



Labconf

Laboratório de Conformação Mecânica - UFPR

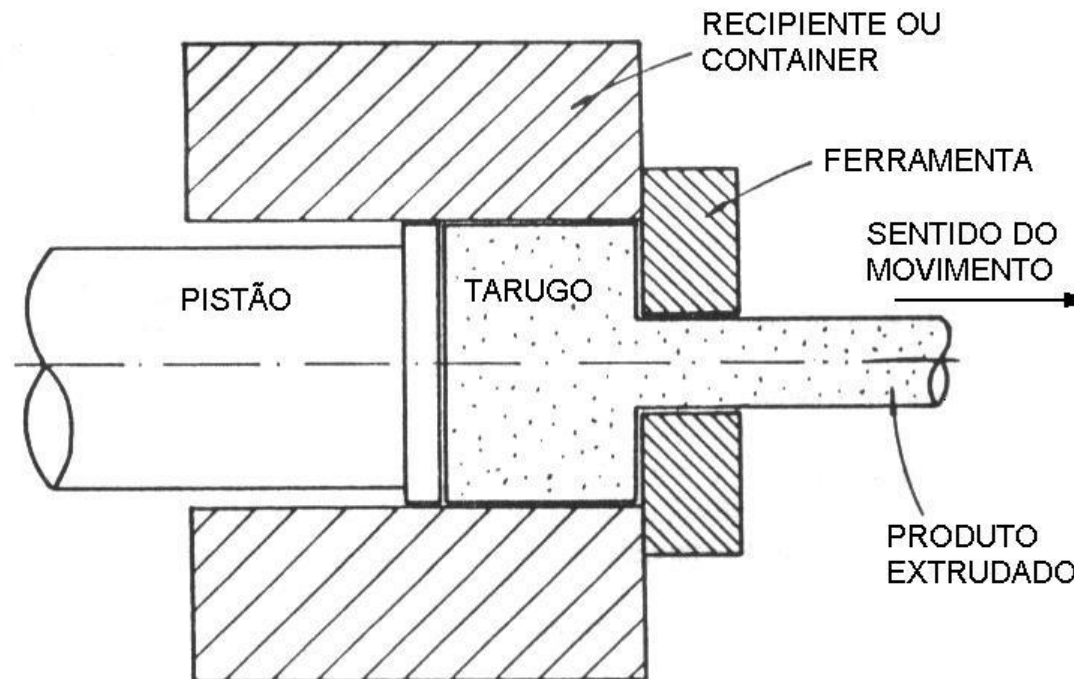


Extrusão

Prof. Paulo Marcondes, PhD.
DEMEC / UFPR

Definição de extrusão

- Processo pelo qual um bloco é reduzido em seção transversal ao ser forçado a escoar através do orifício de uma matriz sob alta pressão.



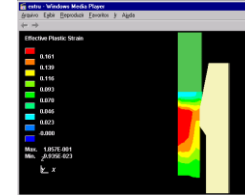
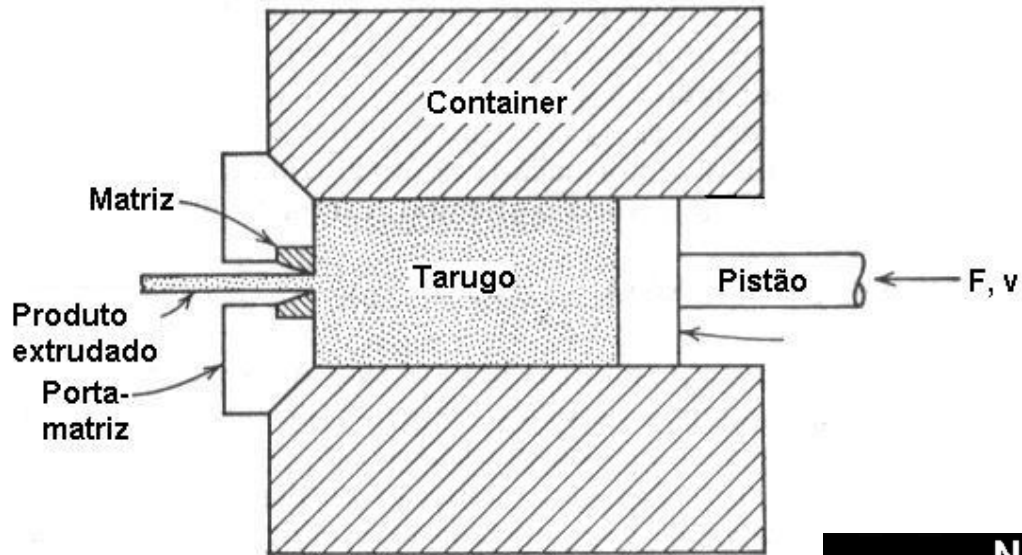
Temperaturas típicas



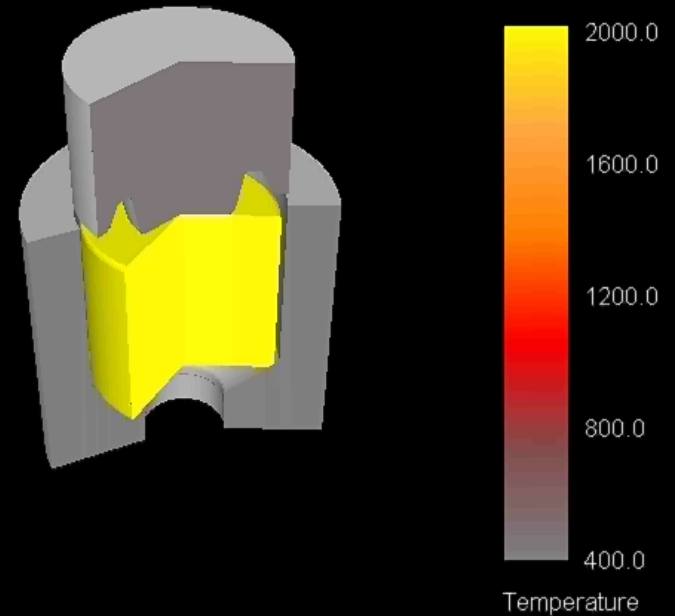
Metal	Temperatura (°C)
Chumbo	200 - 250
Alumínio e ligas	375 - 475
Cobre e ligas	650 - 950
Aços	875 - 1300
Ligas refratárias	975 - 2200



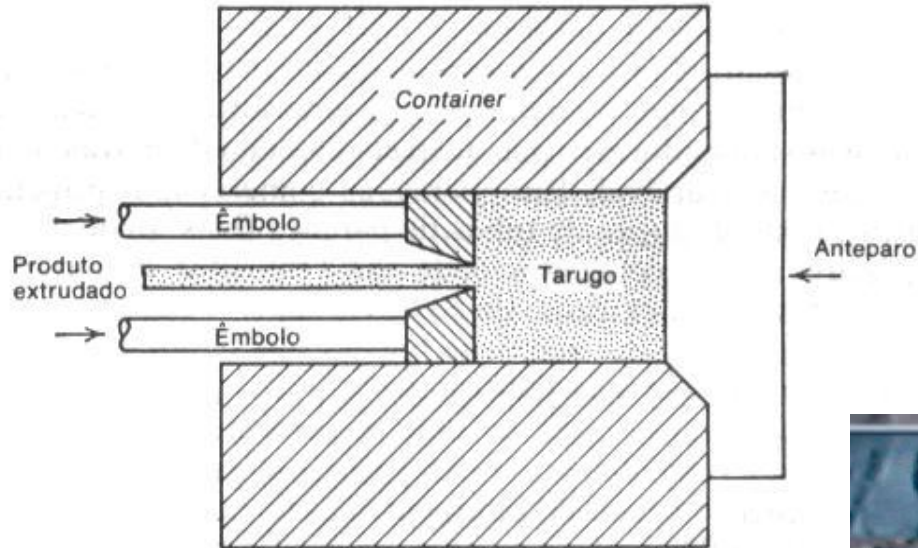
Extrusão direta



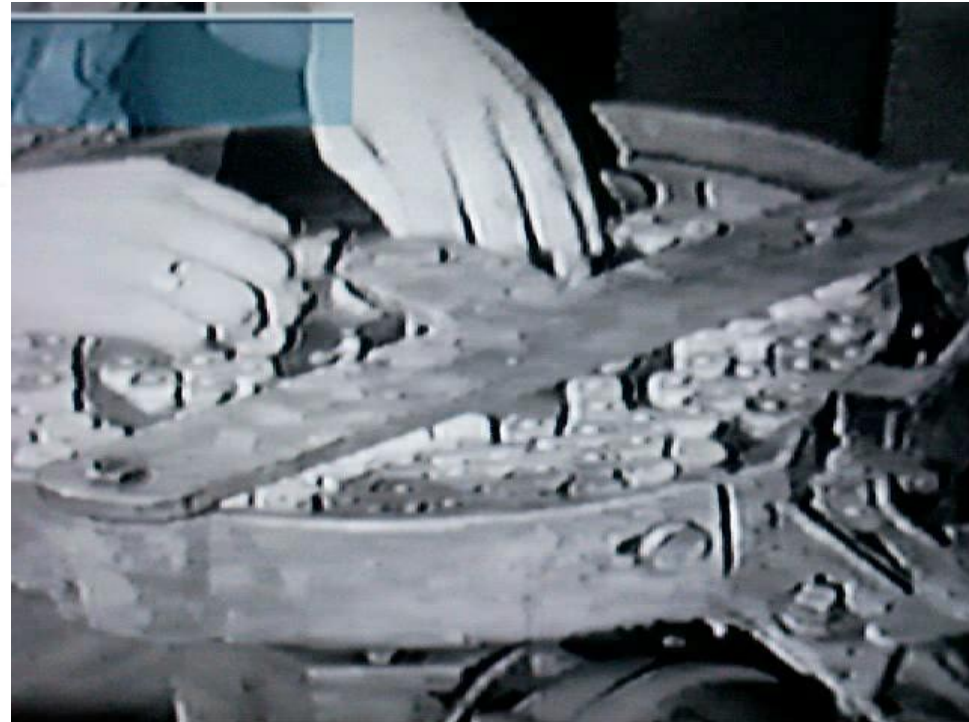
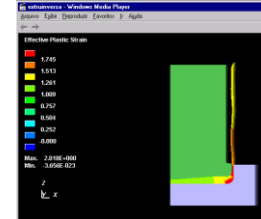
Non-Isothermal (Hot) Extrusion



