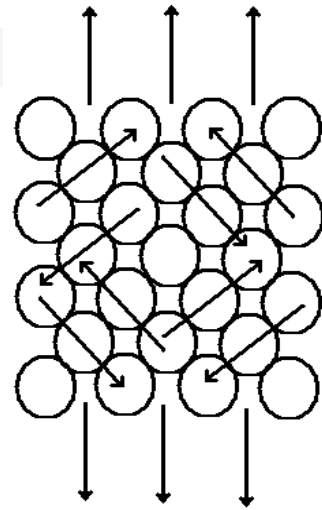


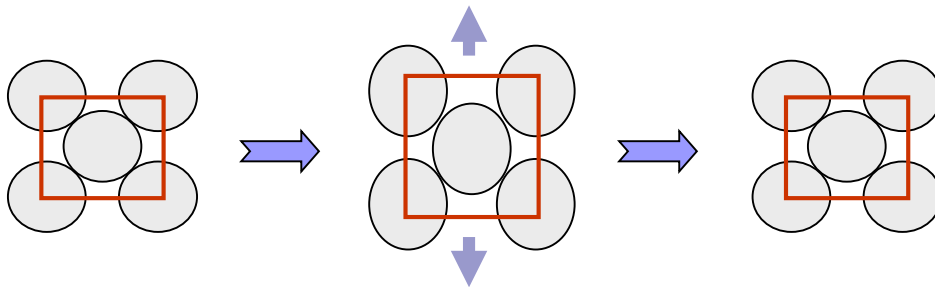
Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de Lorena

Departamento de Engenharia de Materiais

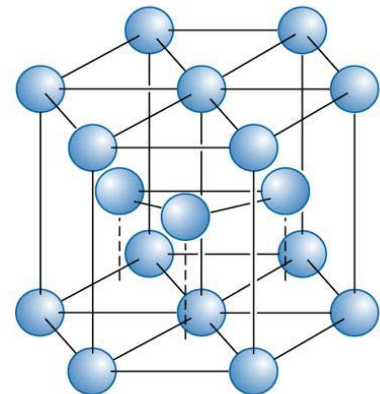


Conformação Plástica

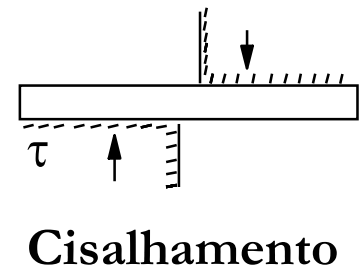
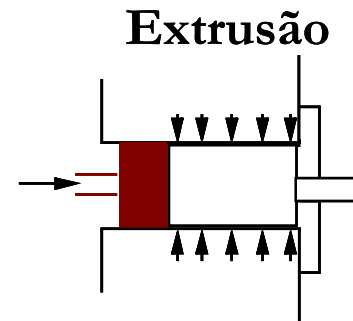
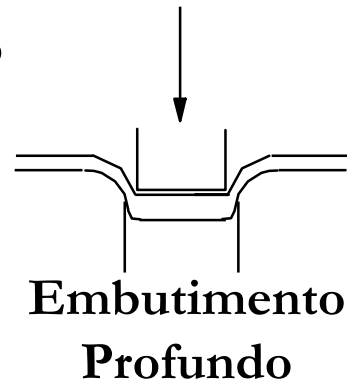
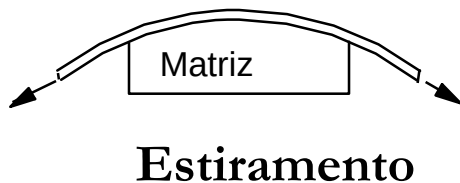
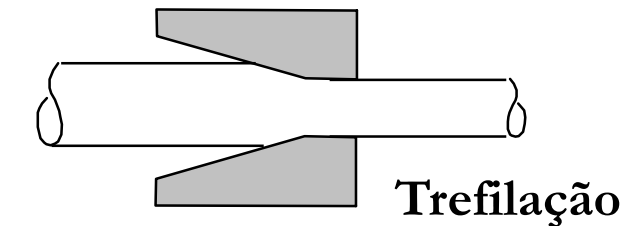
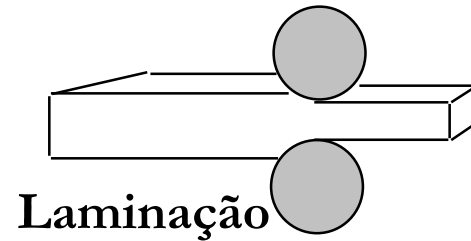
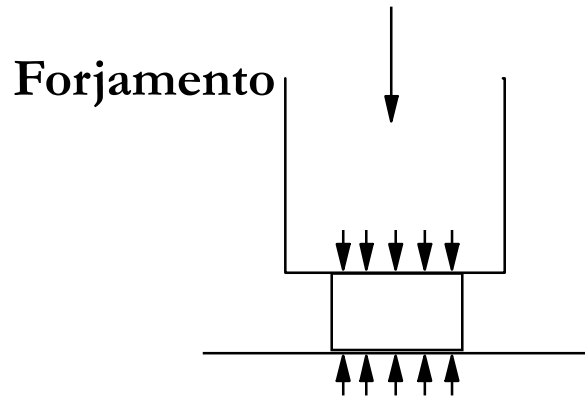


Introdução à Ciência dos Materiais

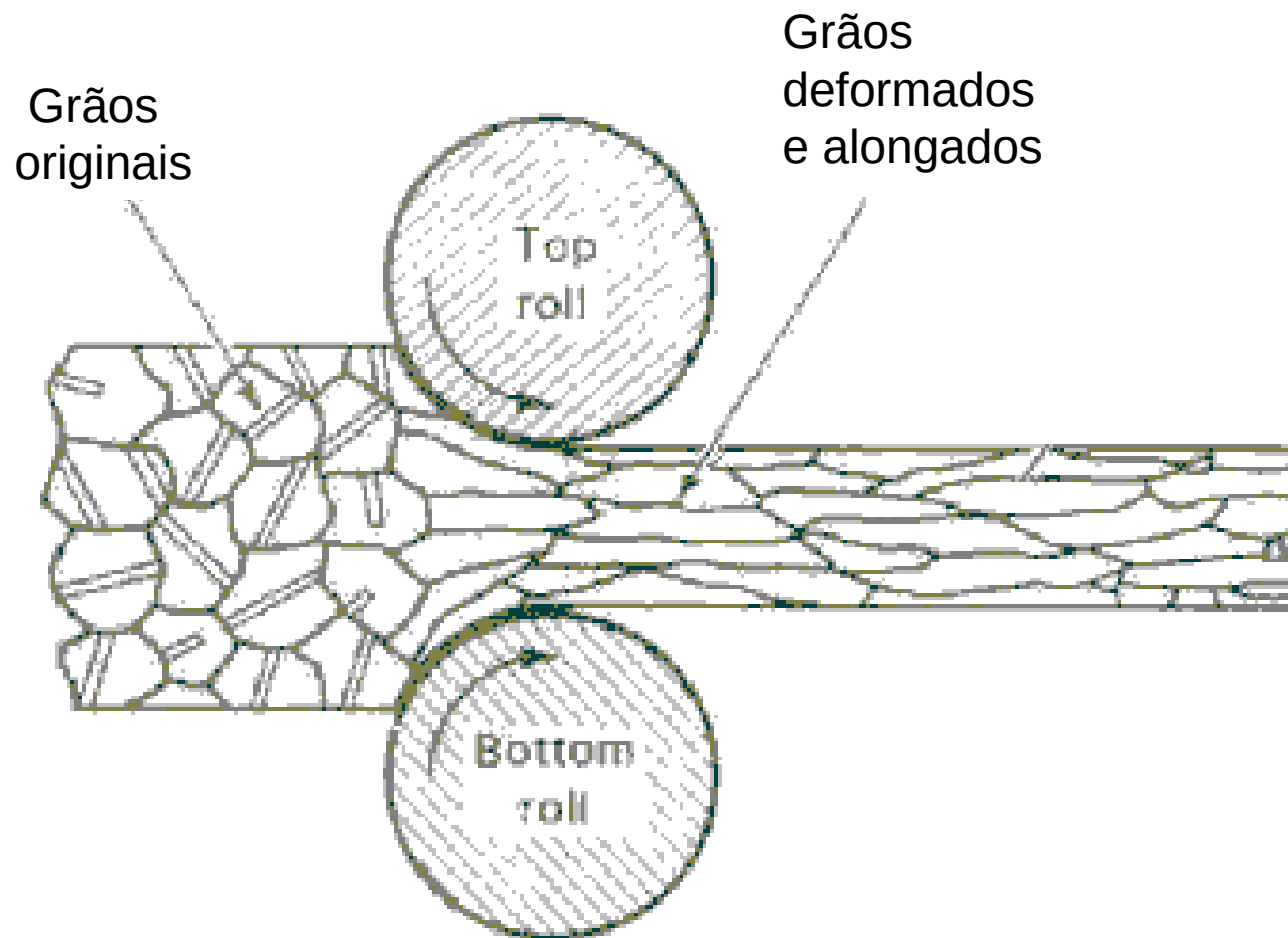
Prof. Dr. Cassius O.F.T. Ruchert, Professor Associado



