



PROCESSO DE EXTRUSÃO



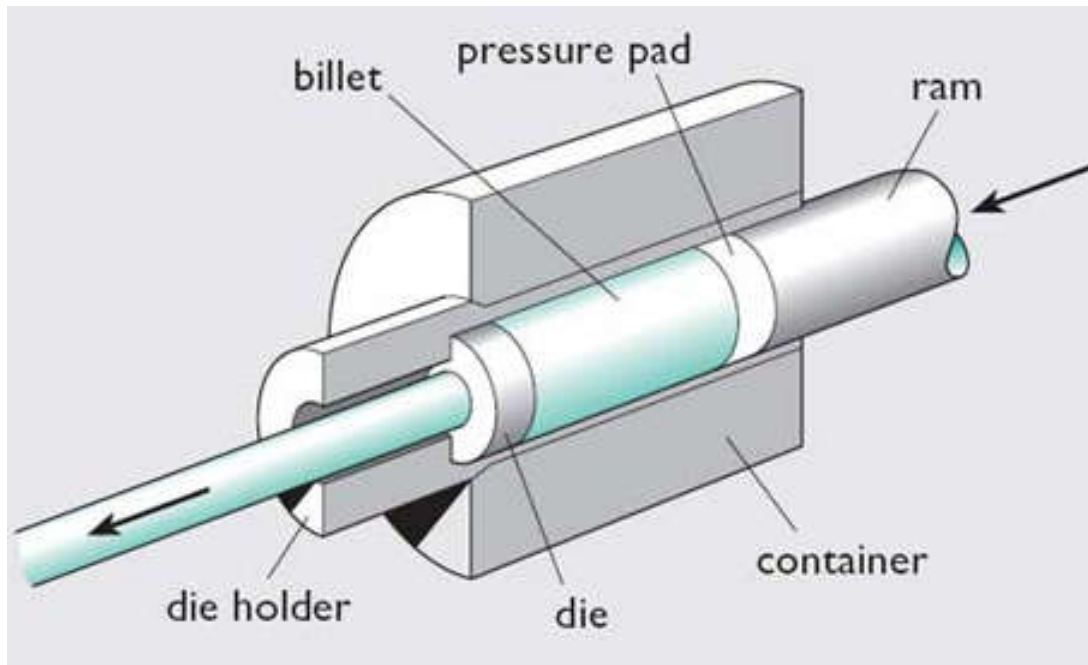
EXTRUSÃO

HISTÓRICO

- Antecede o século XIX
- Início em Tubos de Chumbo
- Auge na Segunda Guerra Mundial
- Tecnologia das Prensas

EXTRUSÃO

O QUE É ?



- Conformação de metais por deformação plástica
- Altas pressões Hidráulicas
- Materiais de elevada plasticidade



EXTRUSÃO

MATERIAIS:

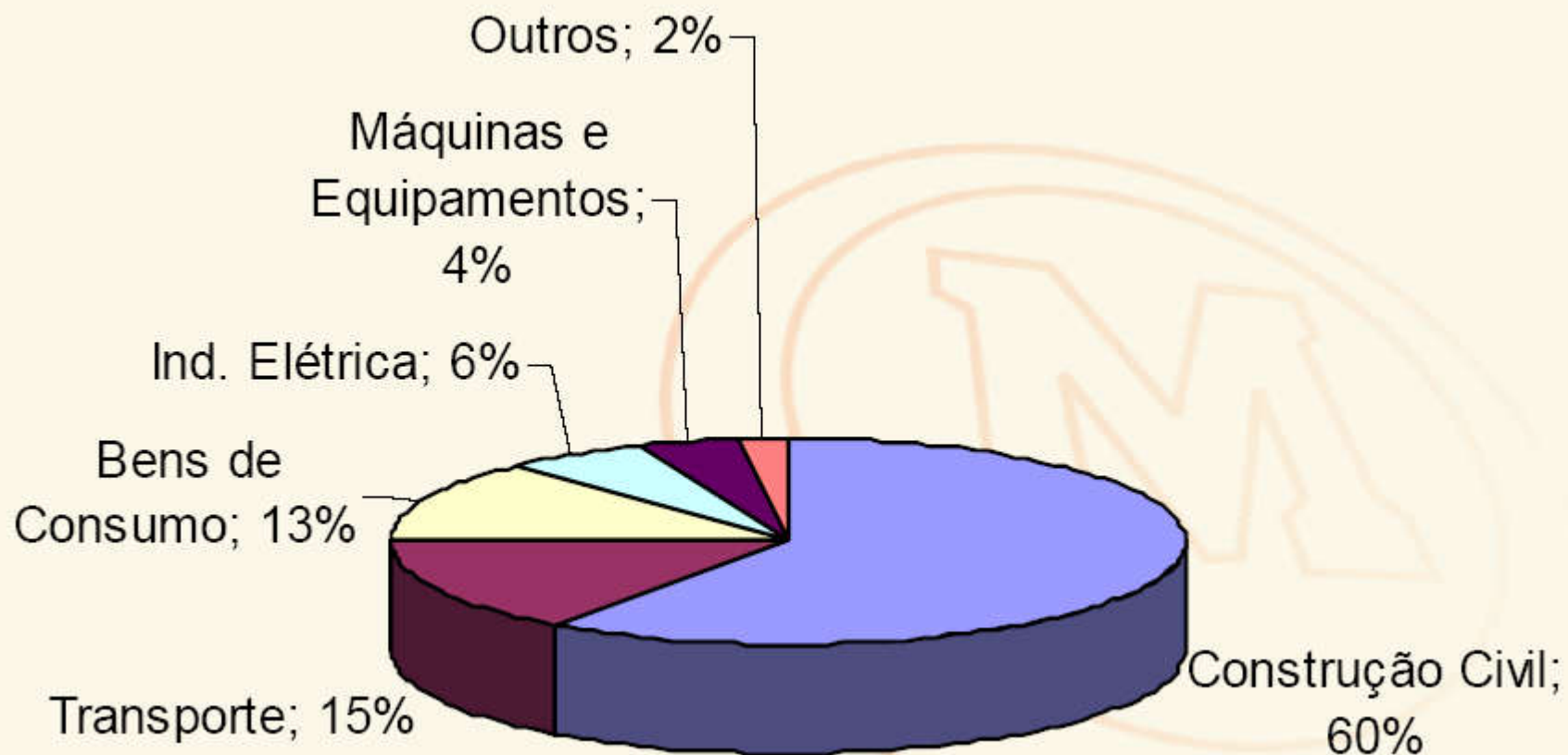
Quase todos os materiais. Também materiais frágeis, como Ferro Fundido, mediante uso de punção com contra-pressão.

EQUIPAMENTO:

Prensa mecânica de manivela e excêntrica, bem como prensa hidráulica.