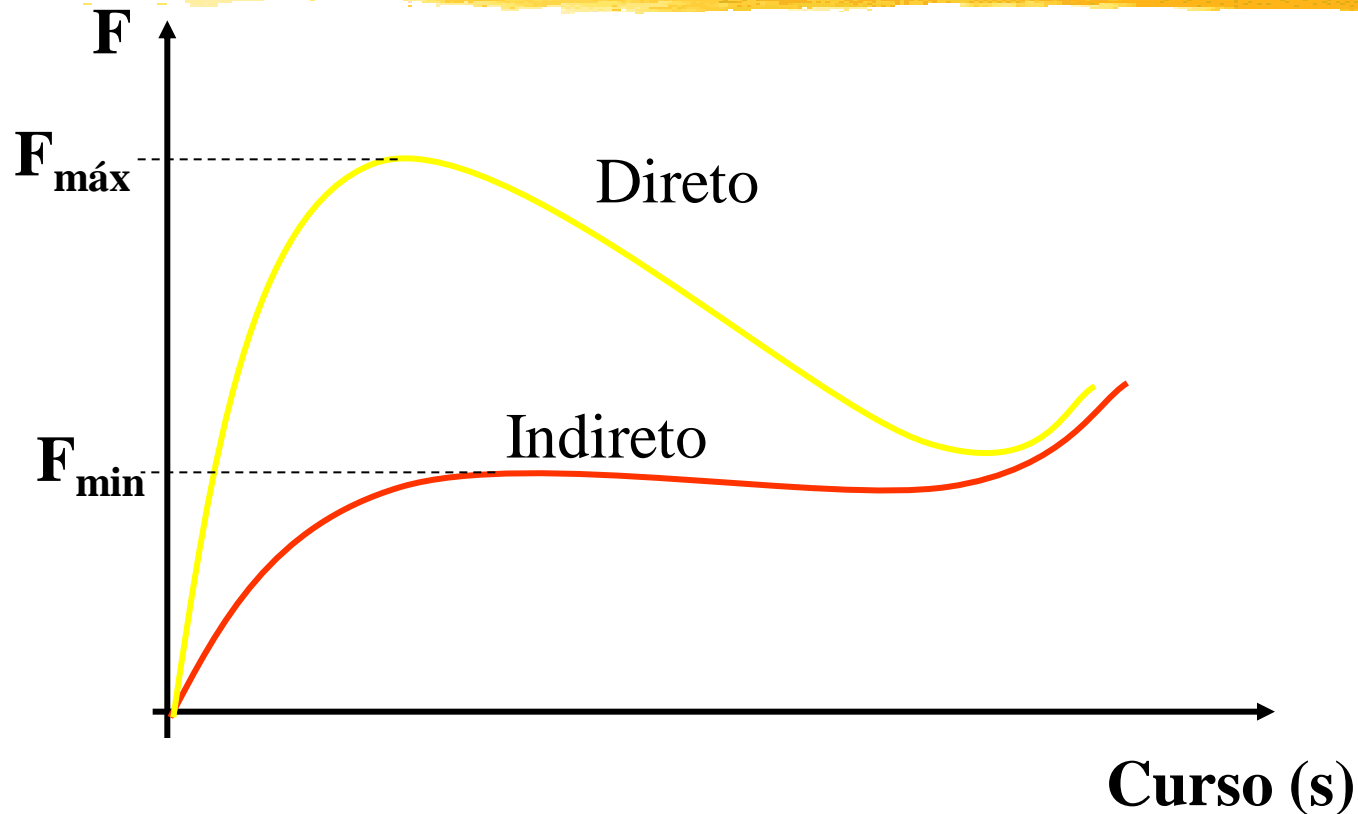
Extrusão inversa, indireta ou reversa



Extrusão indireta



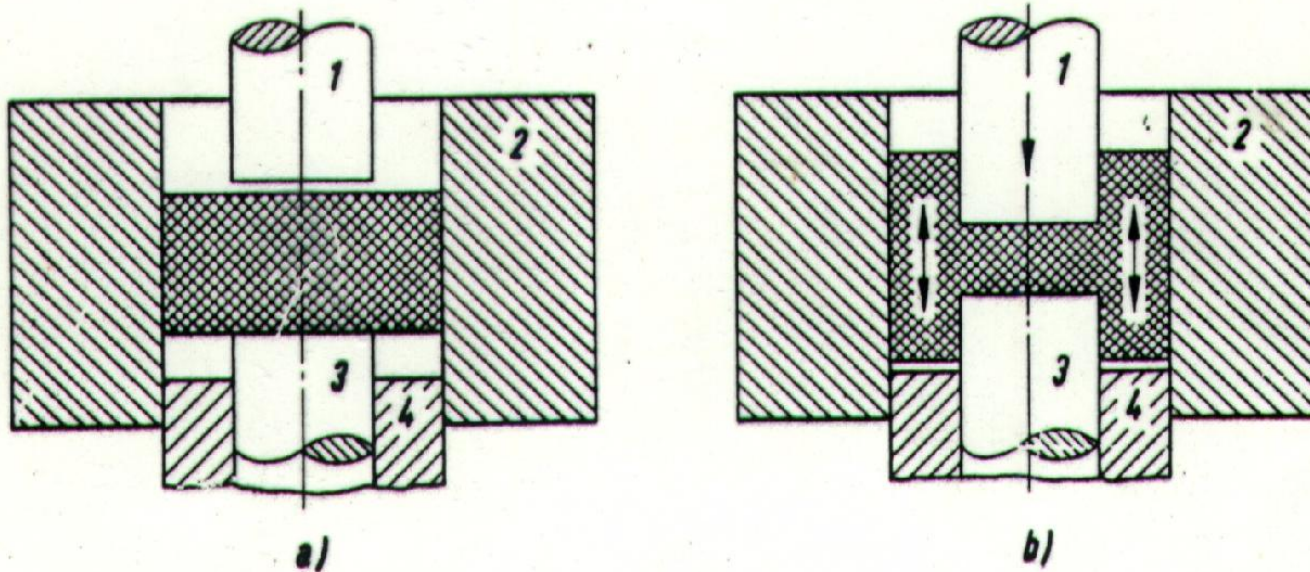
Extrusão direta X extrusão indireta



⌘ Variação da força de extrusão em função do curso do êmbolo

• Extrusão combinada.

- ✓ Combinação dos processos de extrusão a frio.
- ✓ É utilizada quando se devem produzir corpos ocos e maciços que possuam paredes e fundos de espessuras diferentes, ou que sejam providos de rebordos e rebaixos.
- ✓ Neste processo o material escoar no sentido e em oposição ao movimento do estampo, conforme ilustrado na figura.