PRINCÍPAIS TIPOS DE CONFORMAÇÃO



MECÂNICA DA LAMINAÇÃO A FRIO



MECÂNICA DA LAMINAÇÃO A FRIO

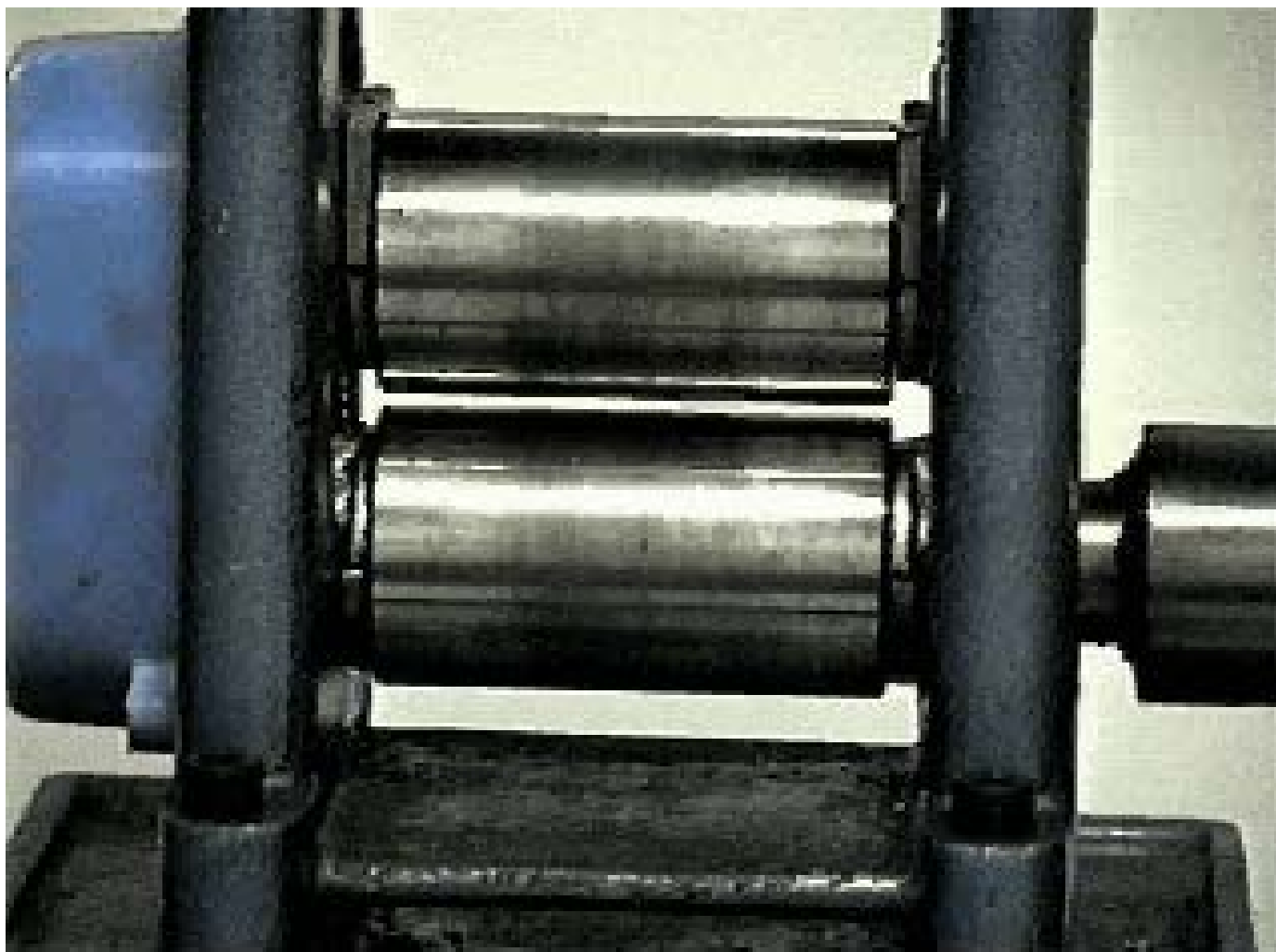


LAMINAÇÃO A FRIO

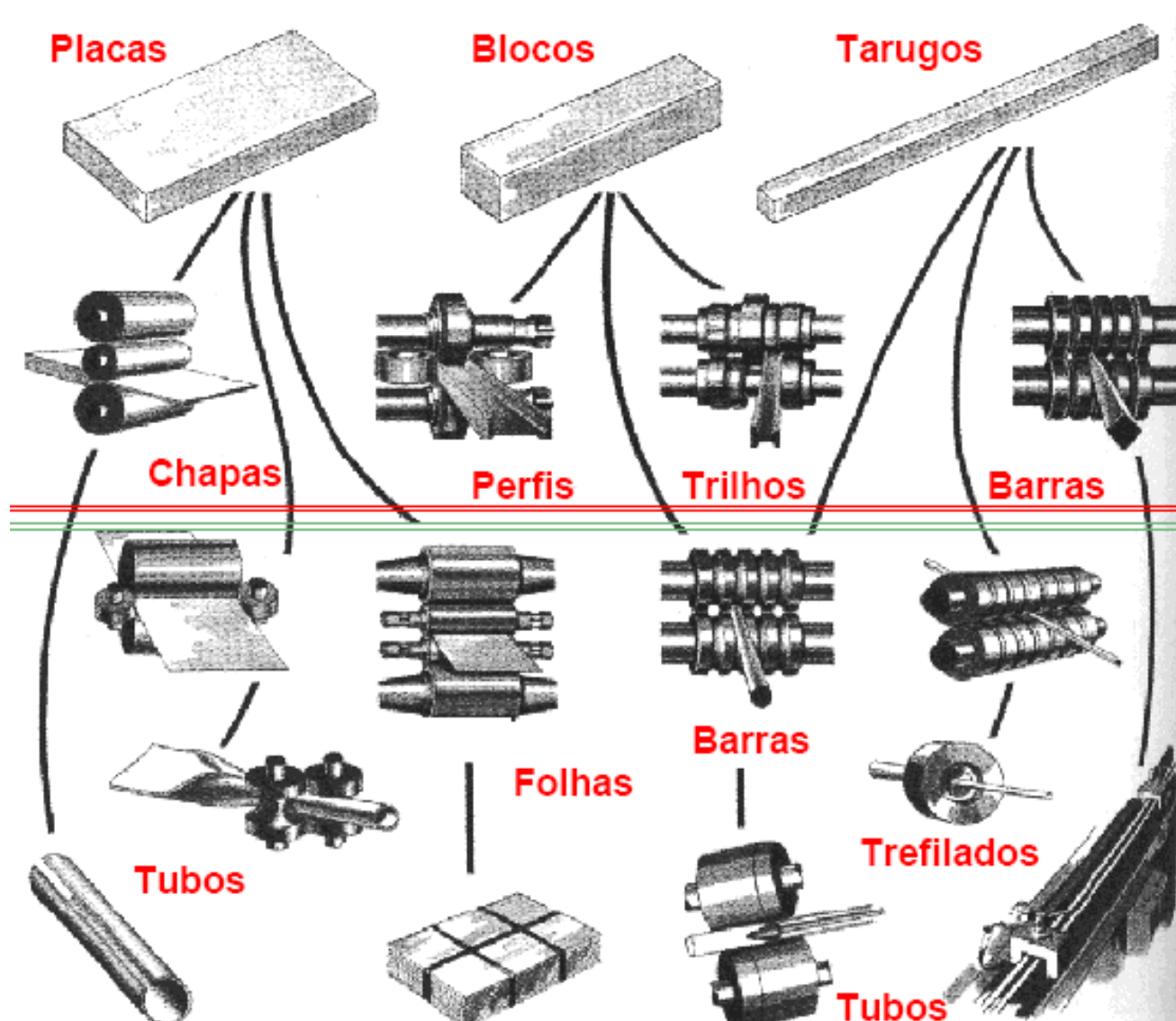


Laminador Tiras à Frio - USIMINAS

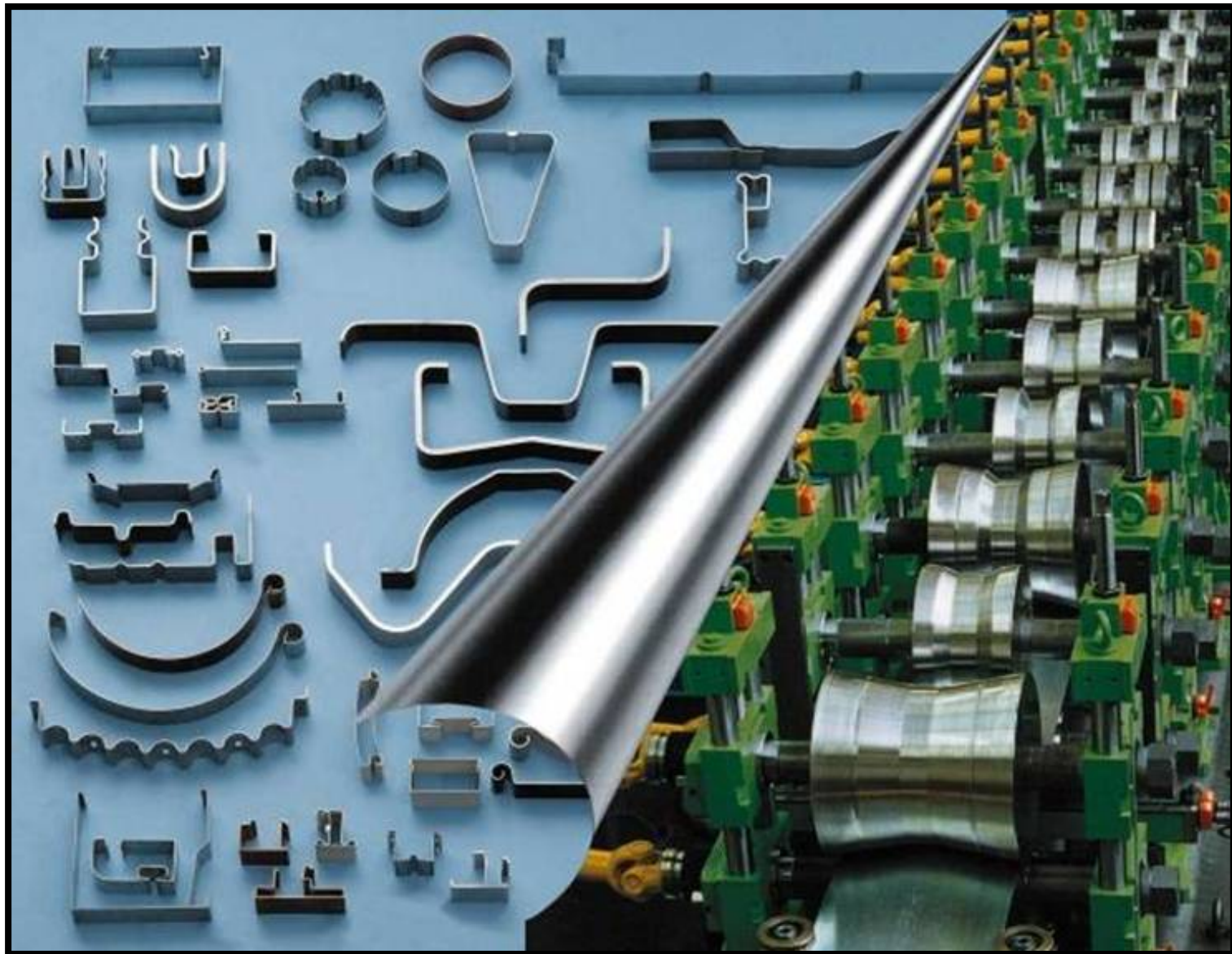
Laminação a Frio



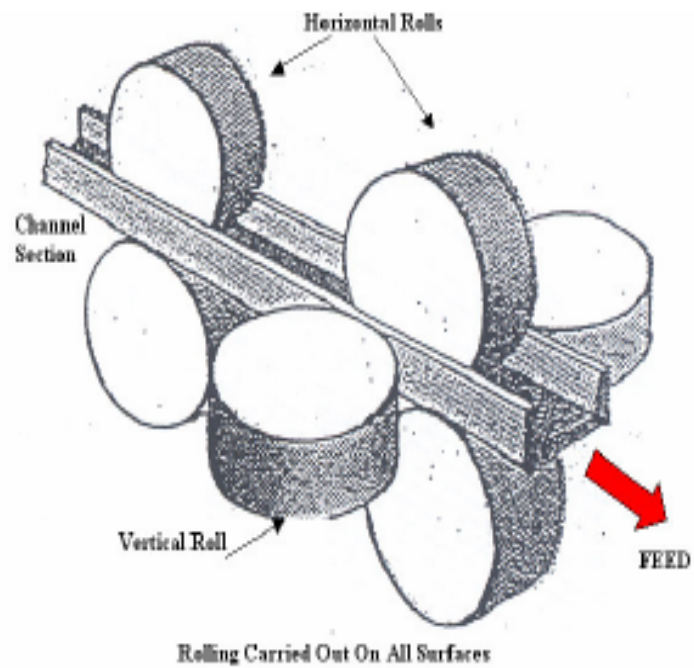
LAMINAÇÃO - PRODUTOS



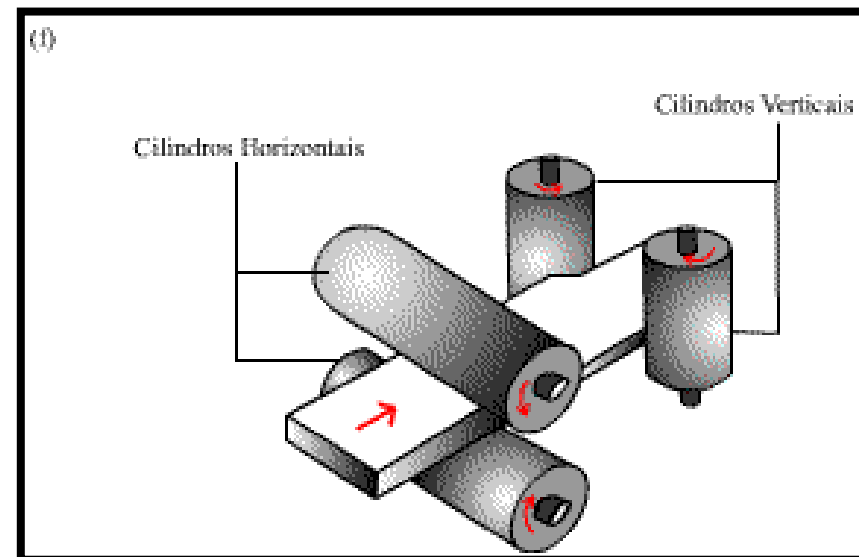
LAMINADOR SEQUENCIAL DE PERFIS



ARRANJOS TÍPICOS DE ROLOS PARA LAMINADORES



LAMINADOR UNIVERSAL



MECÂNICA DA LAMINAÇÃO A QUENTE



MECÂNICA DA LAMINAÇÃO A QUENTE