EXTRUSÃO

O MERCADO DOS EXTRUDADOS



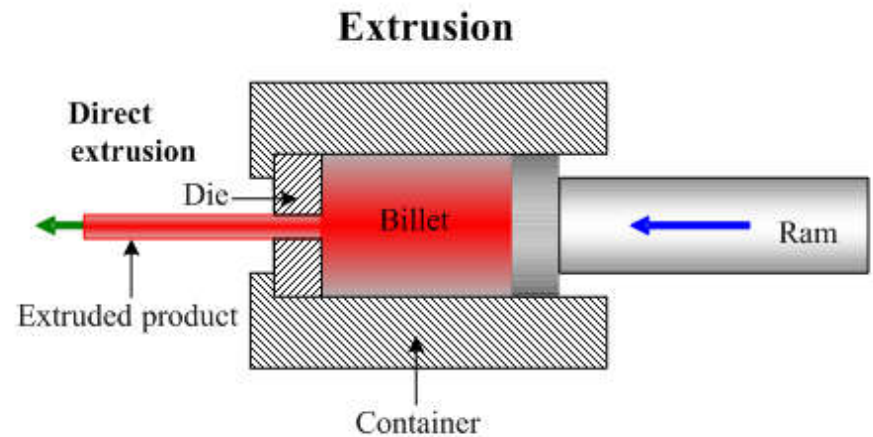
EXTRUSÃO

TIPOS DE EXTRUSÃO

- Extrusão Direta
- Extrusão Indireta

MÉTODO DIRETO

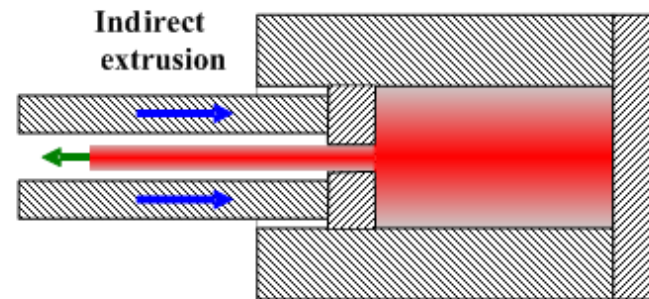
- Matriz e recipiente fixos
- Flui material no sentido da força aplicada
- Material extrudado passa pela matriz
- Melhor acabamento superficial
- Maiores valores de Atrito



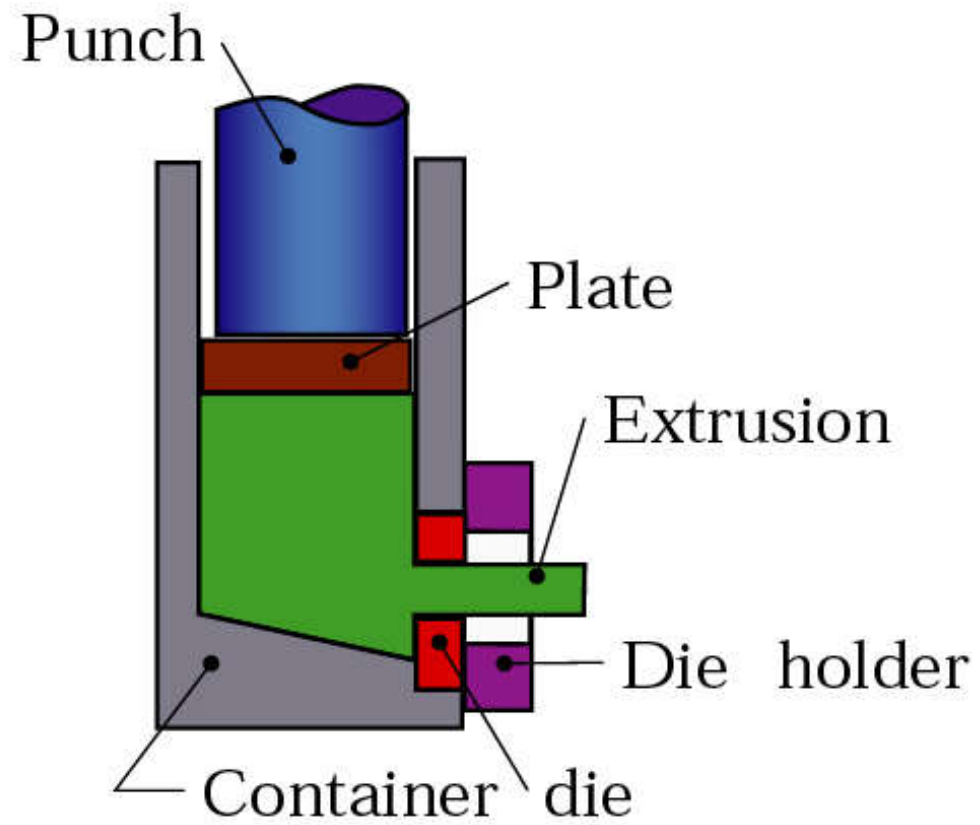
EXTRUSÃO

MÉTODO INDIRETO

- Recipiente fixo e matriz móvel
- Fluxo de metal contrário ao da Força
- Embolo Oco e Móvel
- Força menor que a do método direto
- Acabamento superficial não tão bom