Extrusão lateral

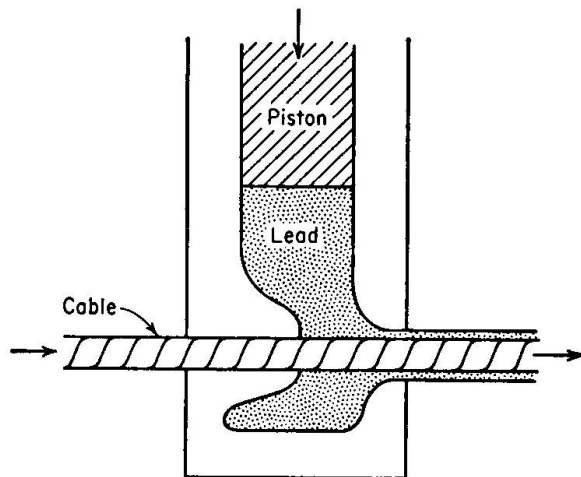
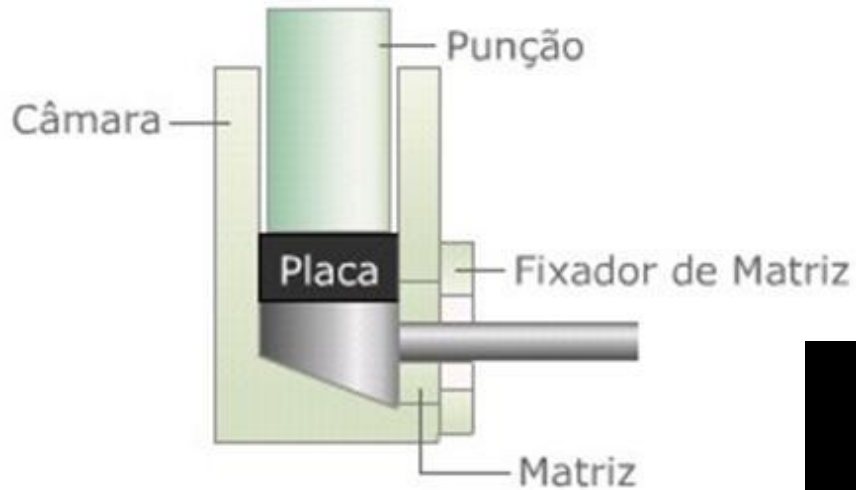
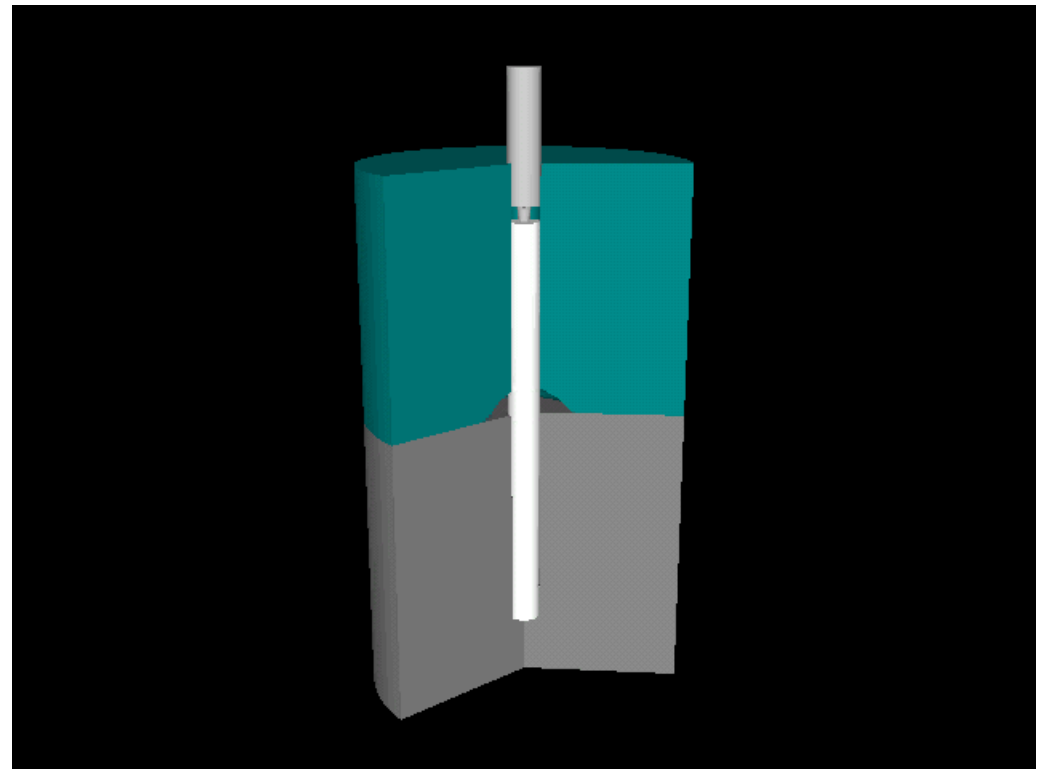
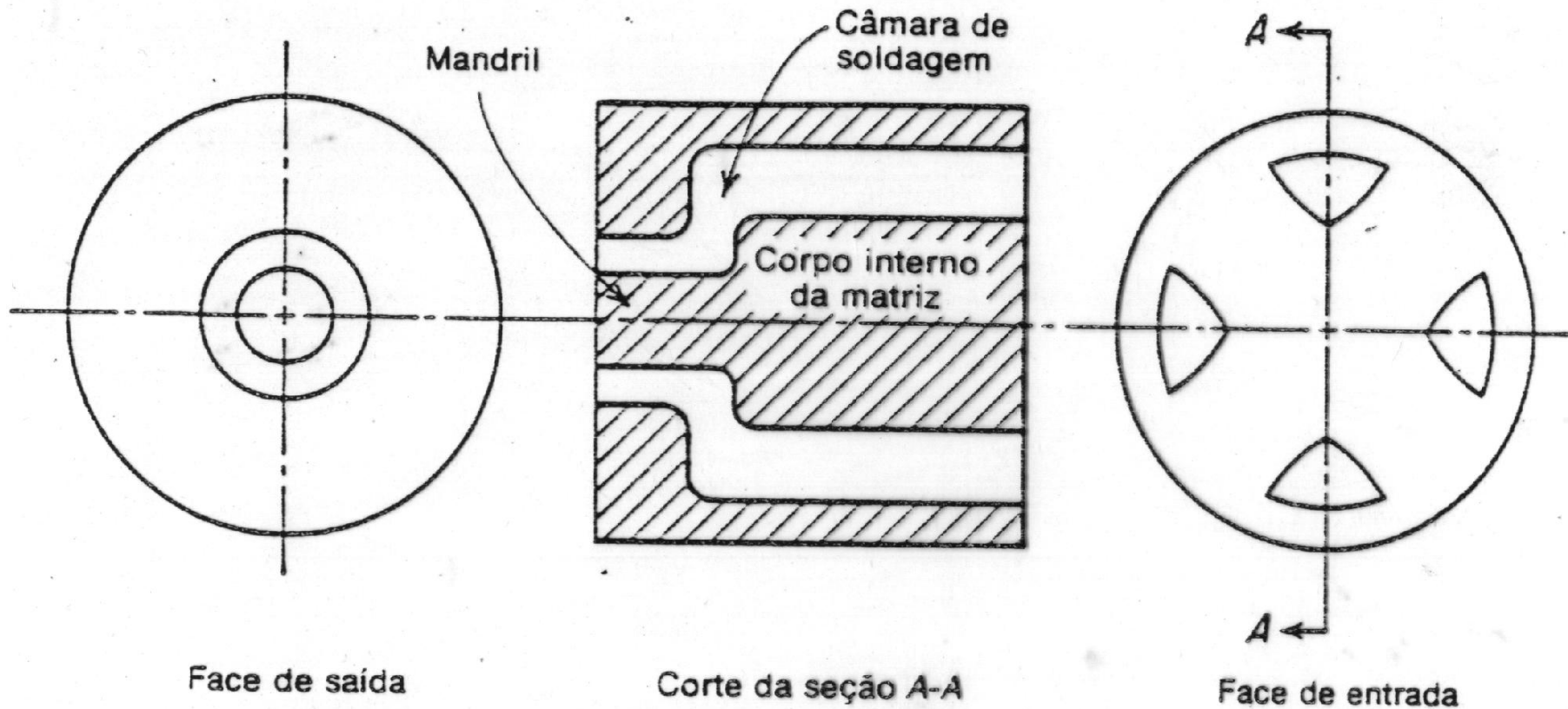


Fig. 18-2 Extrusion of lead sheath on electrical cable.



Matriz de extrusão de tubos sem mandril.



Matriz de extrusão de formas ocas com mandril.

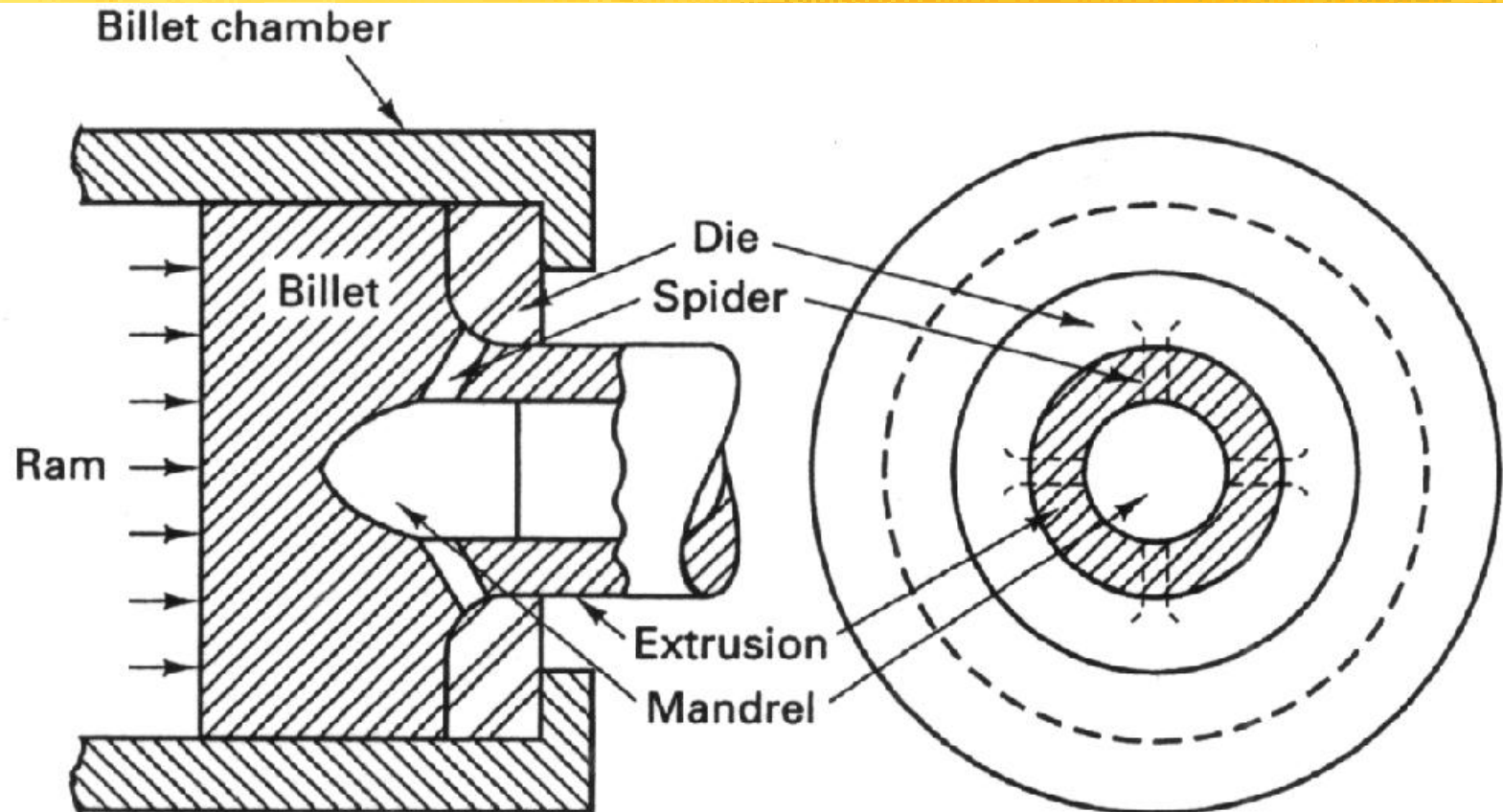
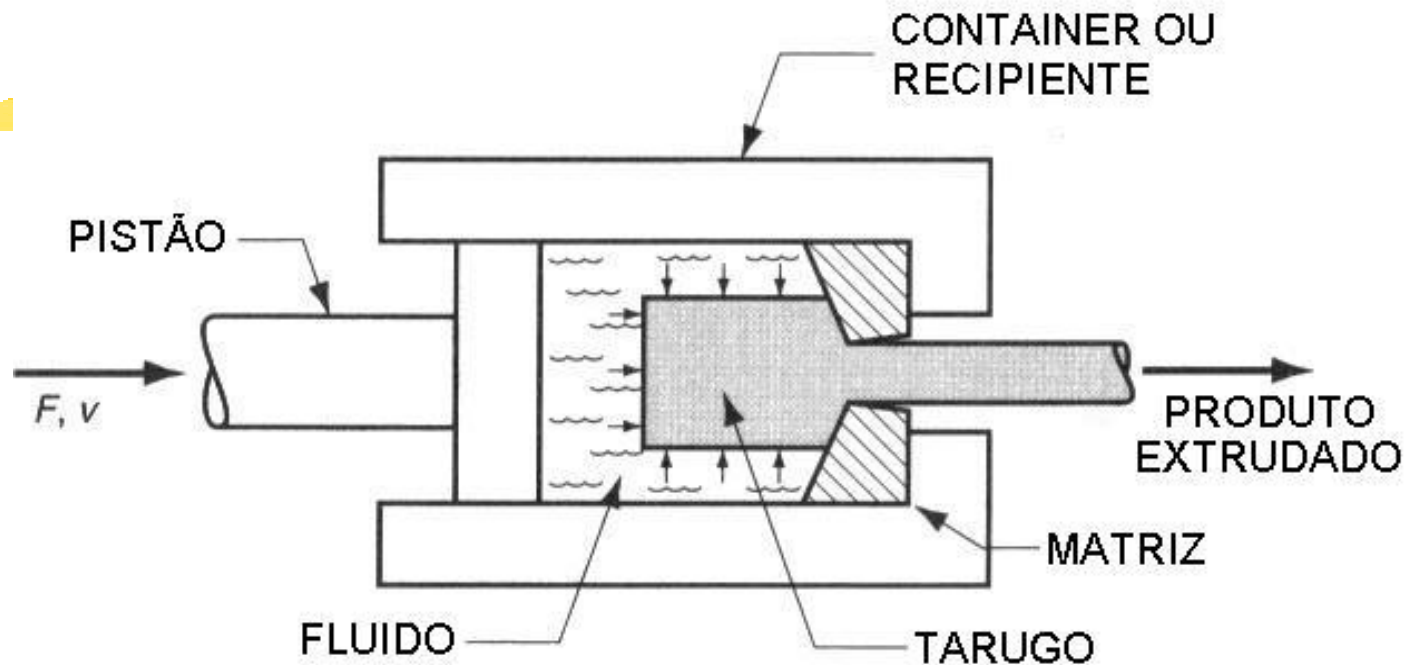