RECRISTALIZAÇÃO DINÂMICA



Laminação a Quente



Laminação Contínua



Tipos de Laminadores a Quente

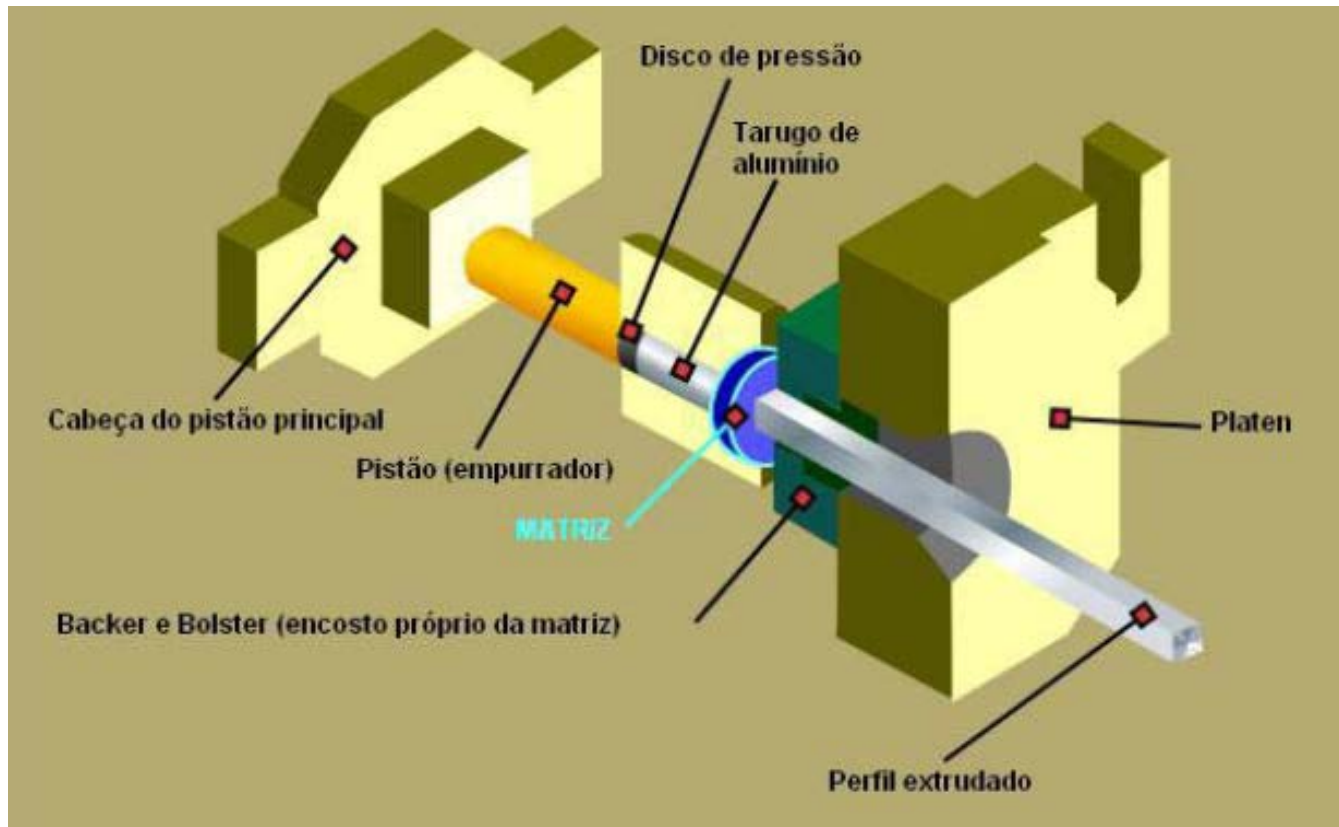


EXTRUSÃO

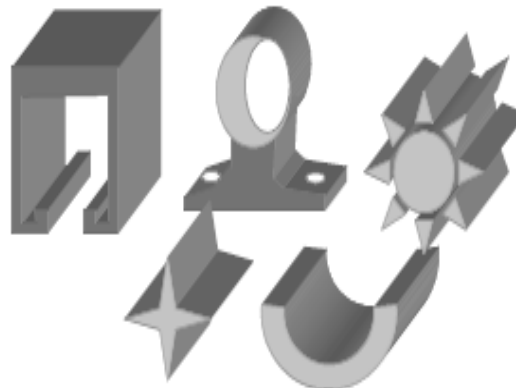


Como o tubo de creme dental, o metal não é líquido, mas se torna um sólido maleável no momento da extrusão, e assim ele pode assumir a forma desejada como se mudássemos o formato do bico do tubo de creme dental.

EXTRUSORA

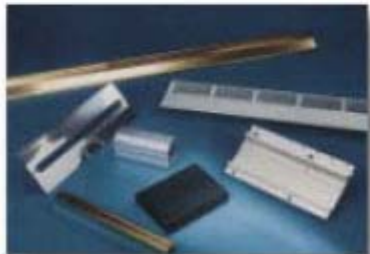


Common Extruded Shapes:

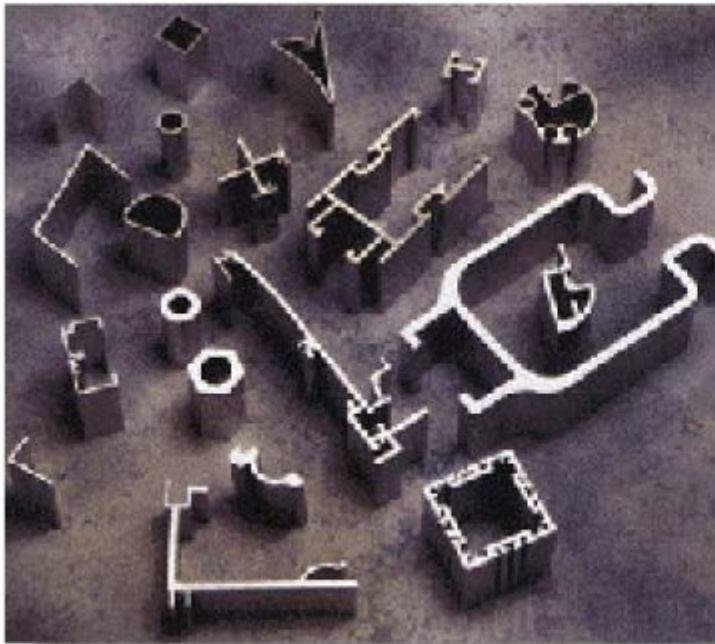


Process parameters:

EXTRUSÃO – PRODUTOS E PERFIS

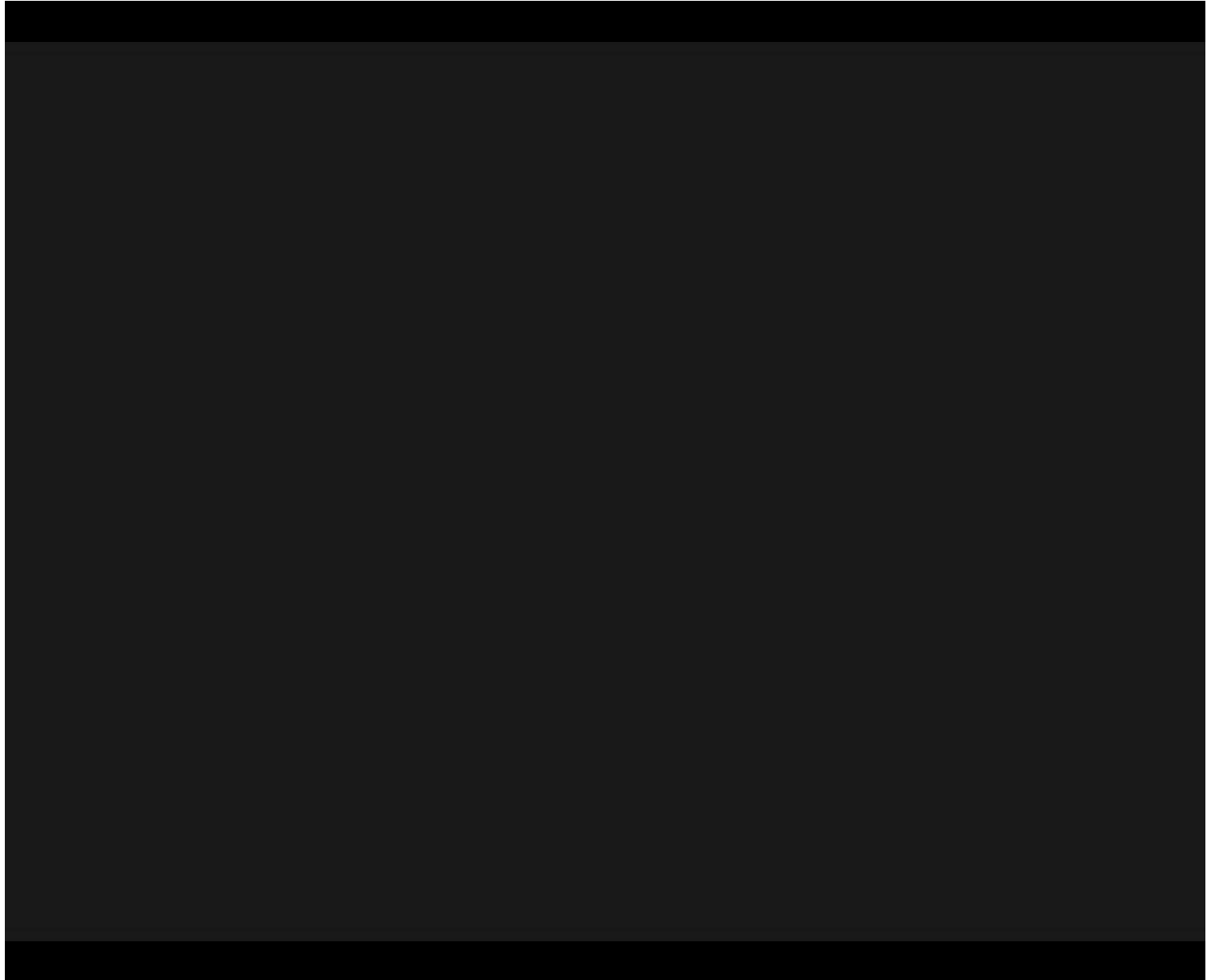


EXTRUSÃO – PRODUTOS E PERFIS

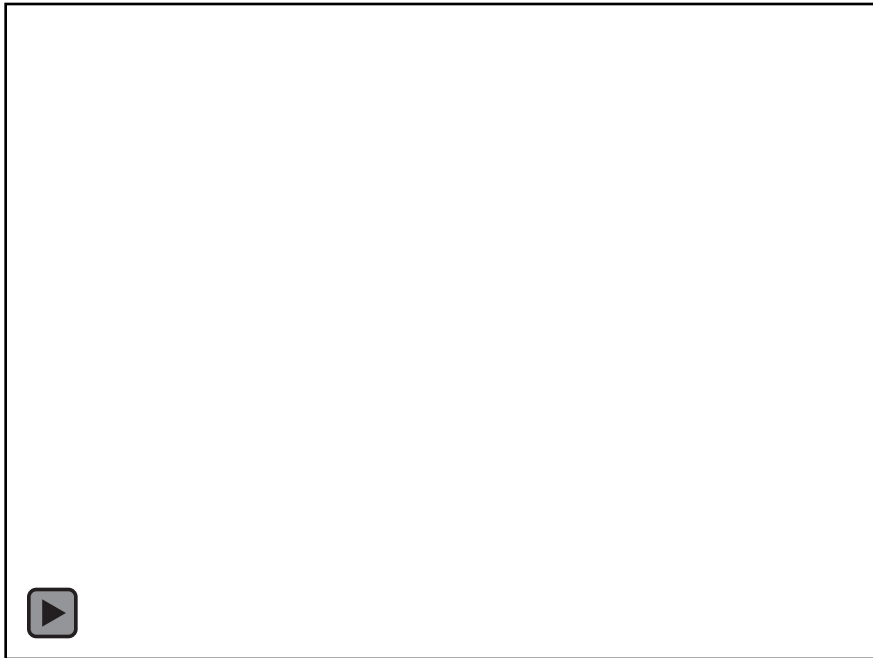




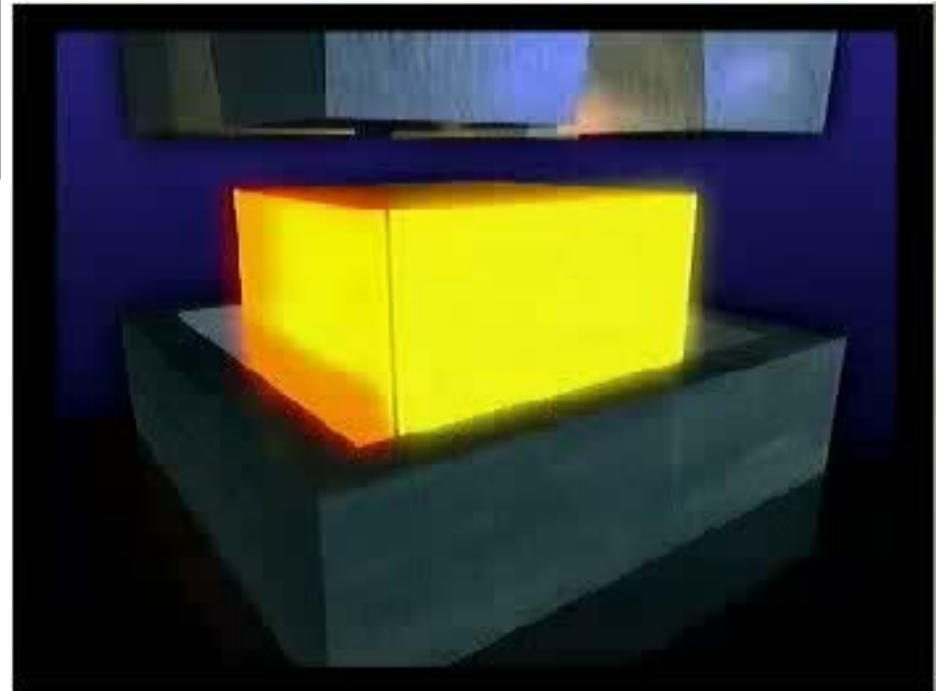
Processo Extrusão Scuba (Mergulho)



FORJAMENTO (Quente ou Frio)

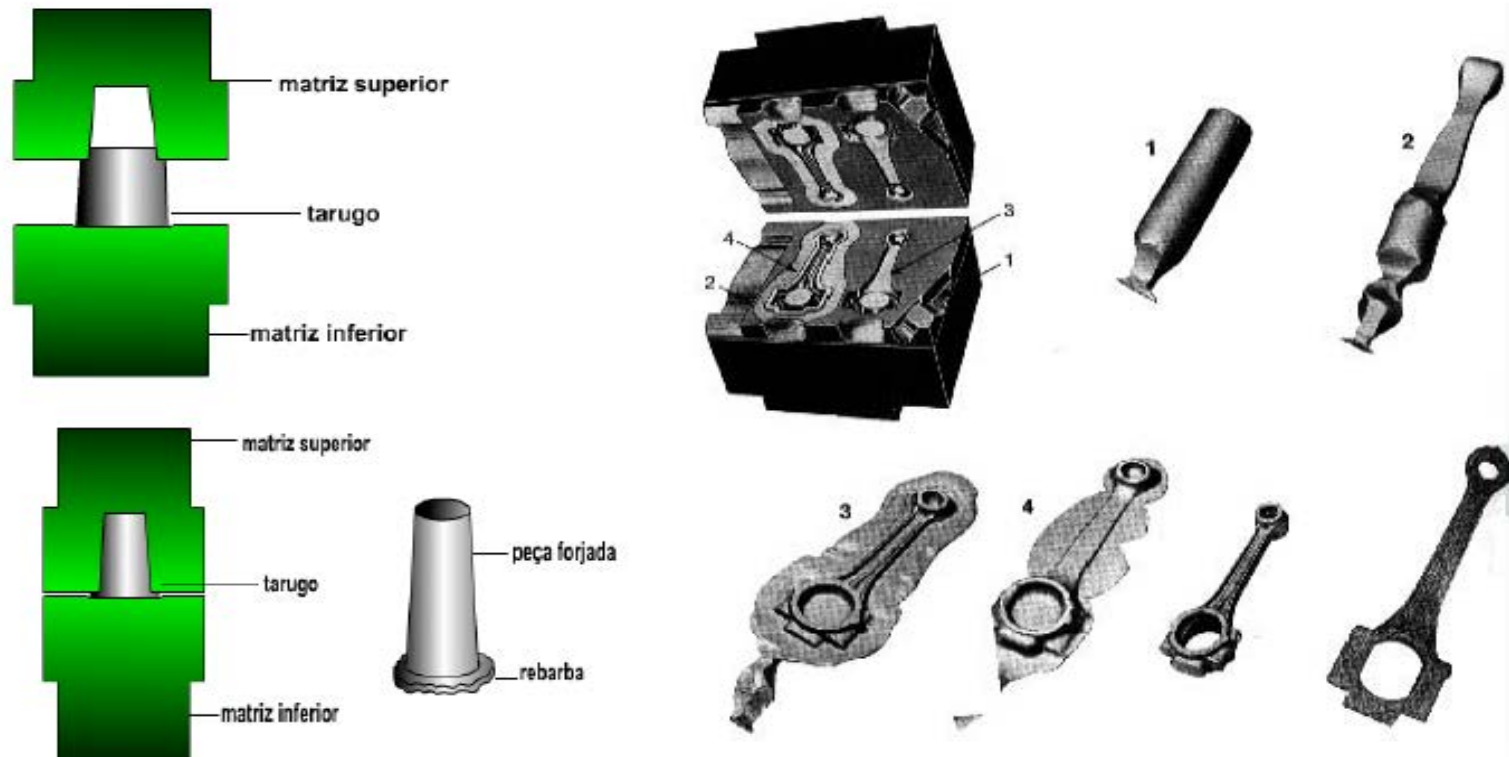


Forjamento em Matriz Aberta

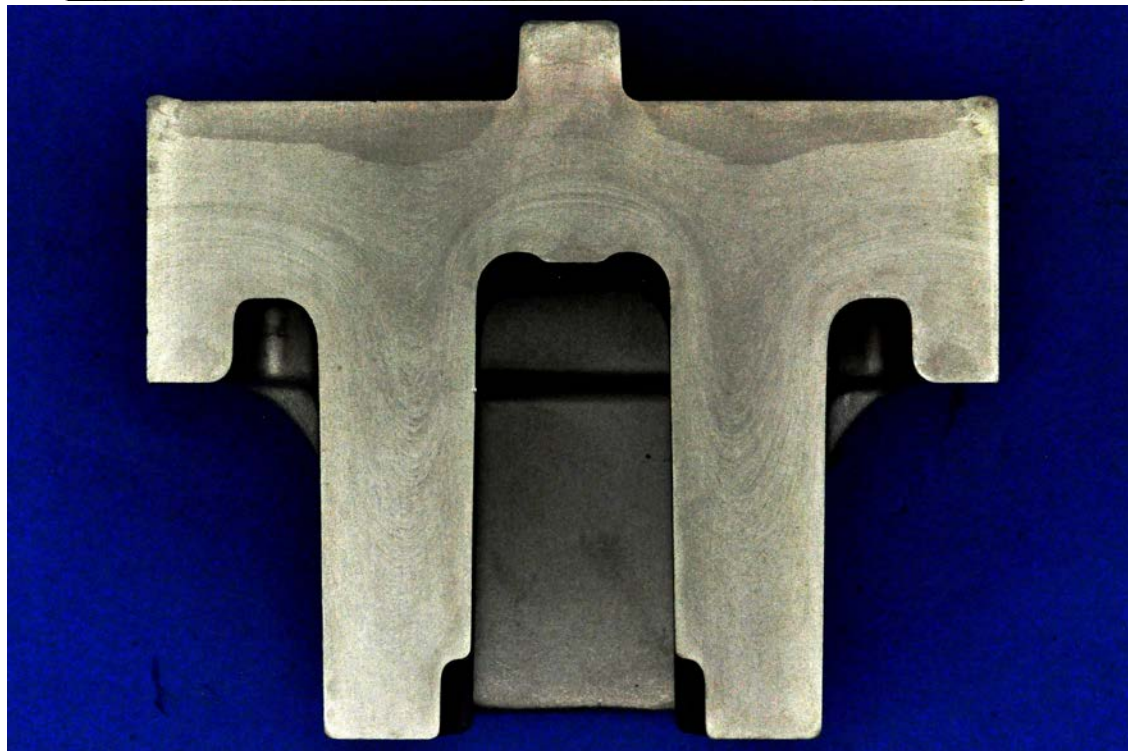
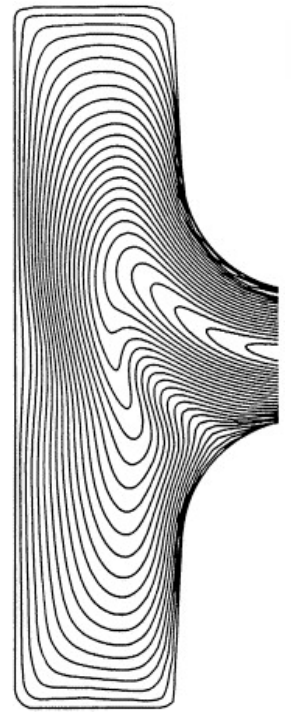
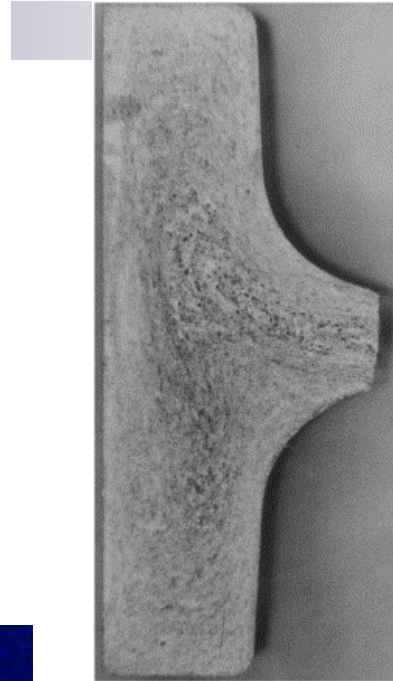
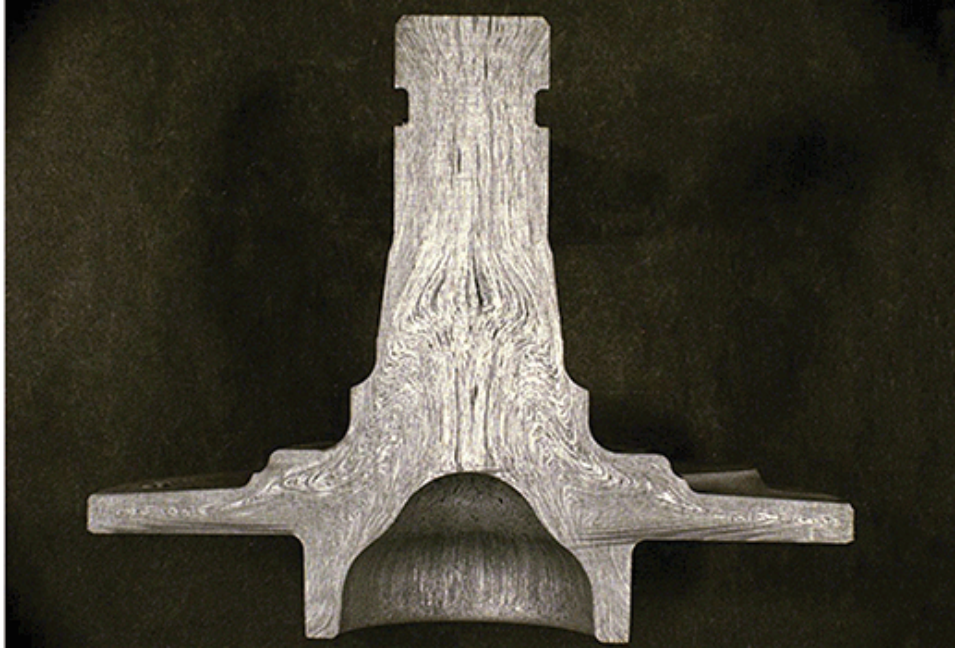


