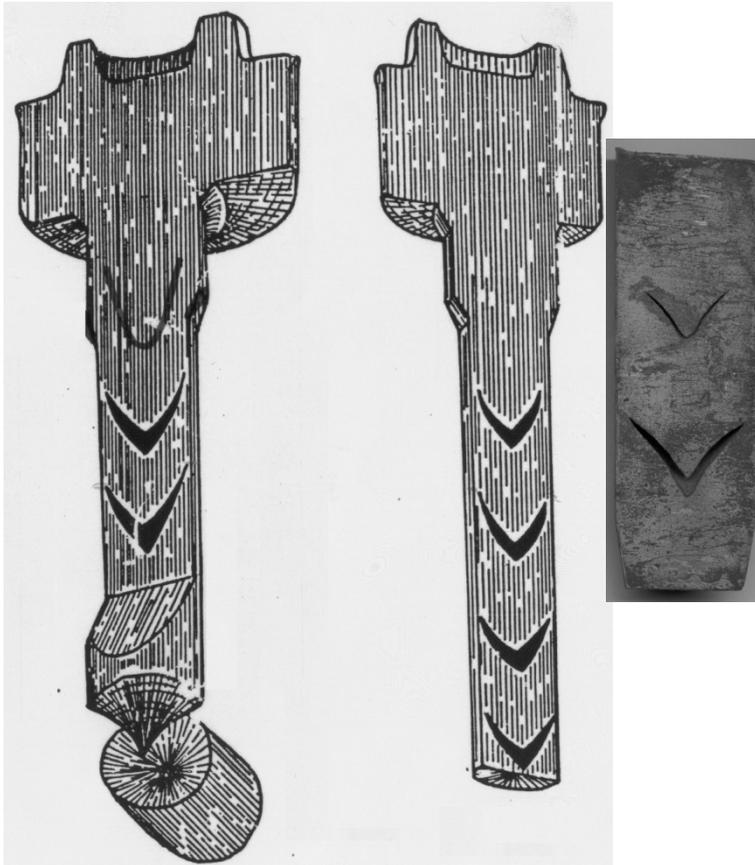
TIPO C

TIPO A - EXTRUSÃO DIRETA
COM LUBRIFICAÇÃO

TIPO B - EXTRUSÃO DIRETA
SEM LUBRIFICAÇÃO

TIPO C - EXTRUSÃO DIRETA
PARA CONDIÇÕES
NORMAIS DE
OPERAÇÃO

Defeitos na Extrusão



- Linhas Internas de óxido
- Formação de uma cavidade
- Arrancamento
- Bolhas



Vídeo <http://br.youtube.com/watch?v=mle5LpgnVdo>

Referências Bibliográficas

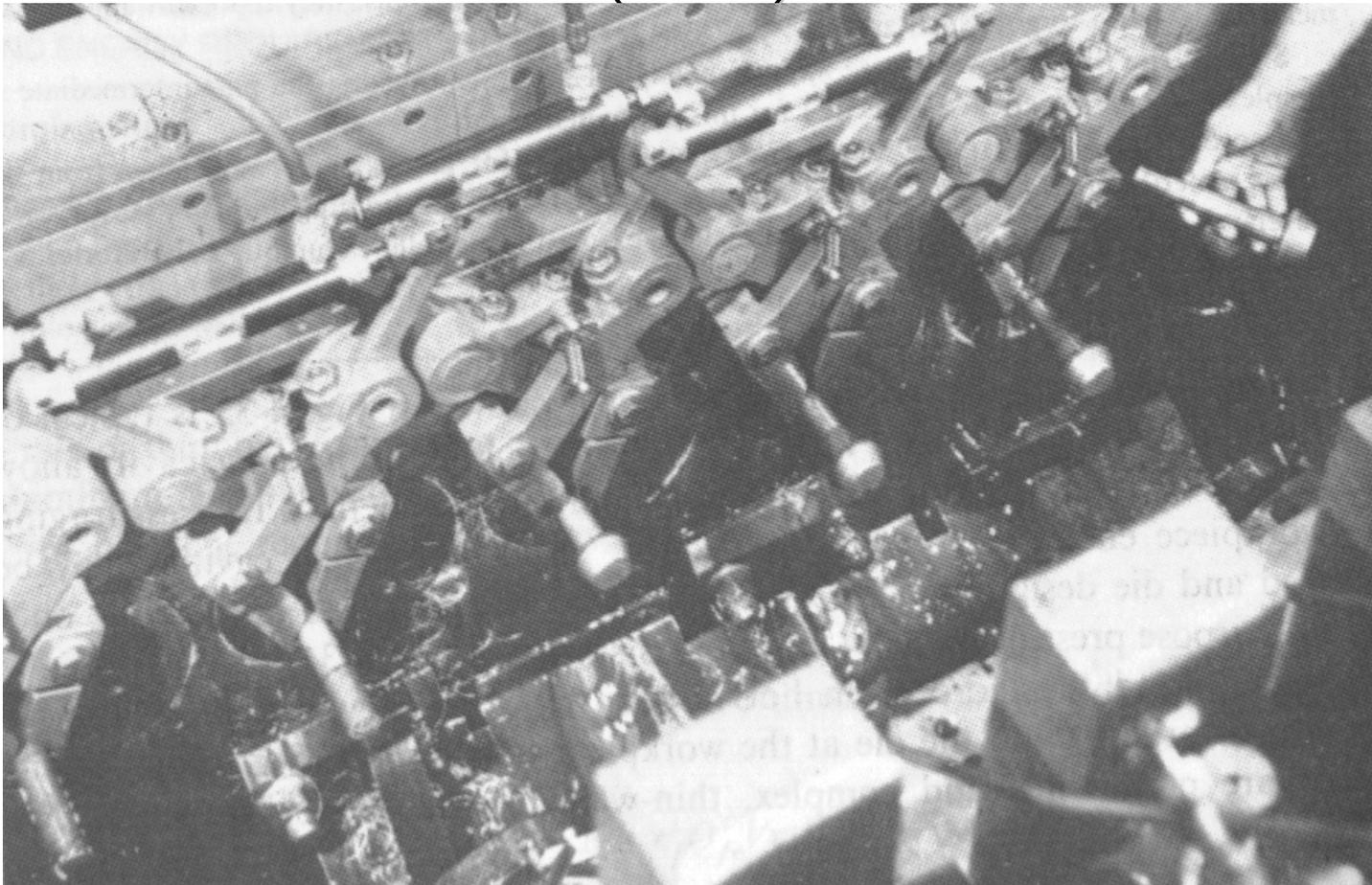
- <http://www.metalmundi.com/si/site/1106?idioma=portugues>
- www.norbertocefetsc.pro.br/pfb_conformacaoii.pdf
- www.cimm.com.br
- BRESCIANI FILHO, Ettore (Coord.) **Conformação plástica dos metais**. 4. ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 1991.
- CHIAVERINI, Vicente,. **Tecnologia mecânica**: processos de fabricação e tratamento. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. v. 2.
- Dieter, G. E. **Metalurgia Mecânica**. Ed. Guanabara Dois, 2ª ed., 1.981.
- GROOVER, Mikell P.. **Fundamentals of modern manufacturing**. HOBOKEN: John Wiley e Sons, 1999. 1061p.
- **PROCESSO de fabricação**: (aulas 01 a 08). São Paulo: Globo, [199-?]. 1 fita de vídeoVHS/NTSC, son., color.: (Telecurso 2000.Profissionalizante)

Tarefa

- Responder questionário.

Extrusão a frio

- diversos estágios para obtenção de peças isoladas, como por exemplo, parafusos
- defeitos causados por geometria inadequada das matrizes ou pela lubrificação insuficiente ("chevron"), ou pela deformação excessiva na extrusão (trincas)



Seqüência de obtenção de um parafuso