FIGURE 18-25 Hot extrusion of a hollow shape using a spider-mandrel die. Note the four arms connecting the die and the mandrel.

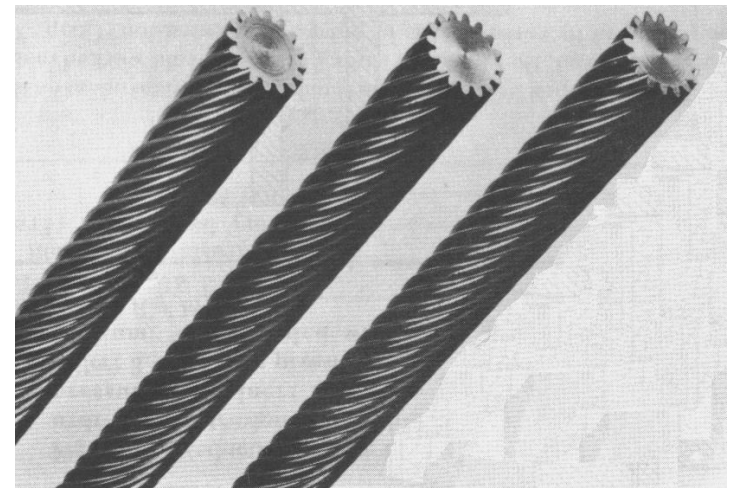
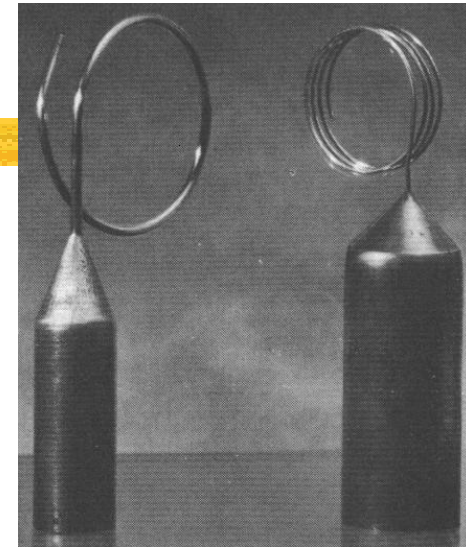
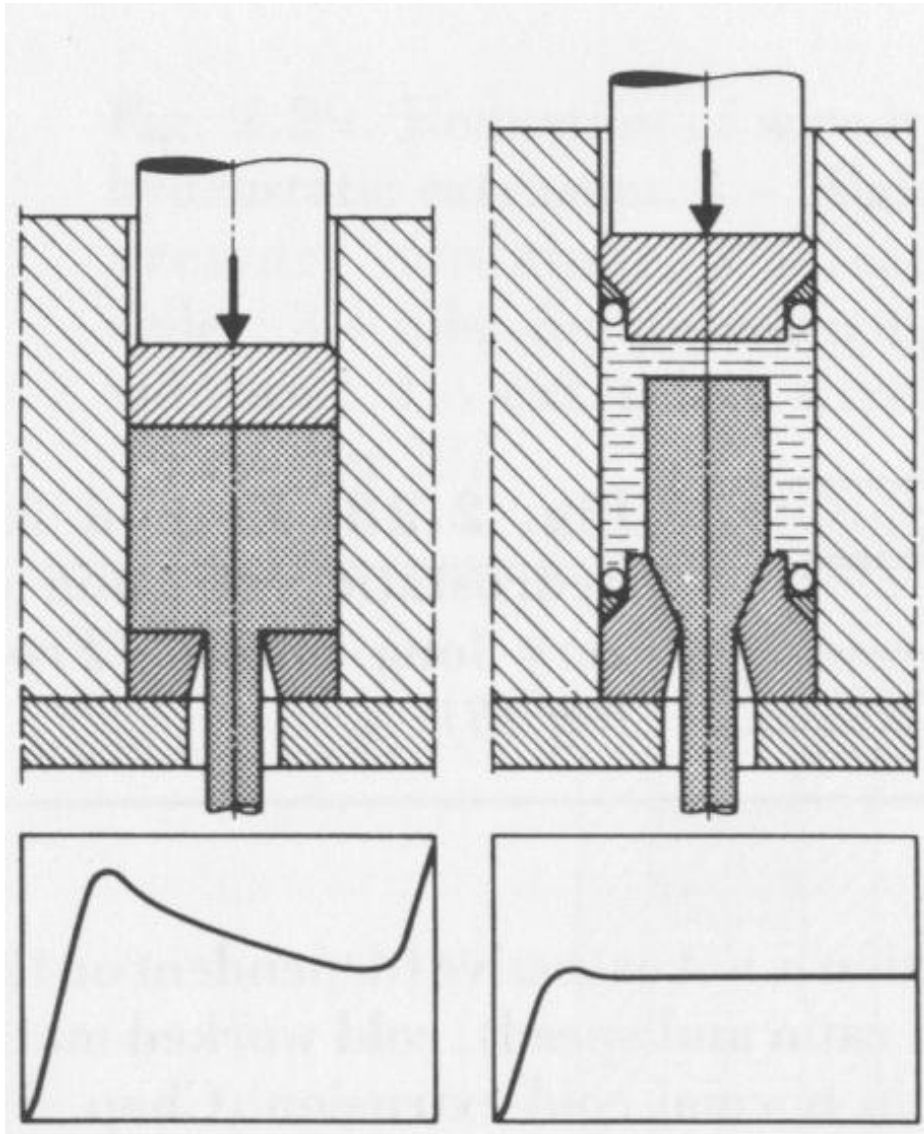
• Extrusão hidrostática.