Forjamento em Matriz Fechada

FORJAMENTO

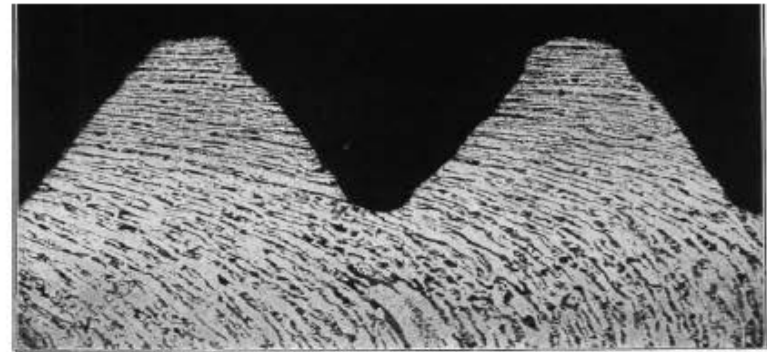


MATRIZ FECHADA C/ REBARBA



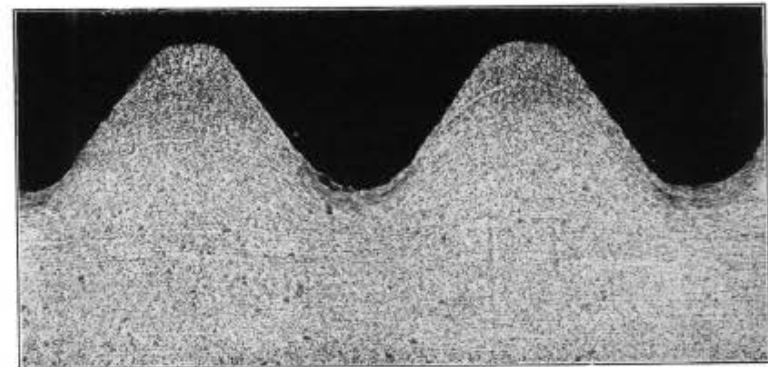
Porque forjar?

Rosca usinada.



— Filletes de rosca de parca. Nota-se, pela deformação da textura a'inhada que o furo central da parca foi estampado (da direita para a esquerda) e depois se processou o corte dos filletes com macho. Ataque: nítrico, 23 X.

Rosca produzida por forjamento.

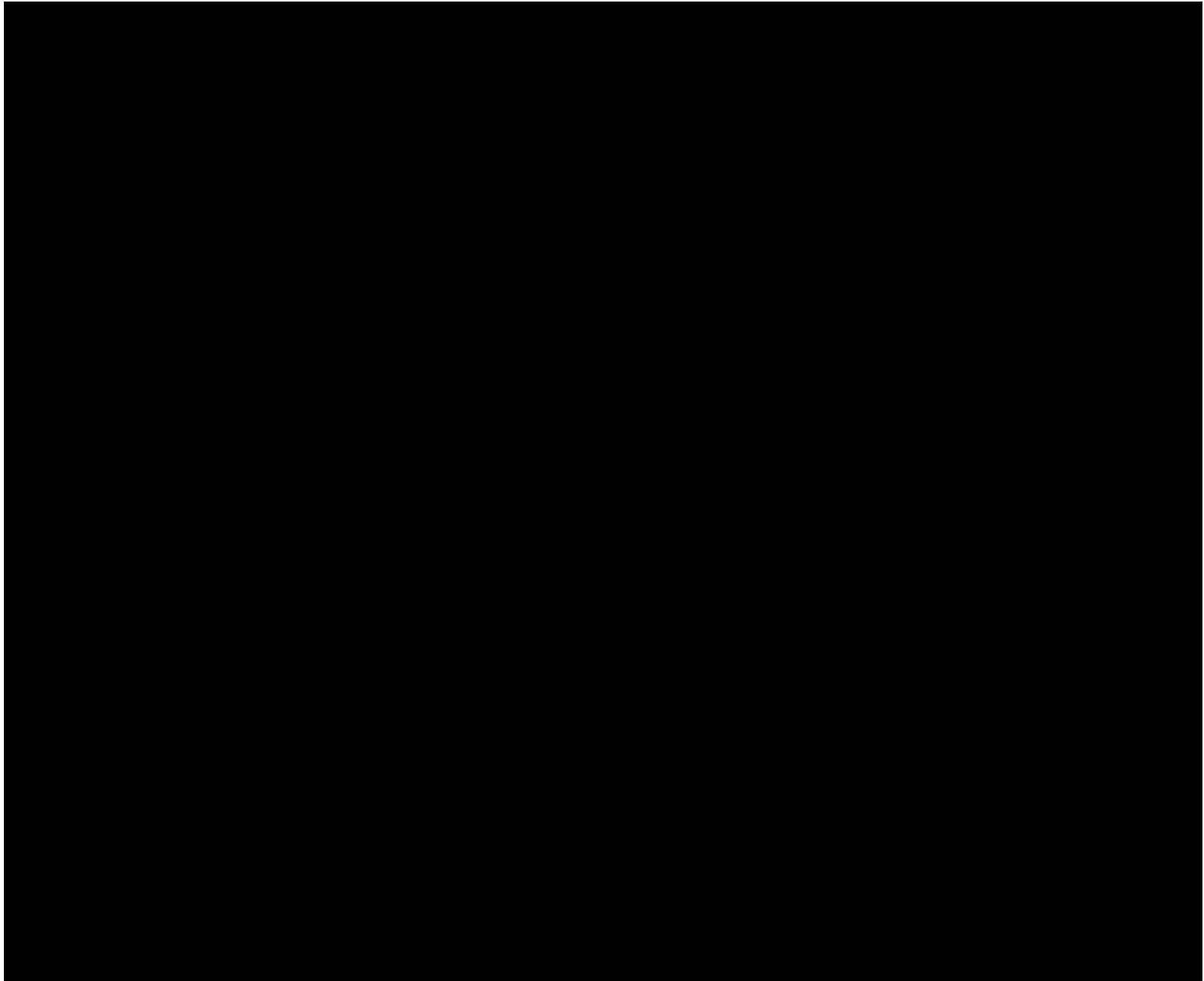


— Filletes de rosca de parafuso produzidos por rolamento. Nota-se a deformação das fibras do material por esse trabalho e também que a deformação é máxima no fundo dos filletes. Ataque: nítrico, 23 X.

FORJAMENTO - PRODUTOS



Open Die Forging



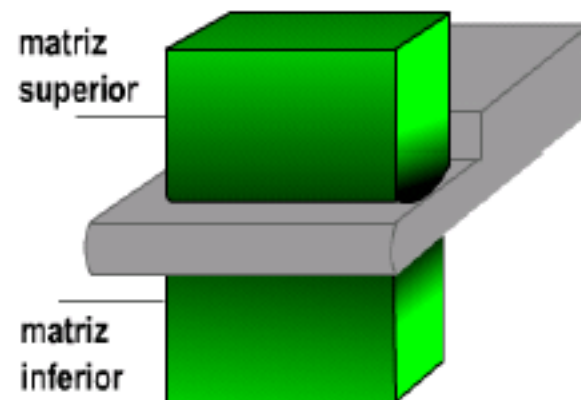
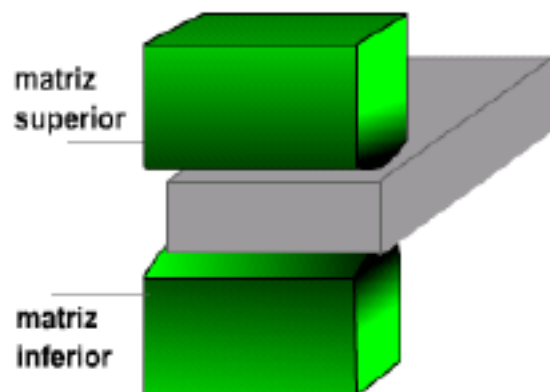


Forjamento a Quente
(Matriz Aberta)

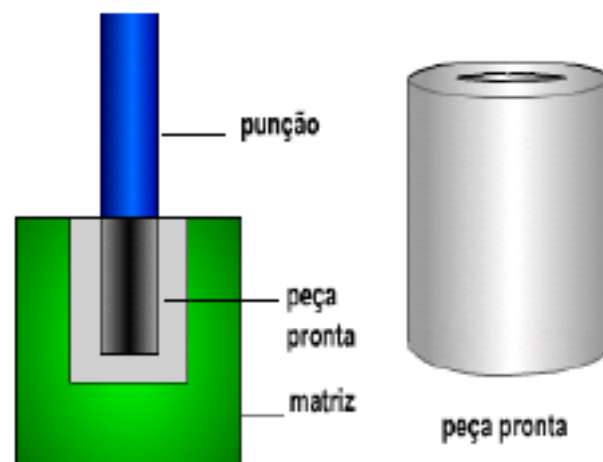
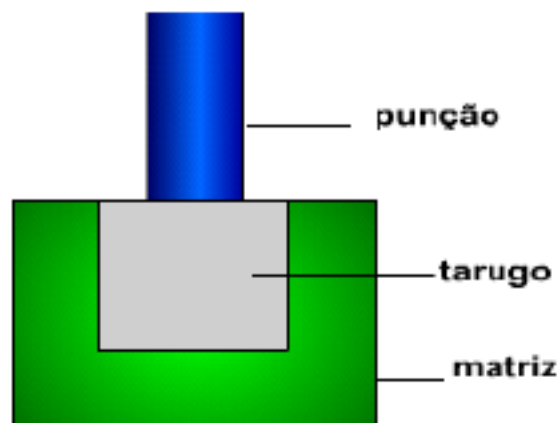
Forjamento a Quente
(Matriz Fechada)