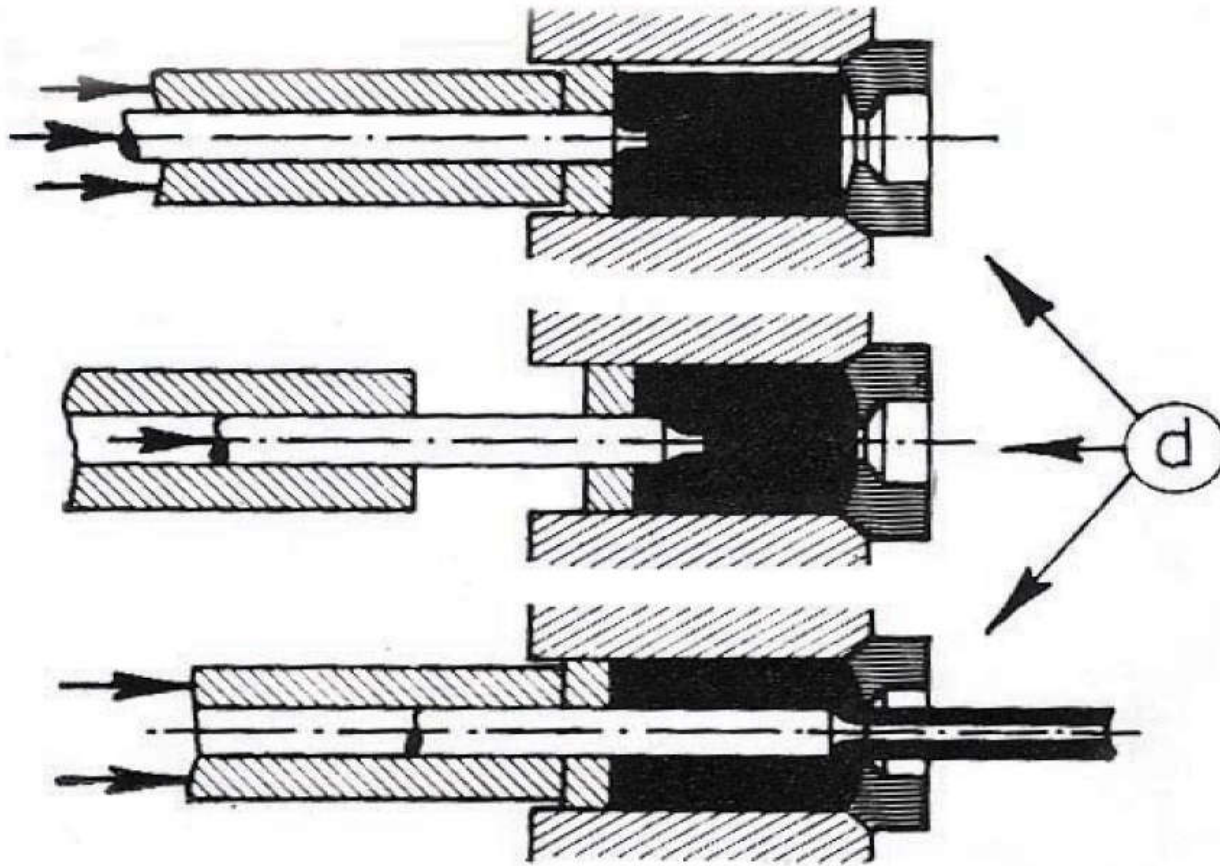


Extrusão Lateral



EXTRUSÃO

EXTRUSÃO DIRETA DE BARRA ÔCA

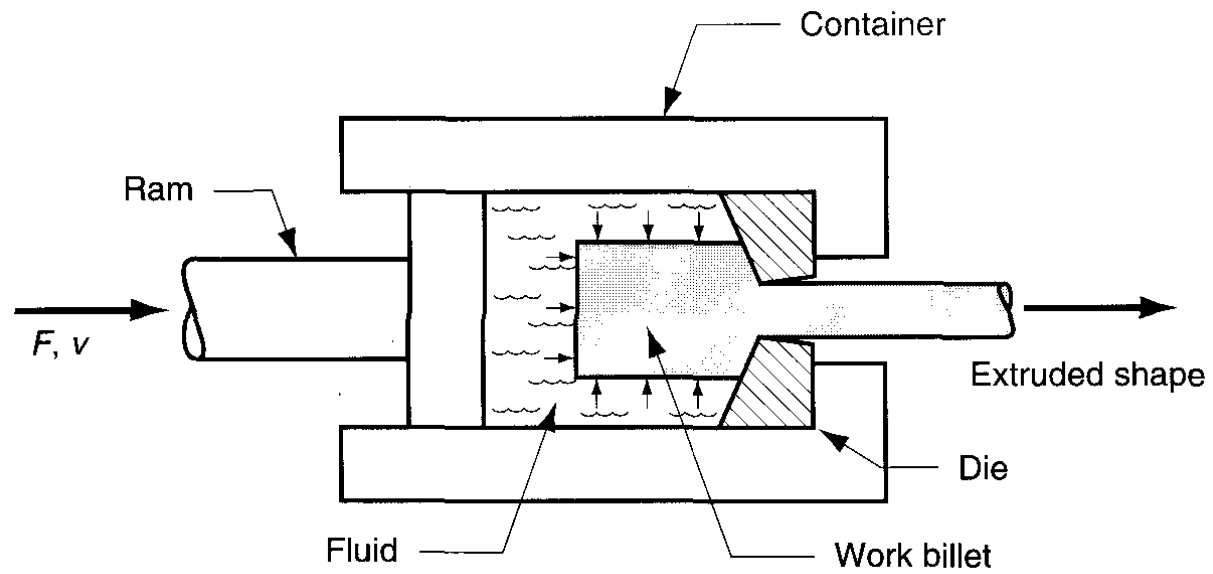




Outras Características

- A extrusão direta necessita de sistema de injeção contínua de lubrificação;
- Na extrusão direta as ferramentas são mais baratas;
- Na extrusão indireta as matrizes são mais pesadas, necessita fazer furo;
- Na extrusão indireta é necessário espaço maior;
- Mais usado é a extrusão direta;
- Maioria dos metais são extrudados à quente devido a diminuição da tensão de escoamento.