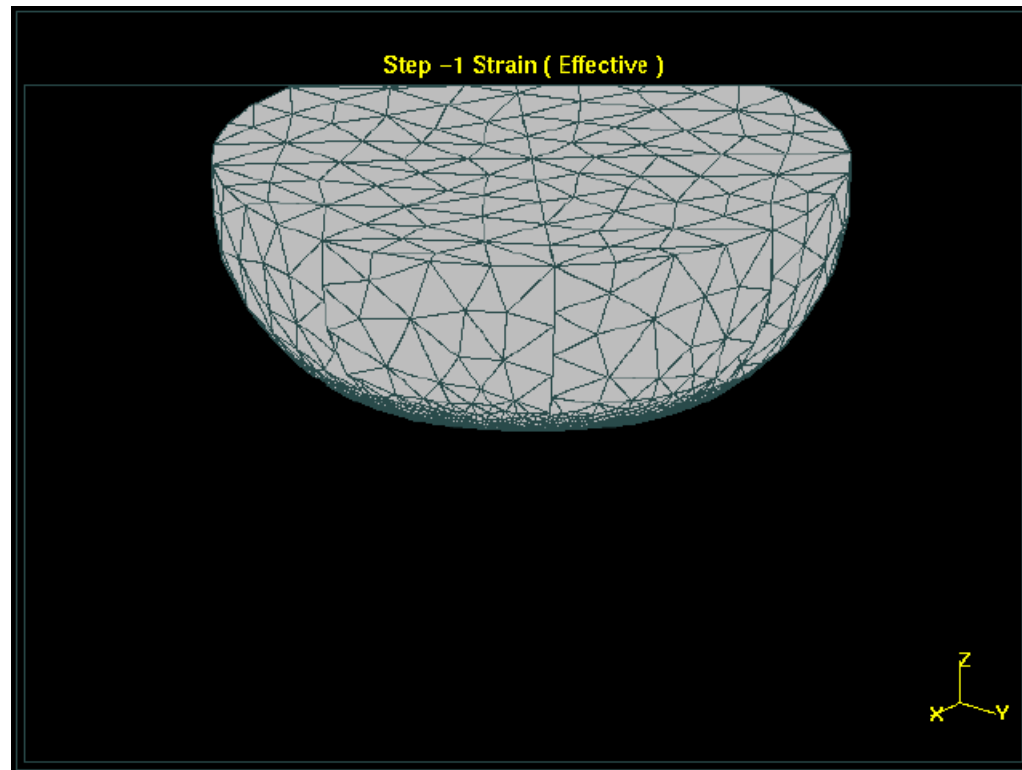
- Vantagens:

- ✓ Não há fricção (tarugos longos com moderada pressão).
- ✓ Ângulos baixos para a matriz (menor deformação redundante e pressão de extrusão).

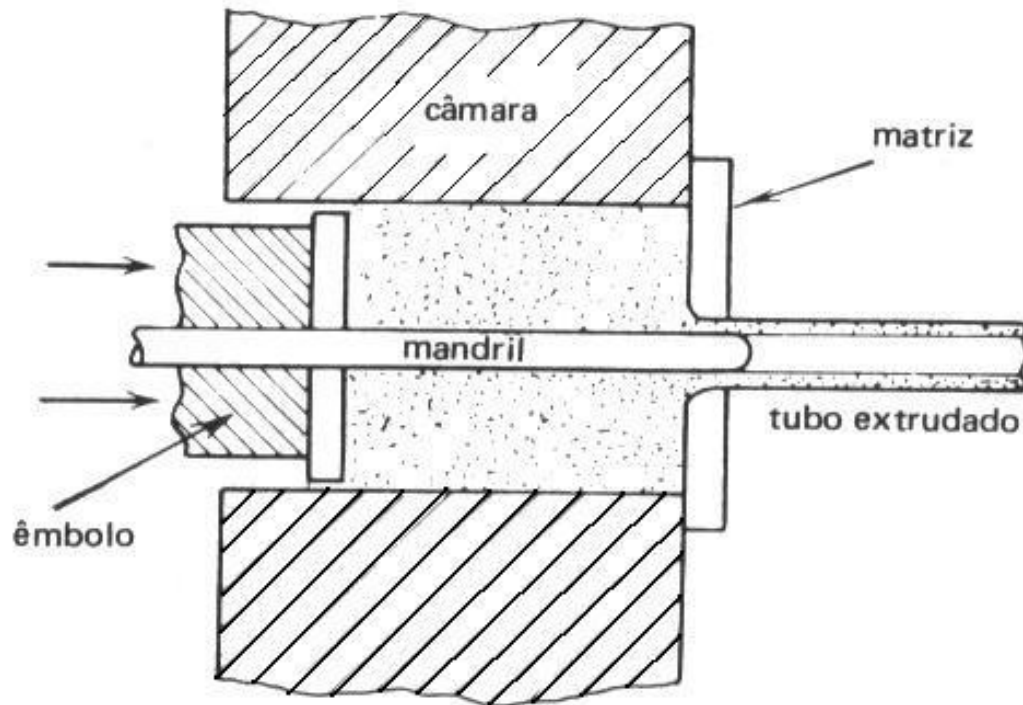
Extrusão hidrostática.



Extrusão helicoidal.



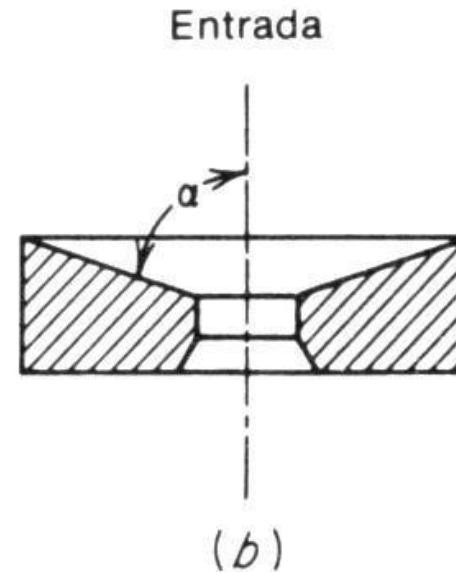
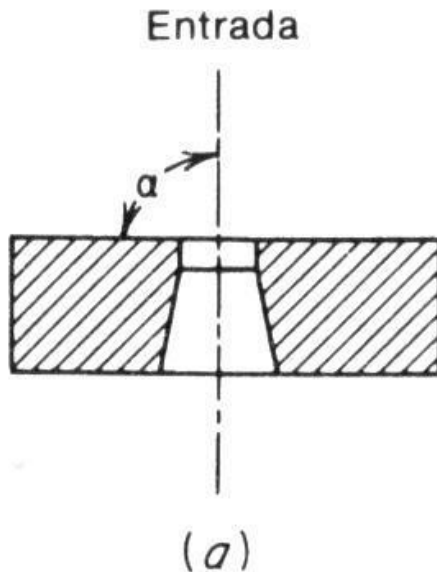
Extrusão de tubos.



- ✓ Processo é normalmente realizado a quente.
- ✓ Determinação da parede do tubo (folga) .

Matrizes.

- ✓ Matriz de face plana (zona morta e cisalhamento interno formando o próprio ângulo de matriz).
- ✓ Matriz de face cônica.
- ✓ Capacidade de resistência a altas temperaturas, oxidação e atrito.
- ✓ Fabricadas em aços ligados ou metal duro.



Lubrificação na extrusão.



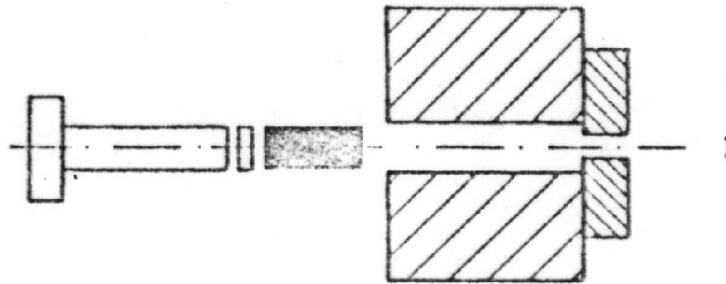
- ✓ Baixa resistência ao cisalhamento.
- ✓ Bastante estável.
- ✓ Para extrudar aços e ligas a base de níquel usam-se:

Vidro moído no estado pastoso (Ugine-Sejournet)
Filme fino e contínuo.

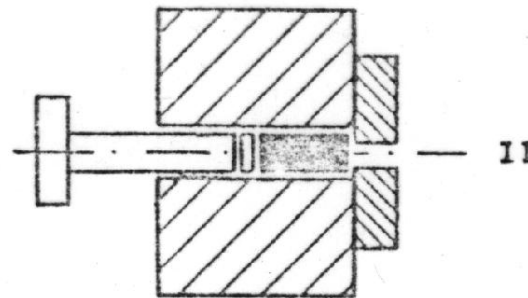
- ✓ No processo de extrusão a frio costuma-se realizar operação de recozimento e fosfatização prévia com Zn ou Cu para melhorar a aderência do lubrificante.

Ciclos do processo de extrusão.

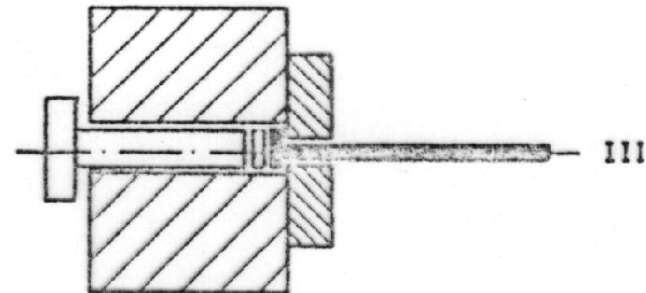
ALIMENTAÇÃO
DA PRENSA



INÍCIO DA EXTRUSÃO COM
AVANÇO DO PISTÃO

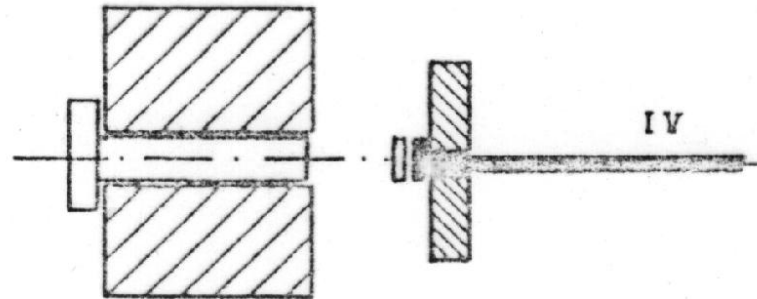


FIM DA EXTRUSÃO

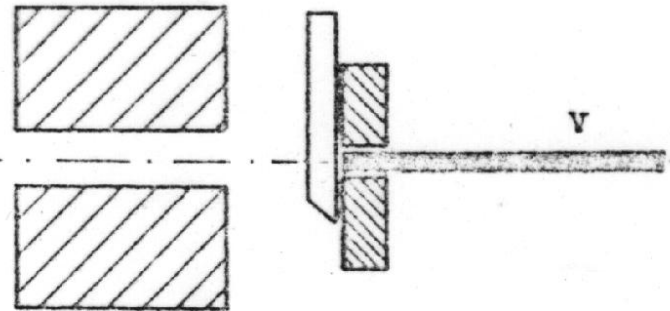
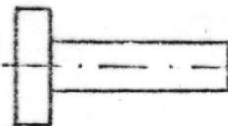