■ Alargamento



■ Furação



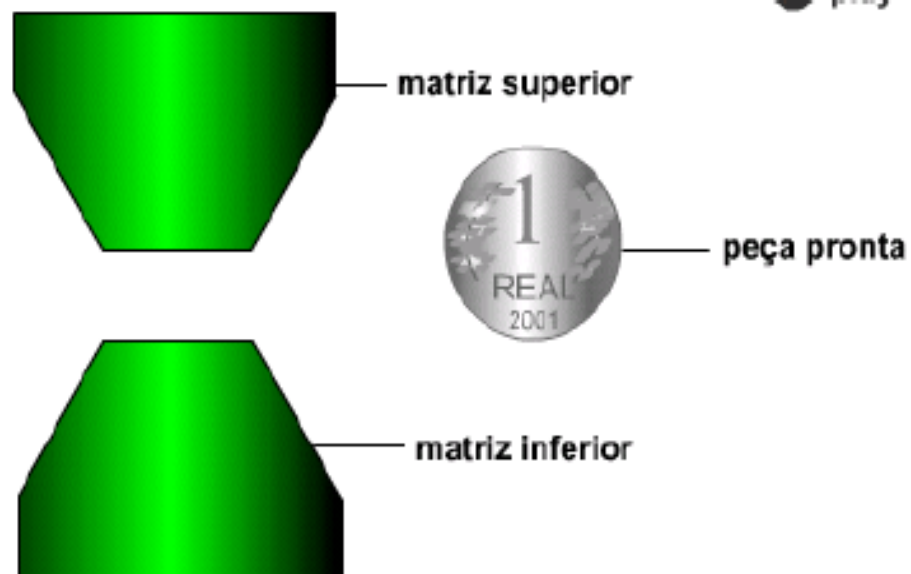
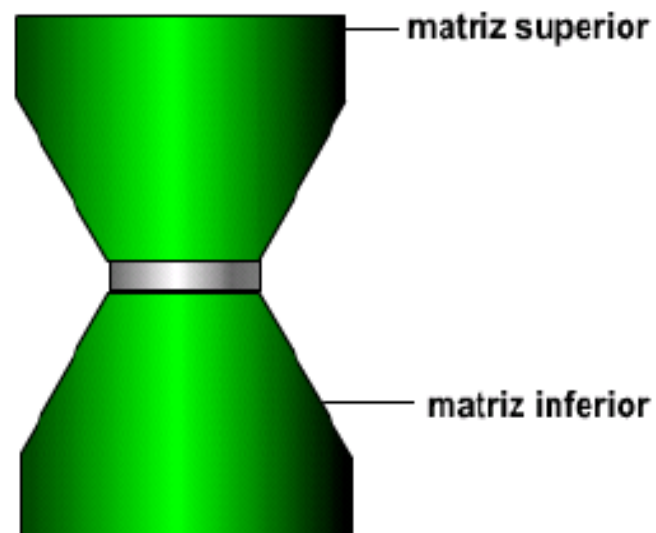
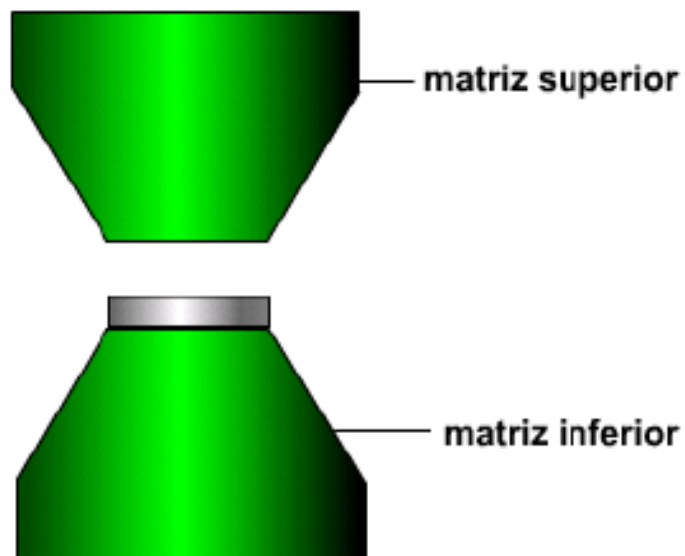
Alargamento (Tipo Forjamento)



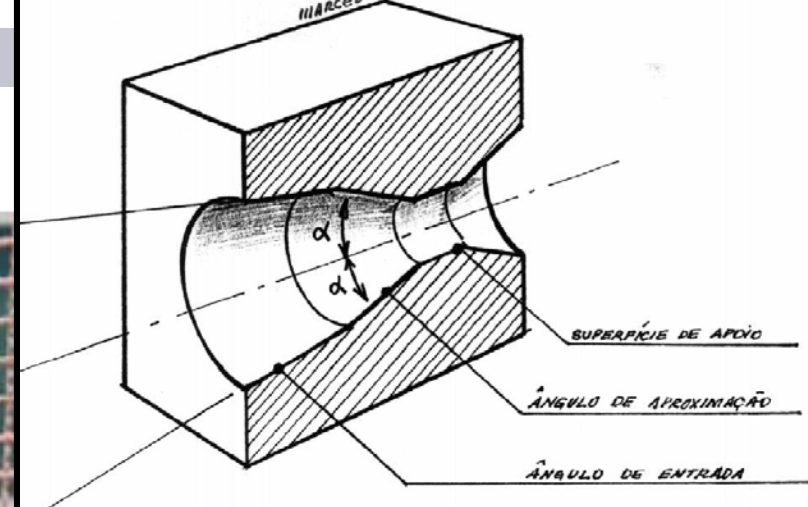
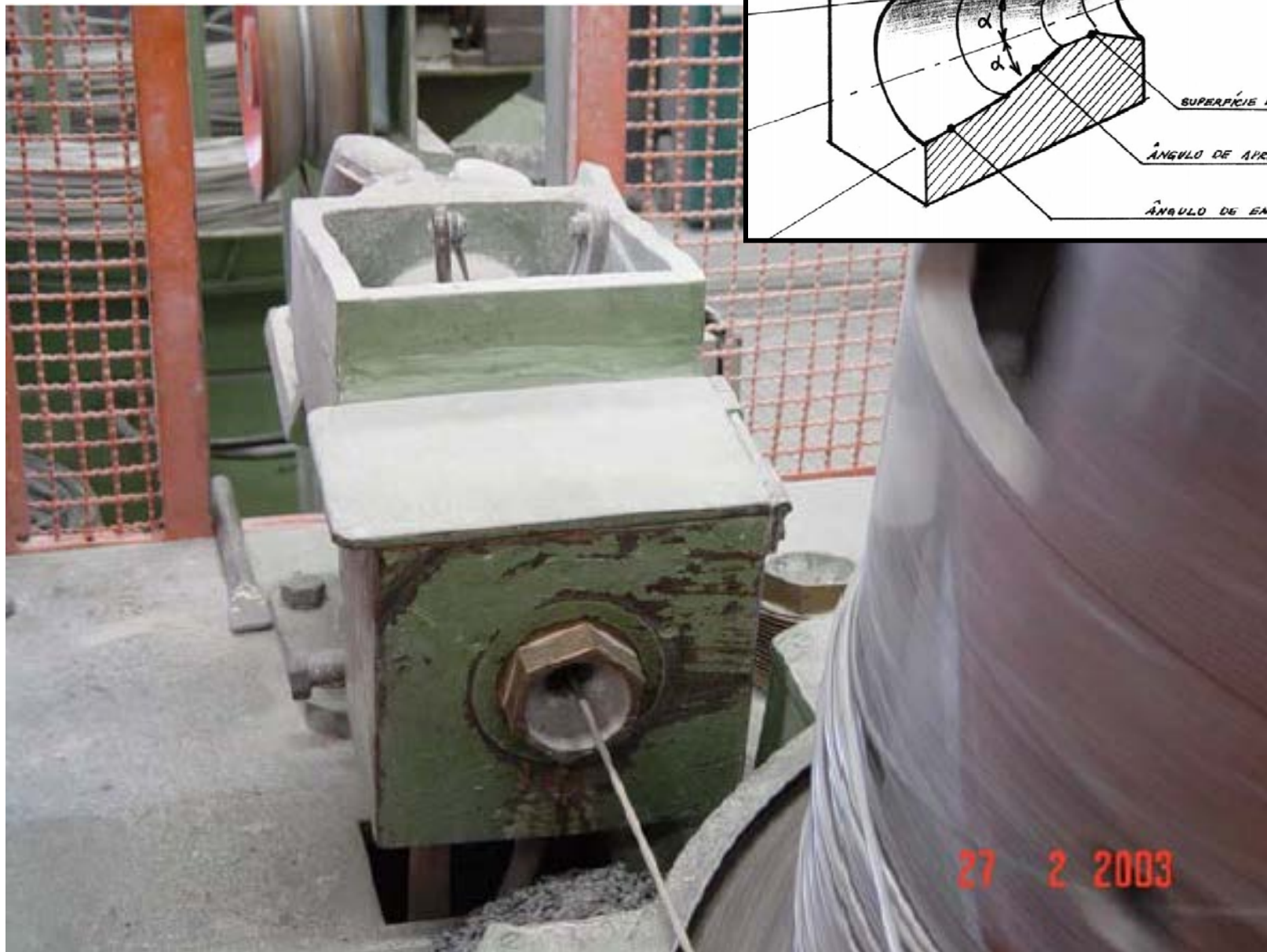
Furação (Tipo Forjamento)