Extrusão Hidrostática





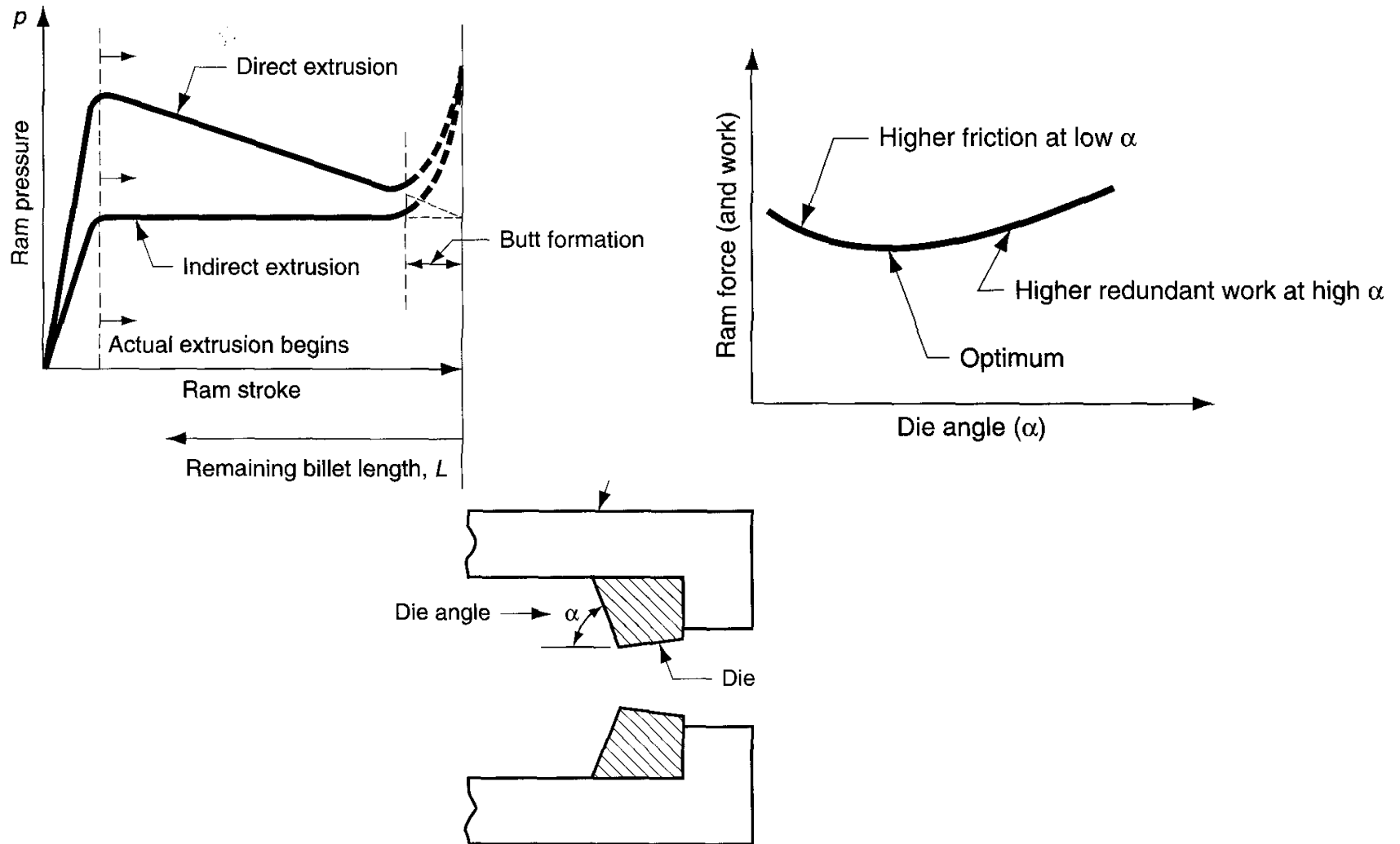
Vantagens

- Não há fricção entre o tarugo e o recipiente;
- Devido ao baixo atrito entre a matriz e o tarugo pode-se usar baixos ângulos de extrusão;
- Resistência mais alta do produto devido a ausência de vazios e poros;
- O processo é versátil na troca das matrizes;
- A própria pressão assenta a matriz no recipiente;
- Menor restrição quanto a forma da seção transversal

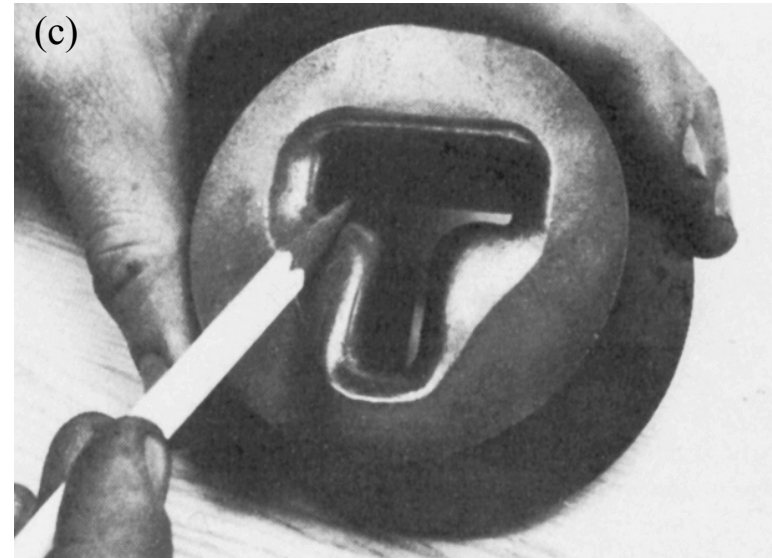
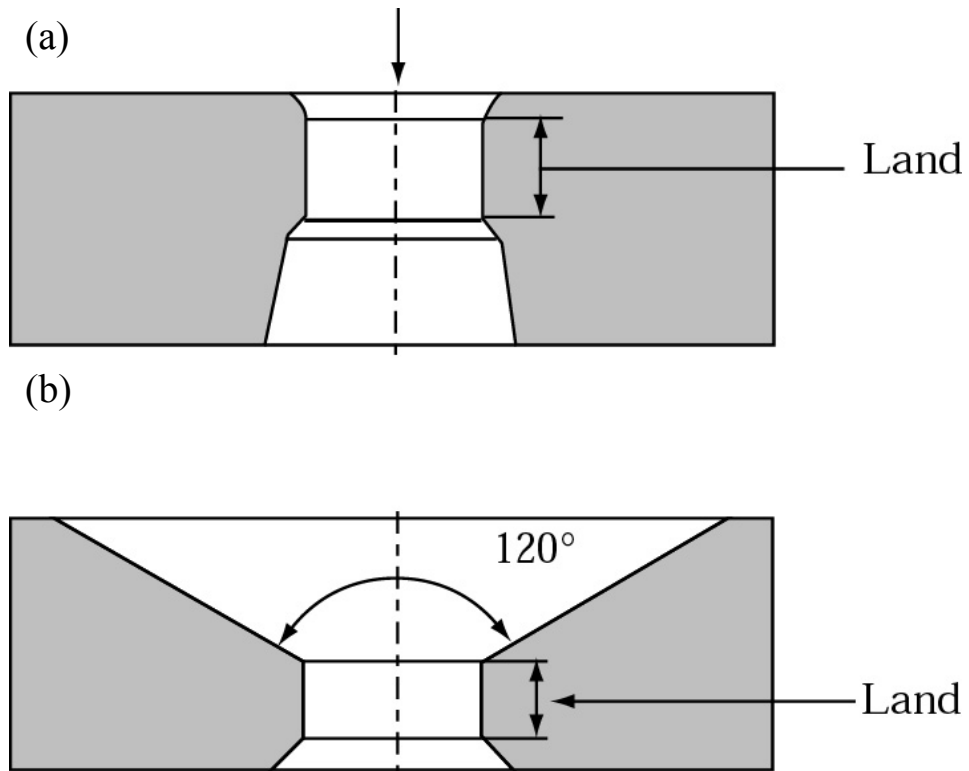
Desvantagens

- Perda de energia e eficiência devido a compressão do fluido com o aumento considerável da pressão;
- A ponta do tarugo deve ser cônica e deve ser posicionada por pressão contra a matriz para promover a vedação inicial;
- É difícil controlar a velocidade de extrusão;
- Apresenta problemas associados à vedação do pistão carregamento cíclicos (fadiga dos componentes do equipamento).

Variação da força do embolo com o percurso do embolo e ângulo da matriz.



Configuração típica de matriz de extrusão



Típicas configurações de matrizes (a) matriz para metais não-ferrosos; (b) matriz para metais ferrosos; (c) matriz para extrusão em forma de T.