Ciclos do processo de extrusão – Casca e cilindro seco

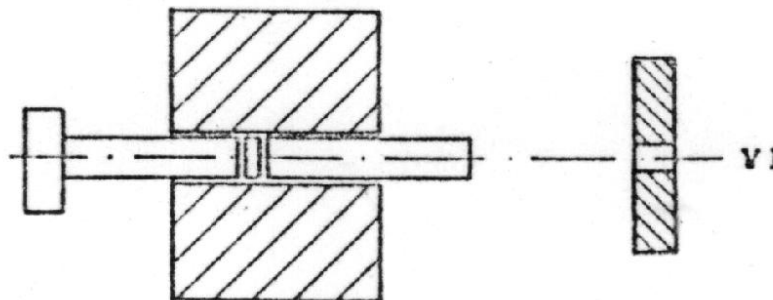
RETIRADA DA FERRAMENTA
E DO EXTRUDADO COM O
RESÍDUO DO TARUGO



RECUO DO PISTÃO
E CORTE DO
RESÍDUO DO TARUGO

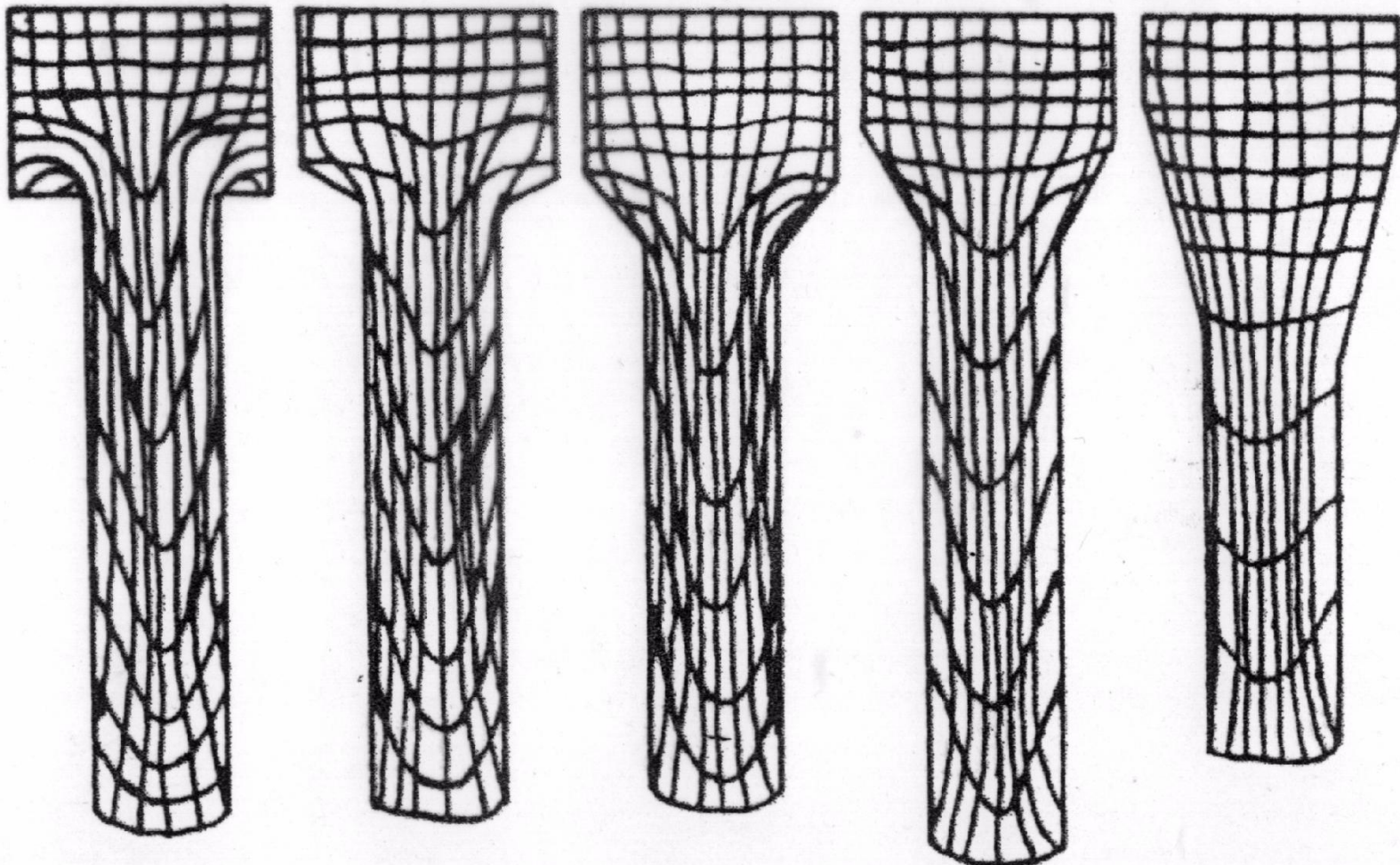


RETIRADA DA CASCA DO
TARUGO COM AVANÇO DO
PUNÇÃO USANDO O DISCO
DE RASPAGEM



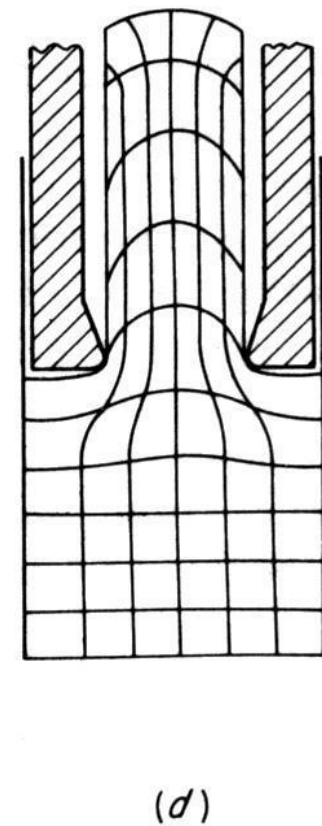
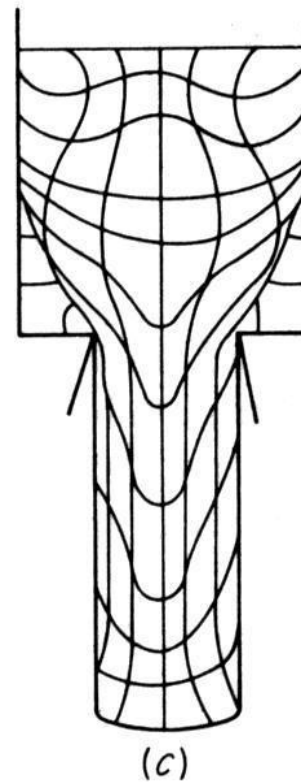
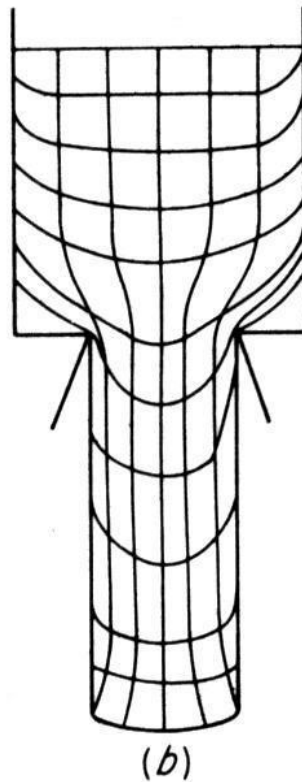
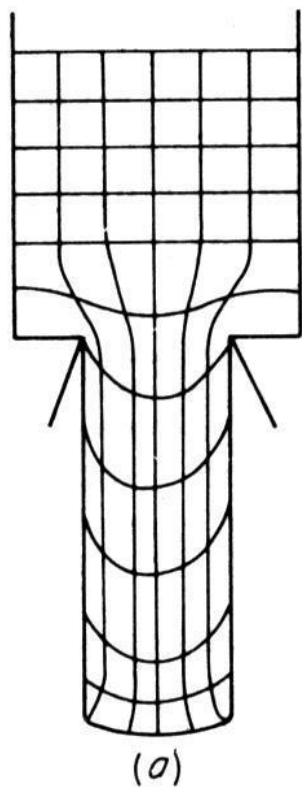
Modos de escoamento na extrusão.

- ✓ Modificação do modo de escoamento com o ângulo da matriz reta e cônica.



Mecânica da extrusão.

- ✓ Metal sob pressão: fluxo pela matriz, adotando a forma de saída da mesma.
- ✓ Altos níveis de atrito entre material e container.