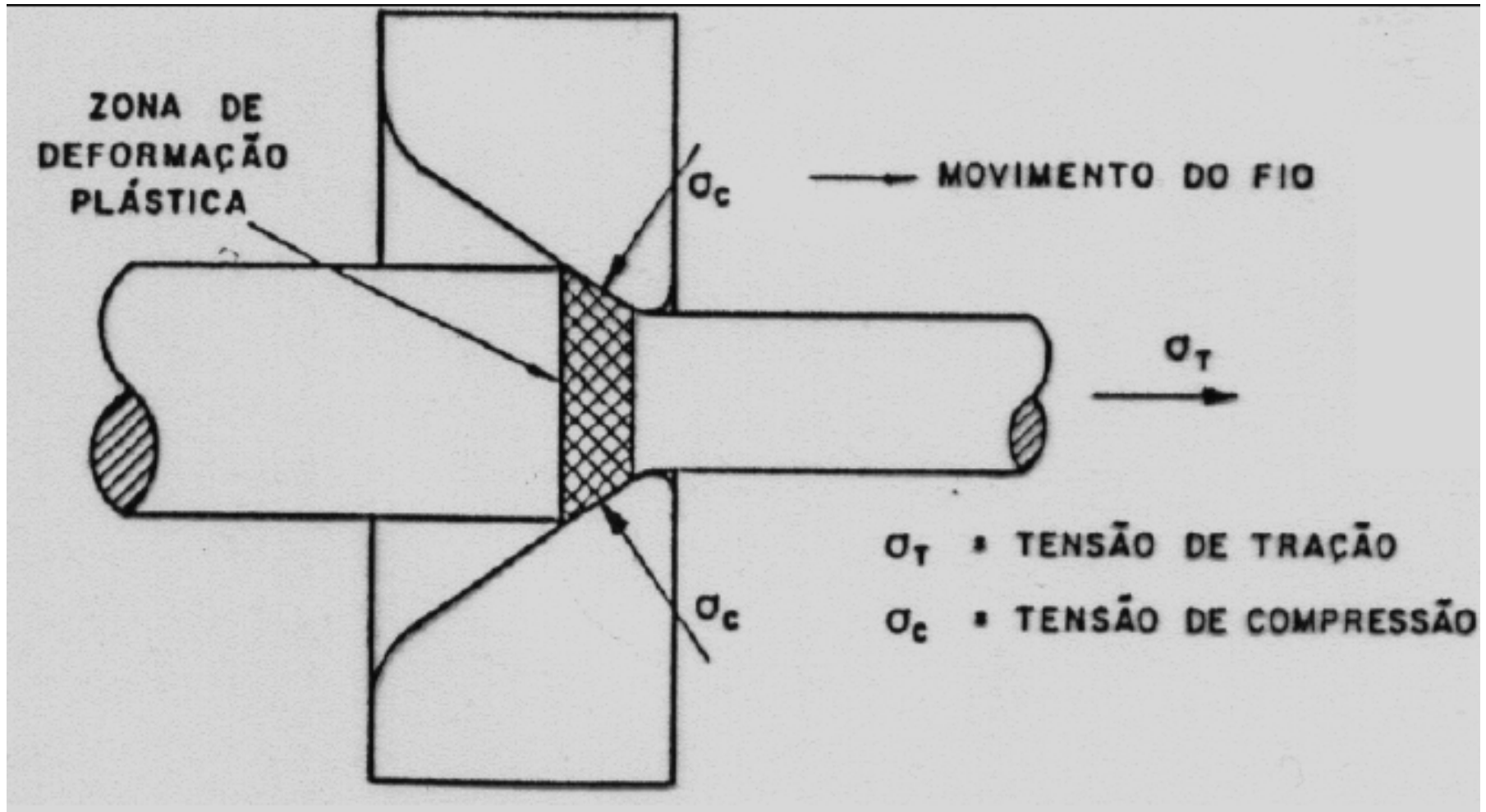
Cunhagem



TREFILAÇÃO



MECÂNICA DA TREFILAÇÃO



TREFILAÇÃO - PRODUTOS



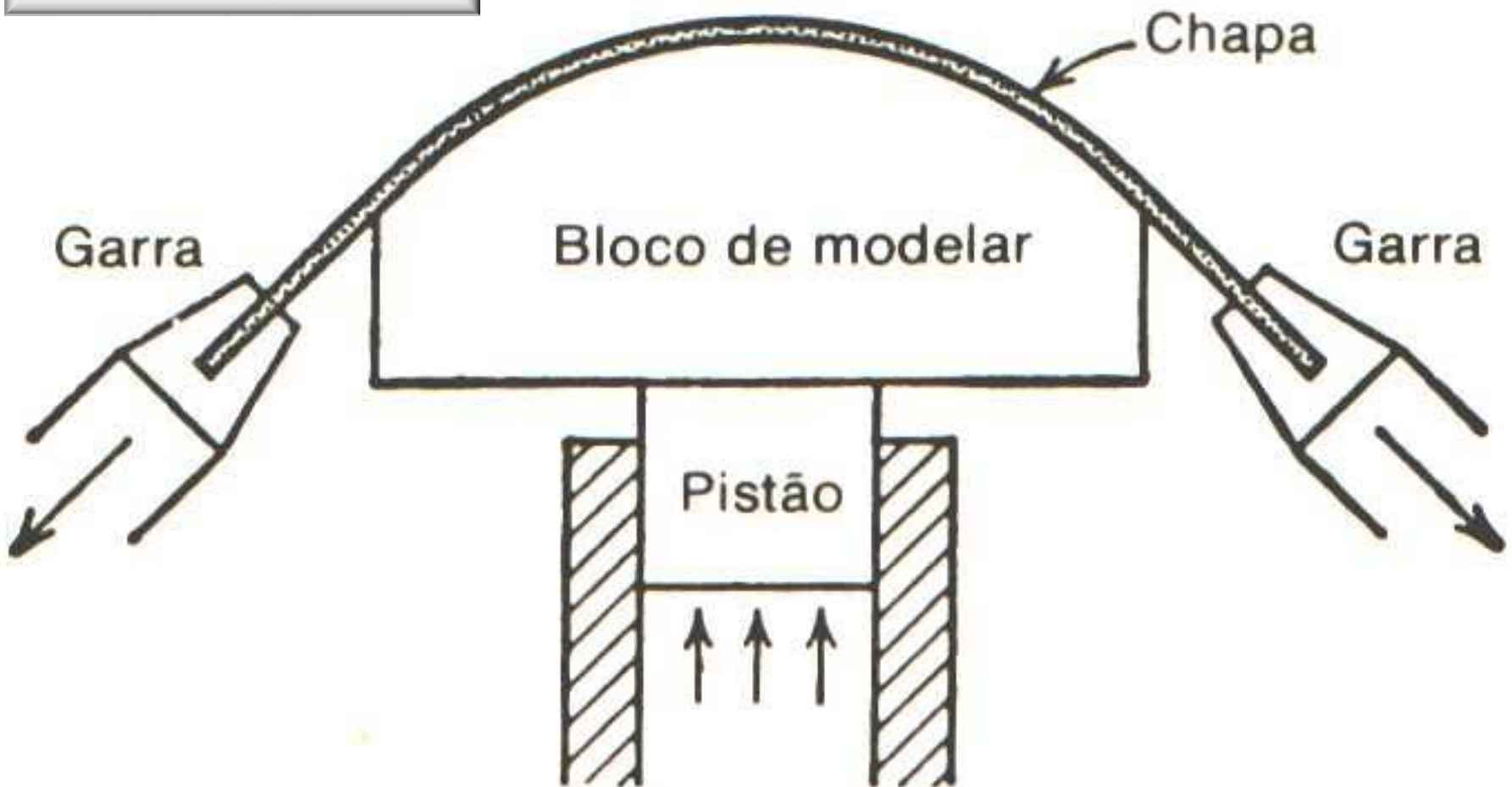
vergalhões trefilados para forja





ESTIRAMENTO POR TRAÇÃO (STRETCHING)

Usado na fabricação de revestimentos



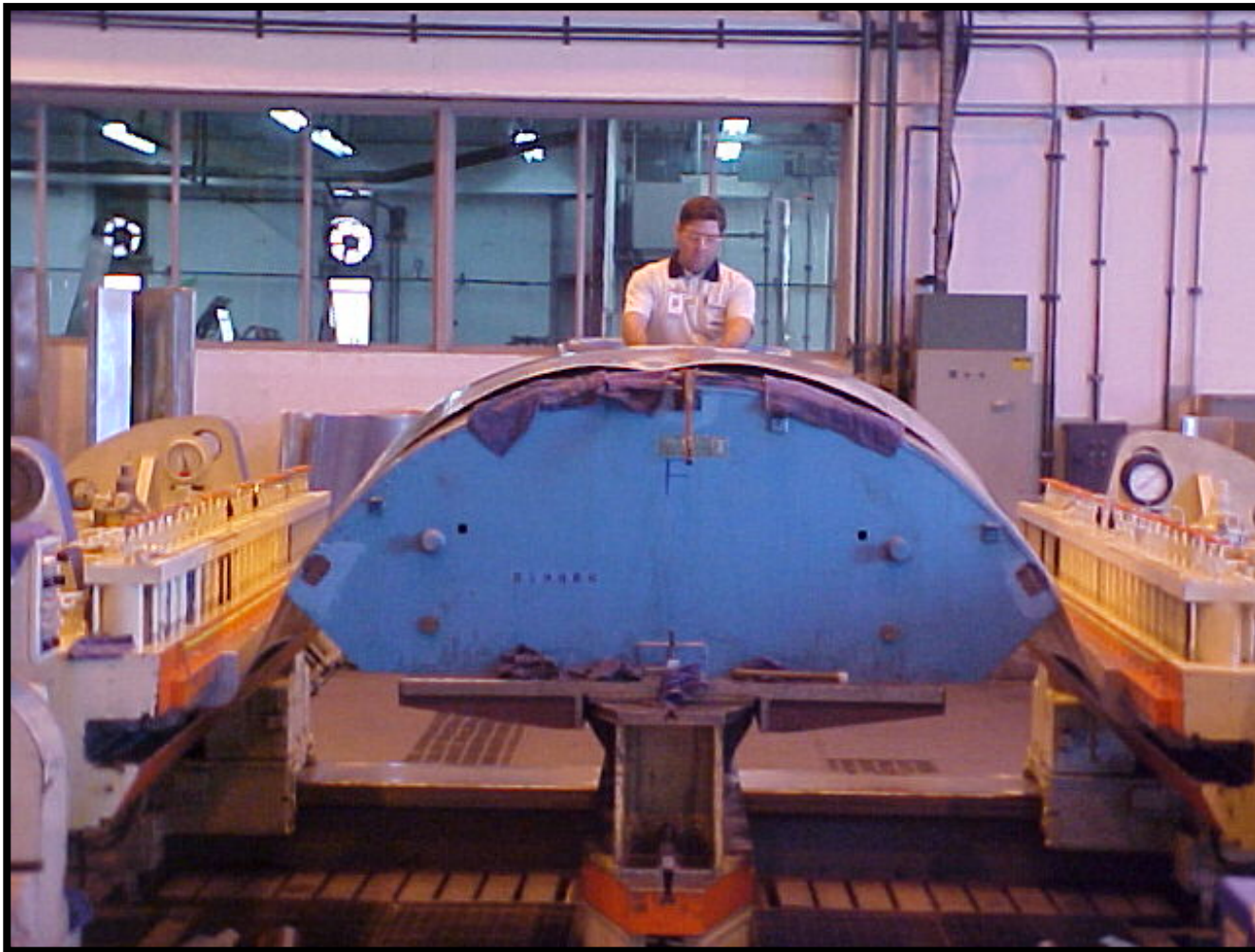
ESTIRAMENTO

O ESTIRAMENTO É UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DE REVESTIMENTOS

Revestimentos **Estirados** - São revestimentos com mais de uma curvatura.

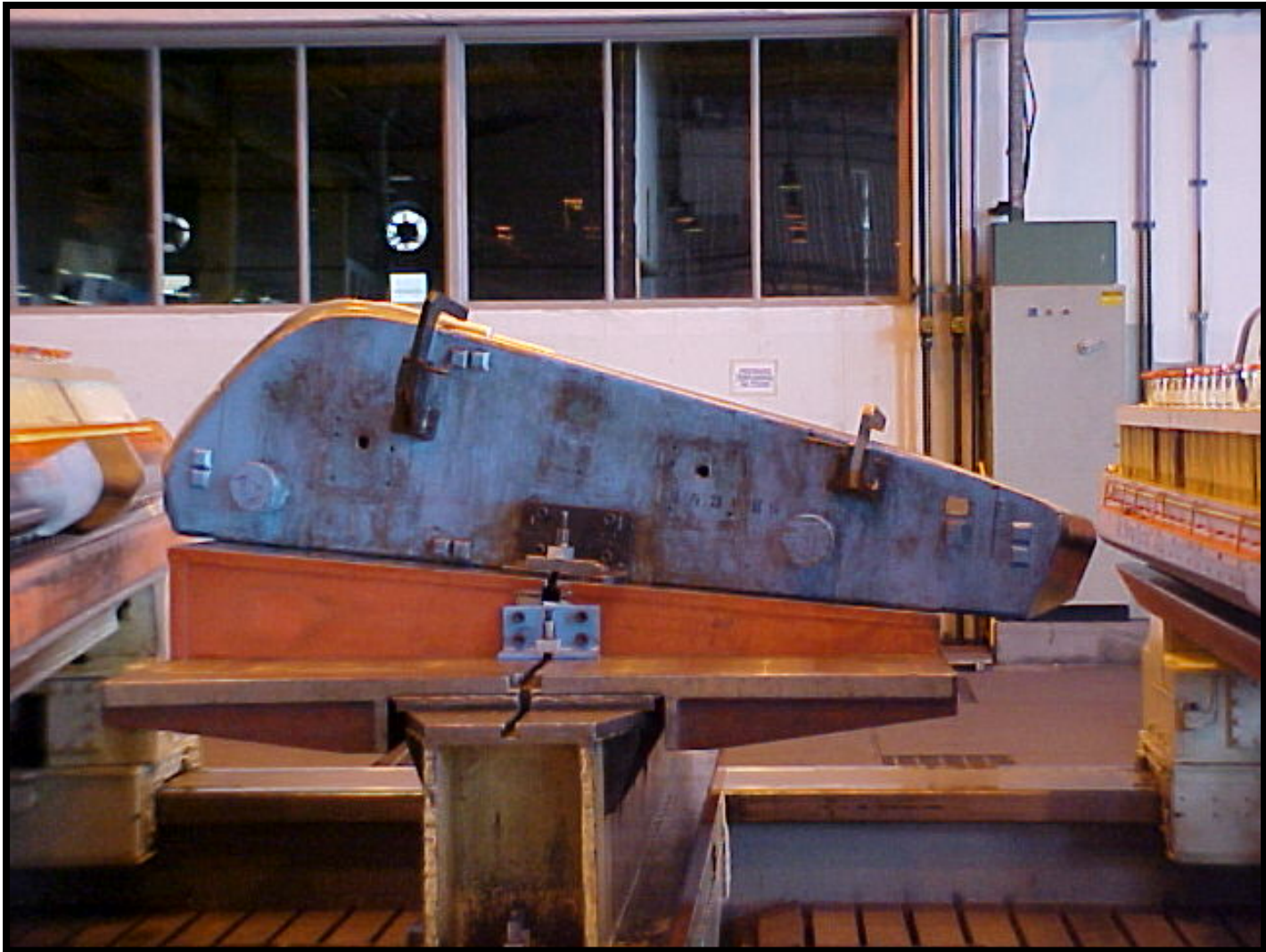
Revestimentos **Calandrados** - São revestimentos com curvatura cilíndrica.