EXTRUSÃO

Os processos de extrusão podem ainda ser divididos pela temperatura da peça:

| Extrusão a frio | Extrusão semi-aquecida | Extrusão a quente |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">•Elevada economia•Combinação com outros processos•Alta qualidade dimensional e superficial•Fabricação de peças complexas•Melhores propriedades mecânicas | <ul style="list-style-type: none">•Propriedades semelhantes às dos extrudados a frio.•Menor tensão de escoamento•Importância cada vez maior | <ul style="list-style-type: none">•Melhora da trabalhabilidade |



EXTRUSÃO

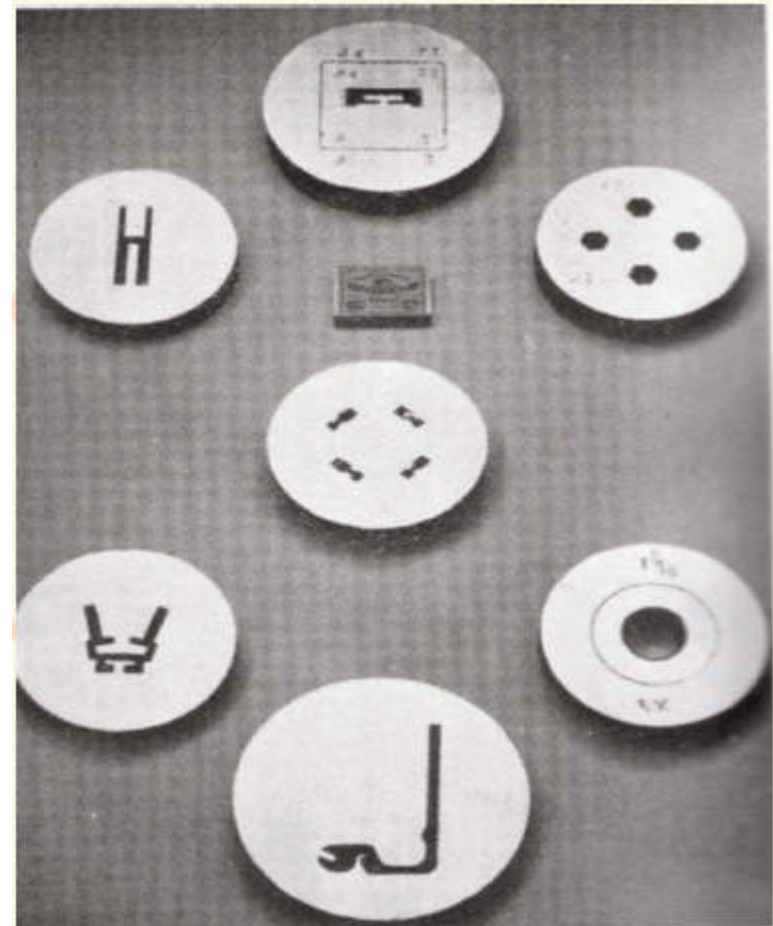
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Tarugo
- Forno ou Aquecedores
- Matriz
- Prensa Hidráulica
- Punção ou haste do Embolo
- Disco de Apoio
- Recipiente
- Disco de Pressão
- Equipamento para Estiramento do Produto Extrudado

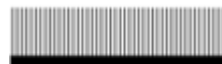
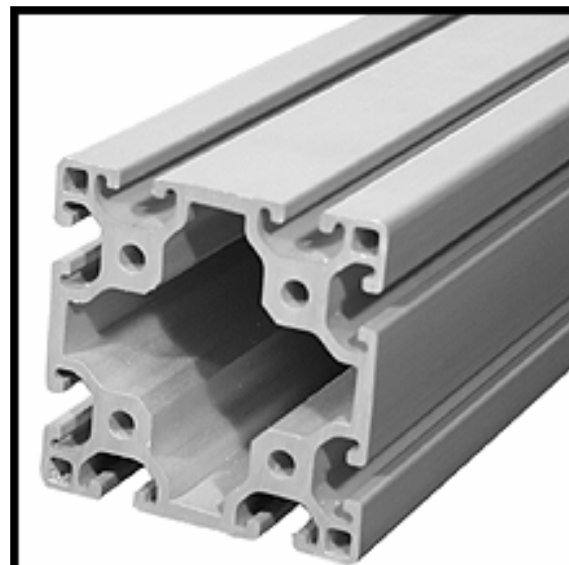
EXTRUSÃO

MATRIZ

- Influencia diretamente na qualidade do produto
- Perfis maciços ou tubulares
- Polimento: Rugosidade muito baixa
- Alta resistência à abrasão
- Alta Dureza
- Revestimentos Superficiais