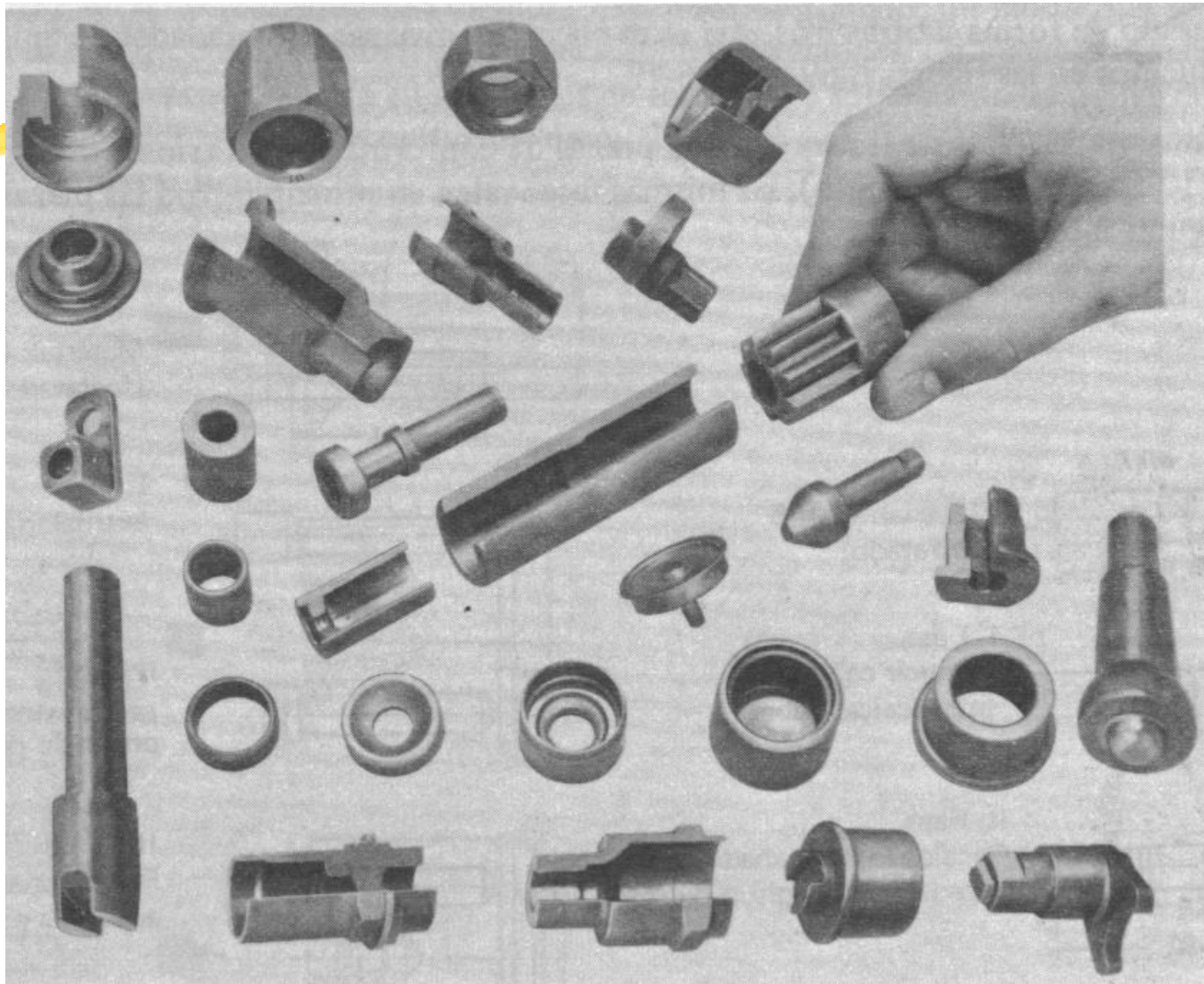


Perfis de produtos extrudados a quente



Perfis de cobre





Força na extrusão.



✓ A força requerida para o processo depende da resistência do material, da relação de extrusão, da fricção na câmara e na matriz, e outras variáveis como a temperatura e a velocidade de extrusão.

A força pode ser estimada pela expressão:

(Força Ideal)

$$F = A_o \cdot K \cdot \ln \left(\frac{A_o}{A_f} \right)$$

onde:

F = Força de extrusão.

A_o = área de seção transversal do tarugo antes da extrusão.

A_f = área de seção transversal do tarugo após a extrusão.

K = constante de extrusão.

✓ A força máxima de atrito entre o tarugo e o container é obtida por:



$$F_a = U \cdot l_0 \cdot \mu \cdot K$$

Onde:

U = perímetro interno do container.

l_0 = comprimento inicial do tarugo.

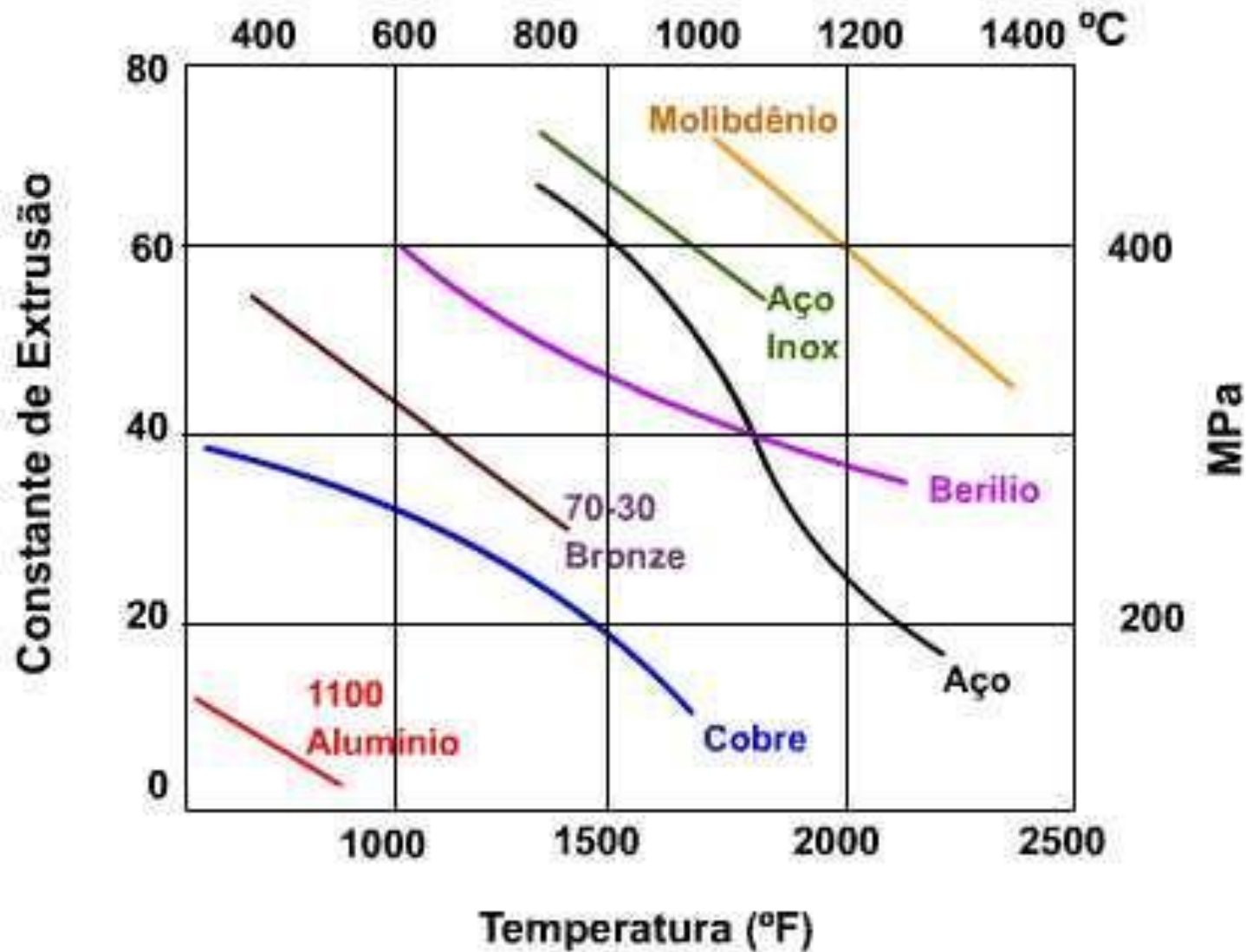
μ = coeficiente de atrito.

K = Constante de extrusão.

✓ Sendo o atrito uma força a ser superada durante o processo, a força máxima de extrusão é calculada por:

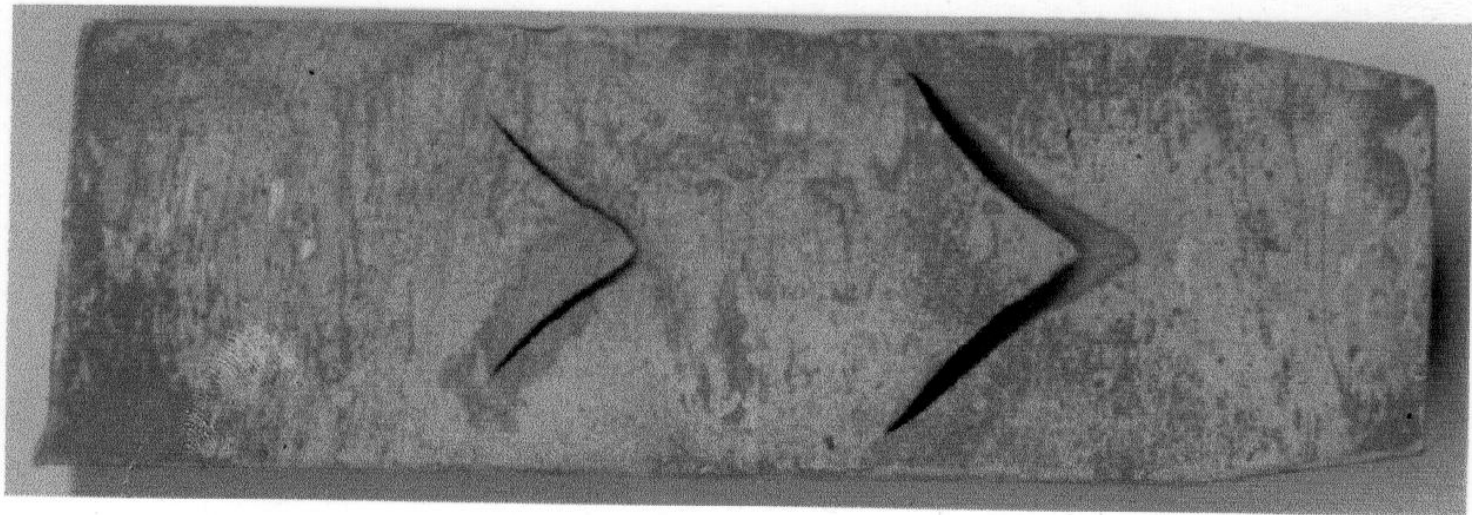
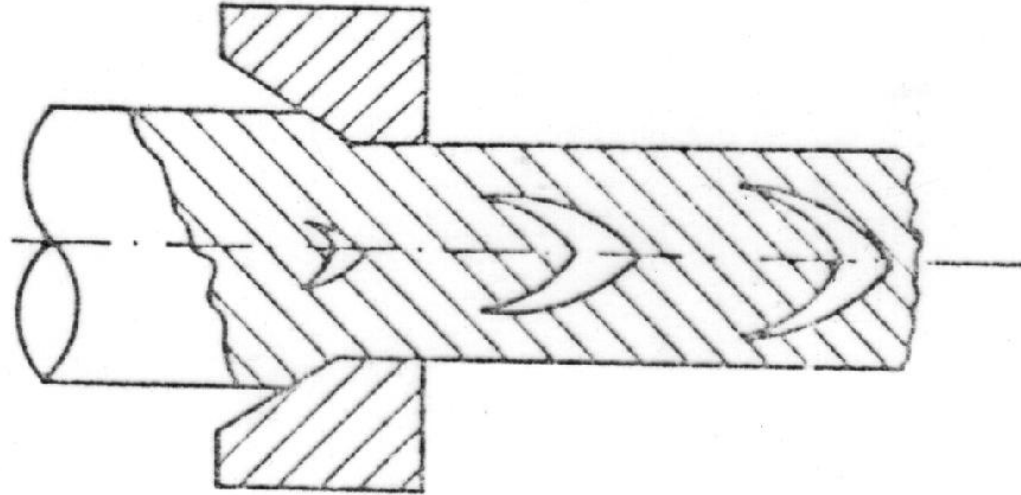
$$F_{\max} = F + F_a$$

Constante de Extrusão para Metais em Várias Temperaturas



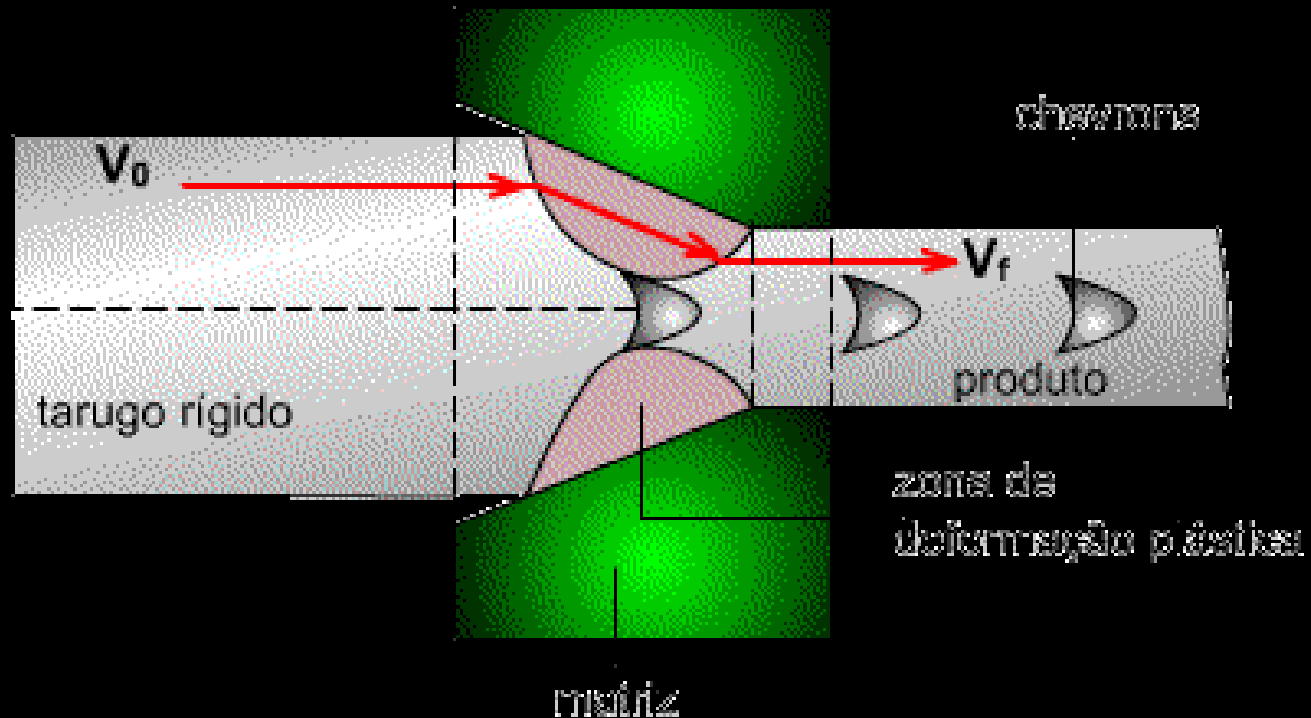


Defeito de falta de coesão interna na forma de V (Chevron).

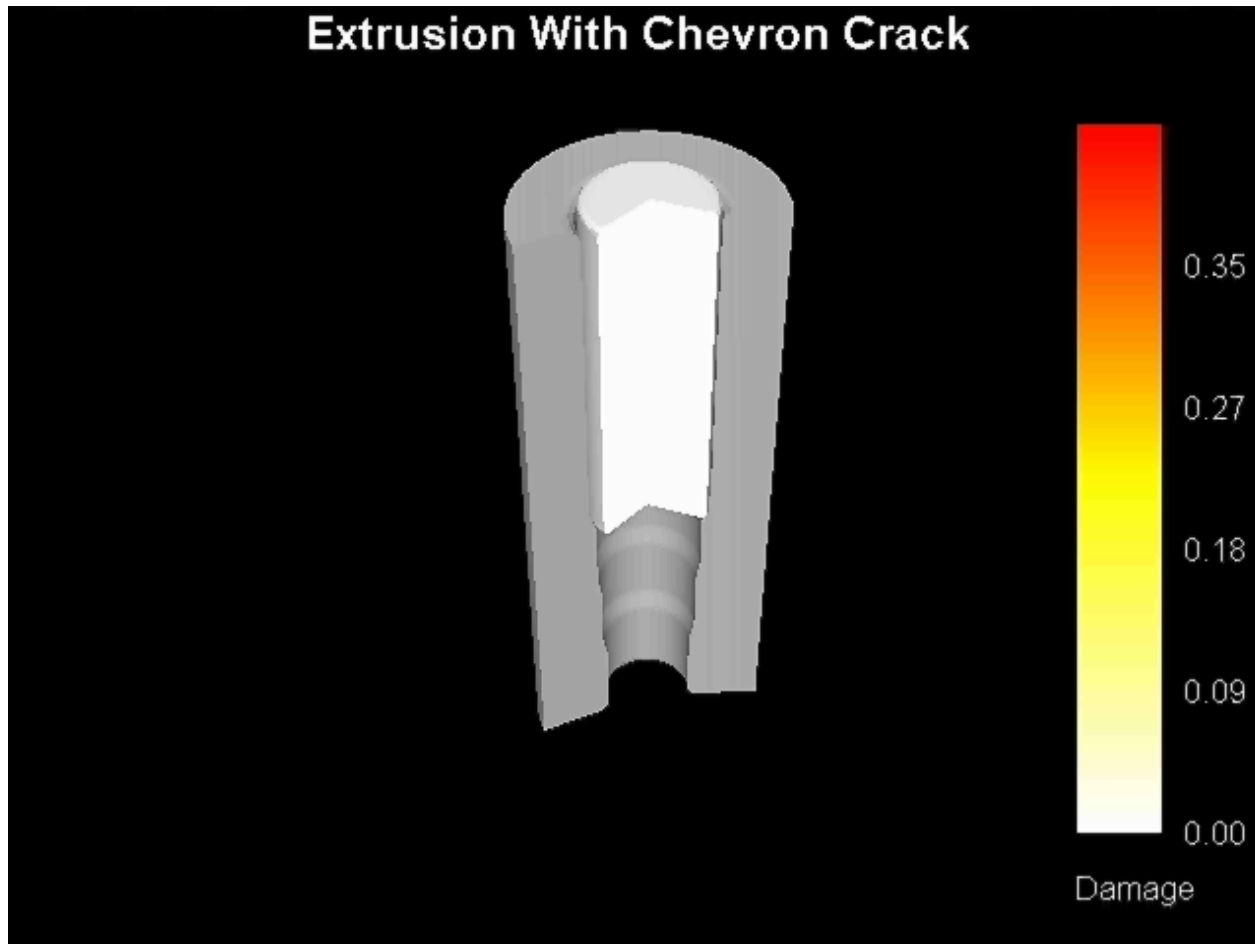


Chevrons

Fraturas Centrais - Chevrons



Mecanismo de formação das 'chevrons'



Simulação