Exemplos of partes feita por extrusão



EXTRUSÃO

TARUGOS



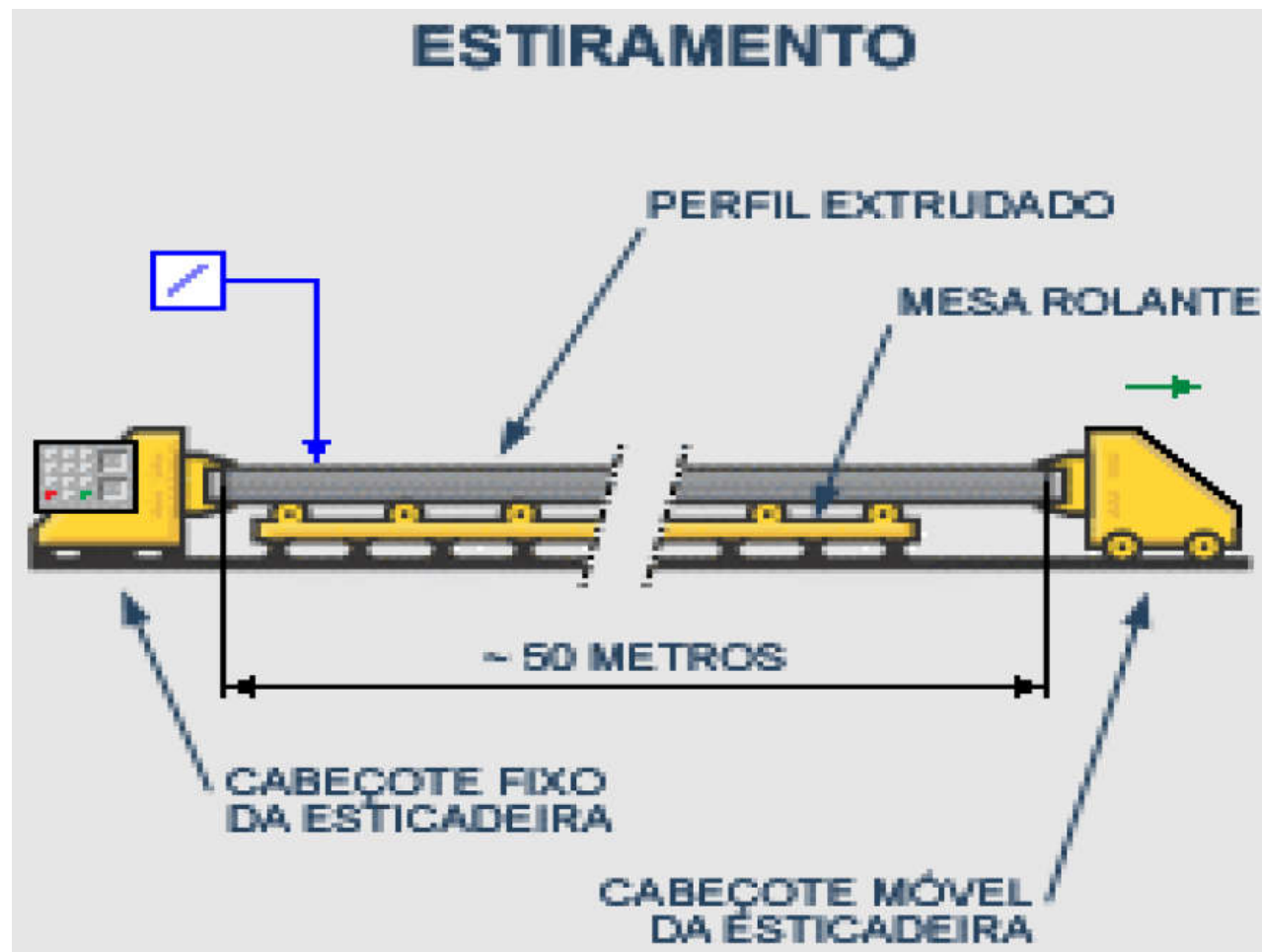
EXTRUSÃO



PRENSA HIDRÁULICA HORIZONTAL



EXTRUSÃO



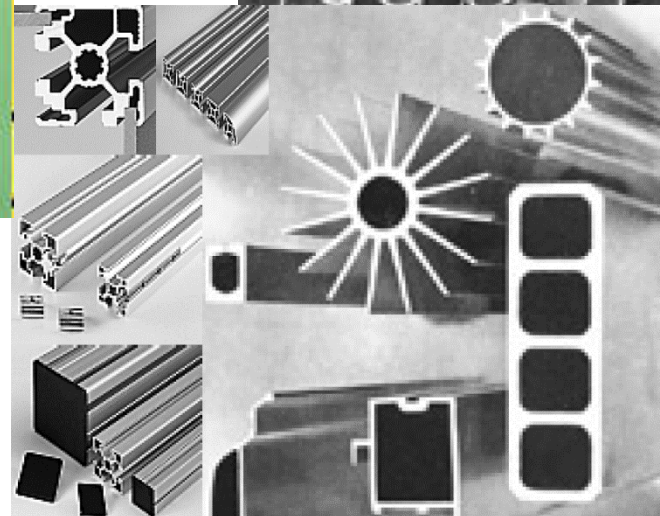
EXTRUSÃO

LINHA DE ESTIRAMENTO DE BARRAS



EXTRUSÃO

PRODUTOS EXTRUDADOS

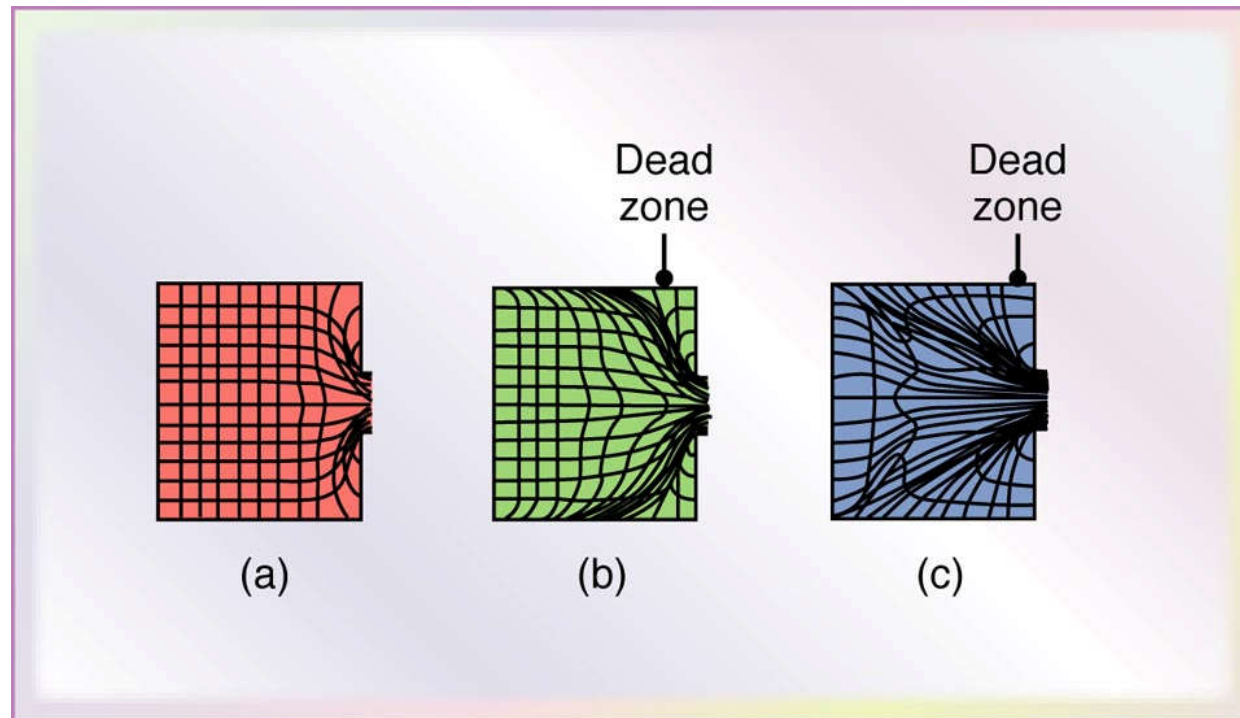


EXTRUSÃO

PRODUTOS EXTRUDADOS



Tipos de fluxo de metal em extrusão com matriz quadrada



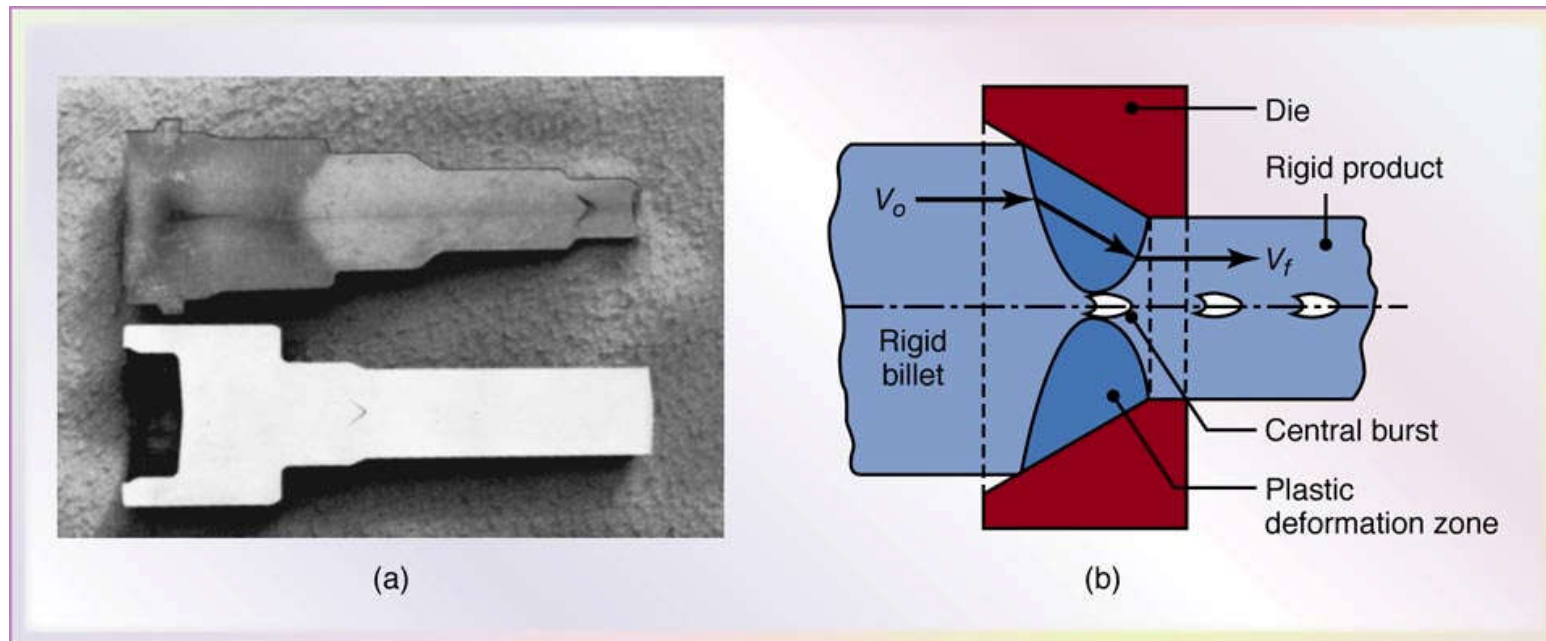
(a) Linhas de fluxo em baixo atrito ou em extrusão indireta; b) linhas de fluxo obtidas com alto atrito entre o container e o tarugo; (c) linhas de fluxo obtidas com alto atrito ou com resfriamento de regiões externas do tarugo no container. Este tipo de linhas de fluxo, observadas em metais que aumentam a resistência rapidamente com decréscimo da temperatura, que leva a defeitos de extrusão.

DEFEITOS EM TREFILADOS

Podem resultar:

- de defeitos na matéria-prima (fissuras, lascas, vazios, inclusões);
- do processo de deformação.

Exemplo de defeito: Trincas internas em ponta de flecha ("chevrons") - veja figura abaixo



(a) Chevron cracking in extruded round steel bars.. This defect can also develop in the drawing of rod, of wire, and of tubes. (b) Schematic illustration of rigid and plastic zones in extrusion. The tendency toward chevron cracking increases if the two plastic zones do not meet. Note that the plastic zone can be made larger either by decreasing the die angle or by increasing the reduction in cross-section (or both).

EXTRUSÃO

DEFEITOS EM PRODUTOS EXTRUDADOS



EXTRUSÃO

DEFETOS EM PRODUTOS EXTRUDADOS



EXTRUSÃO

DEFEITOS EM PRODUTOS EXTRUDADOS



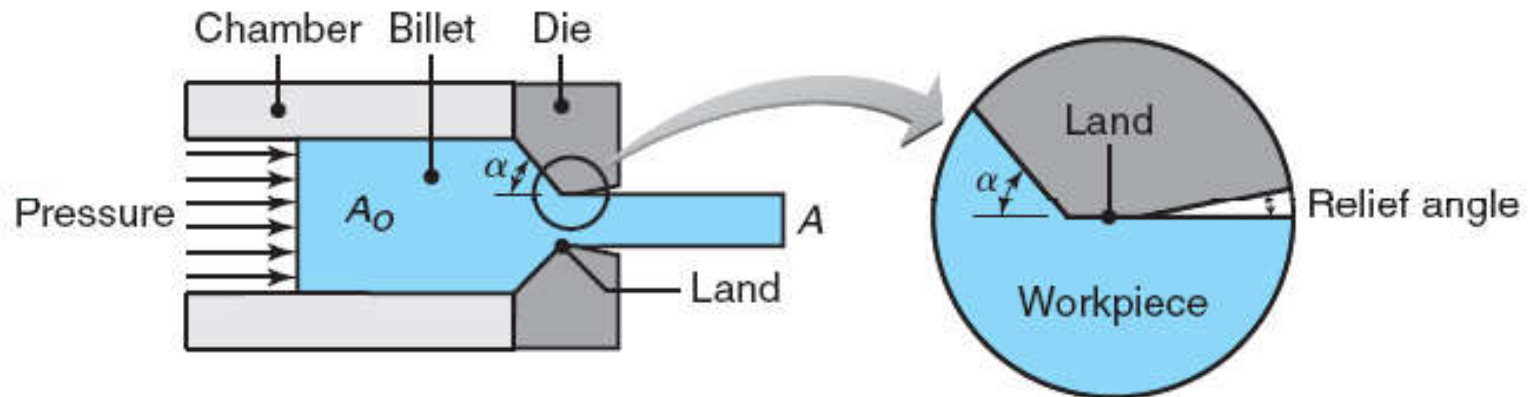
EXTRUSÃO

DEFEITOS EM PRODUTOS EXTRUDADOS



Parâmetros de Extrusão

- Atrito
- Propriedades Mecânicas do Material
- Razão de extrusão: $R_e = \frac{A_0}{A}$
- Velocidade
- Temperatura
- Geometria da Matriz



Método da deformação homogênea

$$P_e = \bar{Y} \cdot \ln(R_e)$$

ou

$$P_e = \frac{K \bar{\varepsilon}^{n+1}}{n+1}$$

σ_f = pressão de extrusão

\bar{Y} = tensão de escoamento média

R_e = razão de extrusão

Considerando eficiência (η)

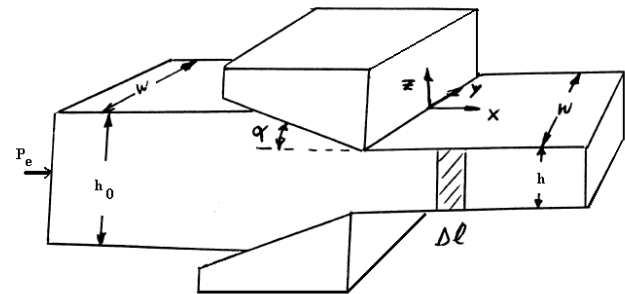
$$P_e = \frac{K \bar{\varepsilon}^{n+1}}{\eta(n+1)}$$

$$R_e = \frac{A_0}{A}$$

$$R_e = \frac{1}{1-r}$$

Barras (estado plano de deformação)

$$P_e = \frac{2}{\sqrt{3}} \bar{Y} \cdot \ln(R_e)$$



Método dos blocos

Seção circular

$$P_e = \bar{Y} \cdot \left(\frac{1+B}{B} \right) \ln(1 - R_e^B)$$

α = ângulo metade da matriz

R_e = razão de extrusão

$$B = \mu \cot g \alpha$$

μ = coeficiente de atrito

$$F_e = P_e \cdot A_s$$

A_s = área da seção transversal do tarugo

Barras

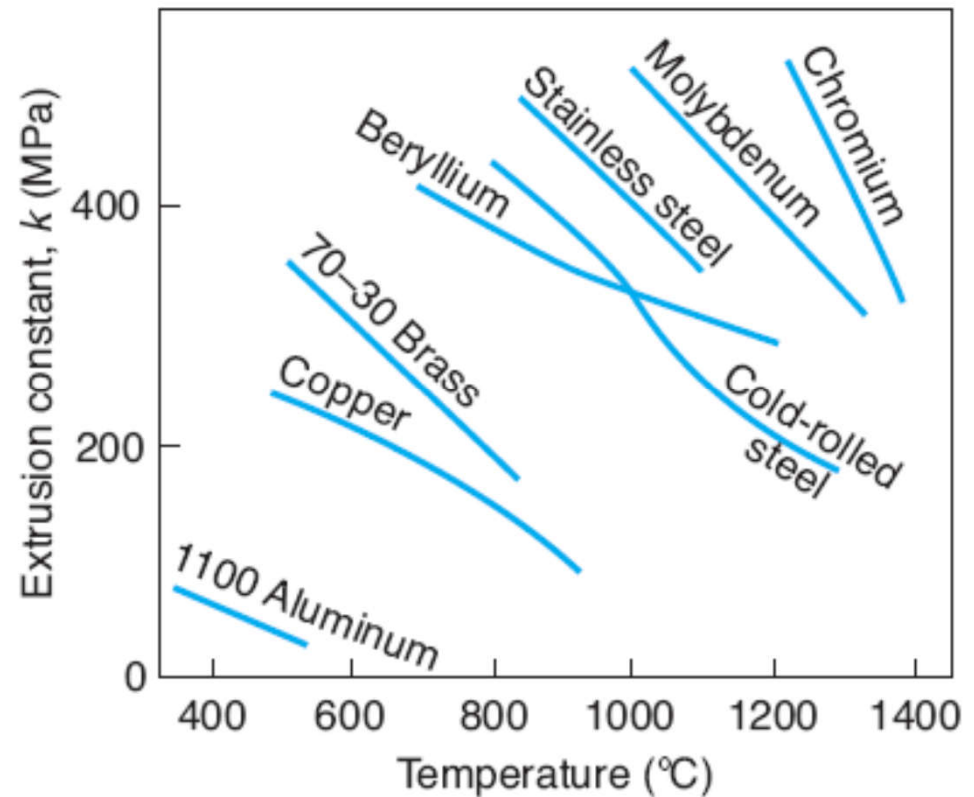
$$P_e = \frac{2}{\sqrt{3}} \bar{Y} \cdot \left(\frac{1+B}{B} \right) \ln(1 - R_e^B)$$

Força de Extrusão

Cálculo para diversos materiais em função da temperatura

$$F = A_0 k \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

k = extrusion constant





Cálculo da Força em Extrusão a Quente

Um tarugo circular feito de latão 70–30 é extrudado na temperatura de 675°C. O diâmetro do tarugo é 125 mm, e o diâmetro final do material a ser extrudado é 50 mm. Calcule a força de extrusão requerida na operação.

Solução

Para o latão, k is 250 MPa, Assim:

$$F = \frac{\pi(125)^2}{4} (250) \ln \left[\frac{\pi(125)^2}{\pi(50)^2} \right] = 5.6 \text{ MN}$$



EXEMPLO 1

- Uma chapa de metal tendo uma espessura inicial de 0,1 in e largura 12 in está sendo forçada através de uma matriz com faces retas. Se a tensão de escoamento média é $30\sqrt{3}$ ksi e o coeficiente de atrito médio 0,08 e ângulo de matriz $\alpha=15^\circ$, calcule a força necessária para completar esta operação para uma redução de 10 %.

EXEMPLO 2

- Calcule a força requerida para extrusão da liga de Al 1100-O de um ϕ 6 in para ϕ 2 in. Assumir que o trabalho redundante é 40 % do trabalho ideal e o trabalho devido ao atrito é 25% do trabalho total de deformação. O Al obedece o seguinte comportamento: $\bar{\sigma} = 26\bar{\epsilon}^{0,2} \text{ksi}$.



TREFILAÇÃO E EXTRUSÃO

QUESTIONÁRIO

- 1 – Que tipos de produtos podem ser obtidos pelos processos de trefilação e de extrusão?
- 2 – Qual a diferença mais importante entre esses dois processos?
- 3 – Quais são as zonas em que se divide uma feira?
- 4 – Cite as principais vantagens do processo de trefilação.
- 5 – Quais são os equipamentos em que se realizam o processo de trefilação?
- 6 – Cite as etapas do processo industrial de trefilação.
- 7 – Explique sucintamente o processo de extrusão.
- 8 – Quais os materiais metálicos que podem ser extrudados?
- 9 – Em que diferem os processos de extrusão direta e de extrusão inversa?
- 10 – Quais os equipamentos envolvidos no processo de extrusão?
- 11 – Quais as características que deve ter uma matriz de extrusão?
- 12 – Enumere os principais tipos de defeitos que podem ocorrer nos materiais extrudados.



Referências Adicionais

Manufacturing, Engineering & Technology, Fifth Edition,
Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid.
ISBN 0-13-148965-8. © 2006 Pearson Education, Inc., Upper Saddle
River, NJ.