Estiramento - Produtos



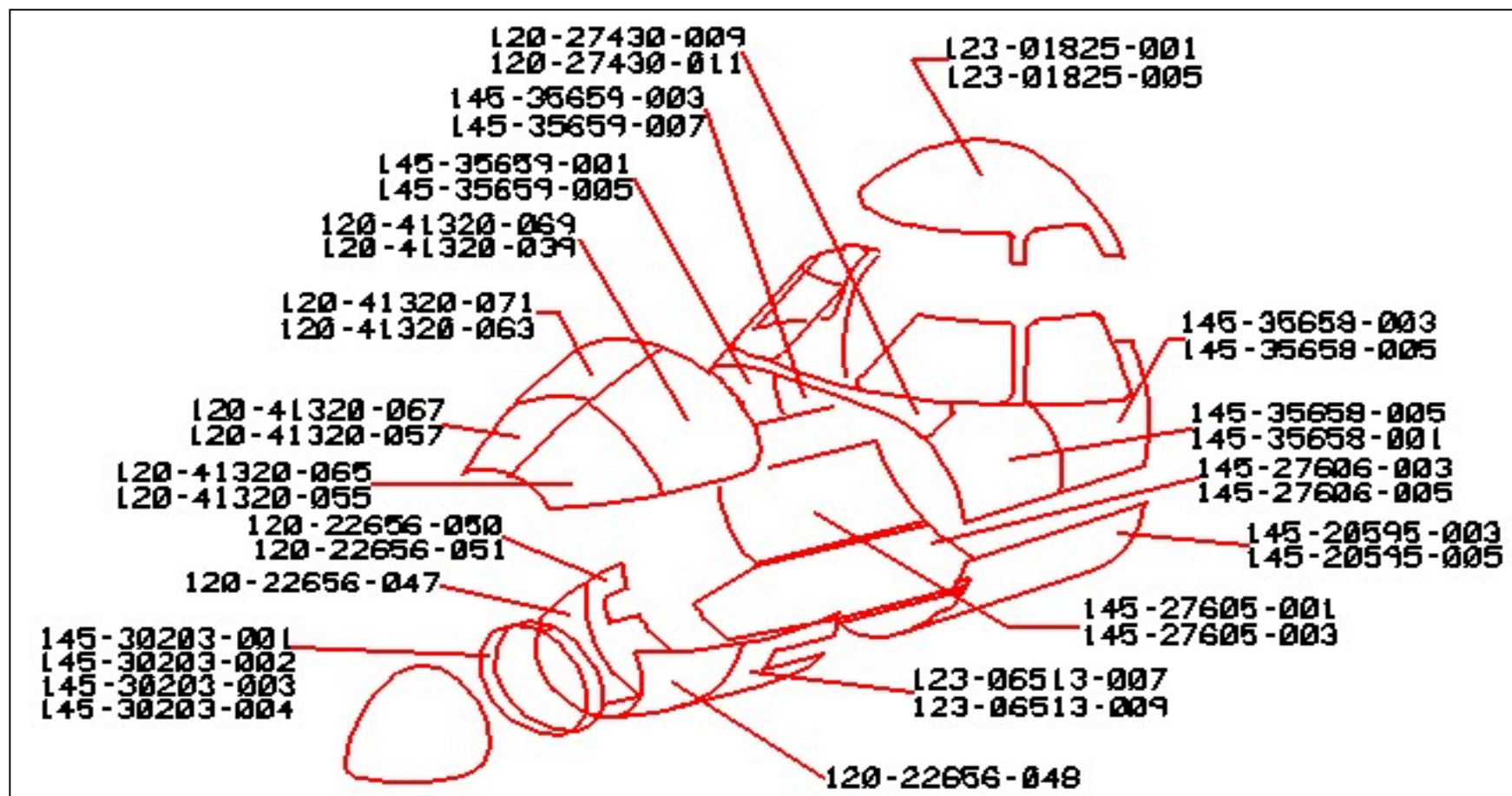
Revestimentos do teto do EMB170

Estiramento - Produtos

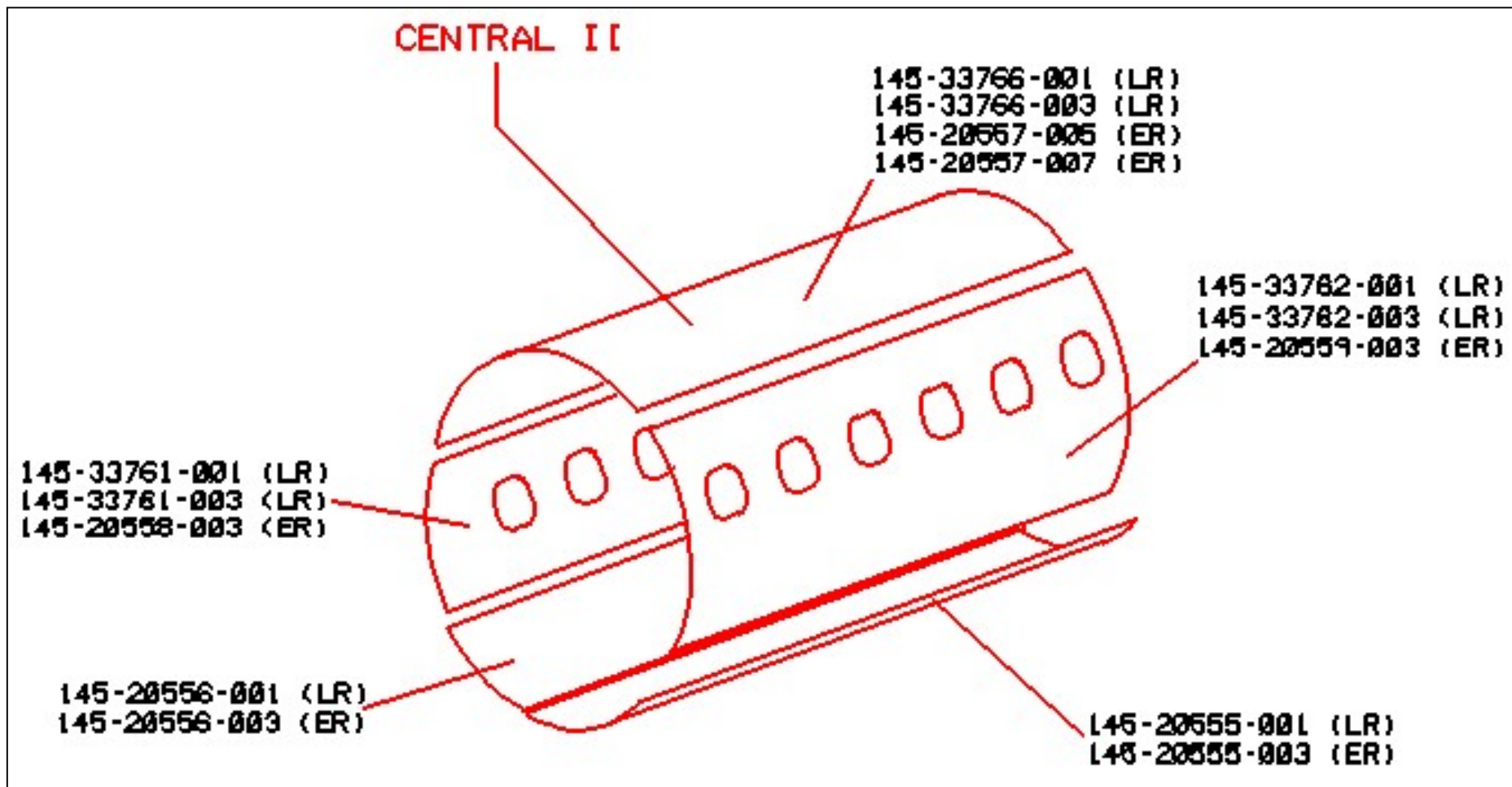


Winglet

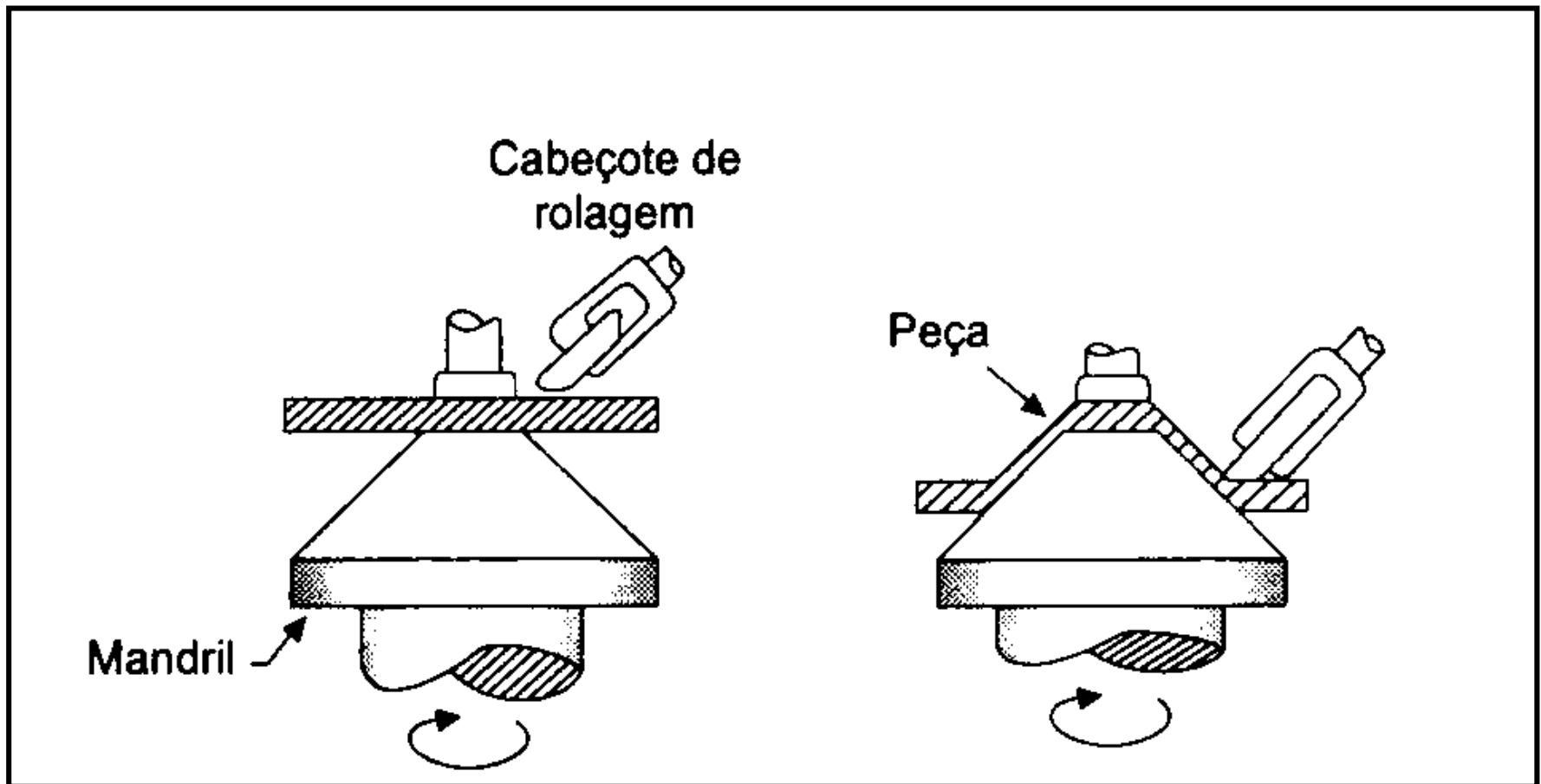
Revestimentos Estirados - Dianteira do ERJ 145



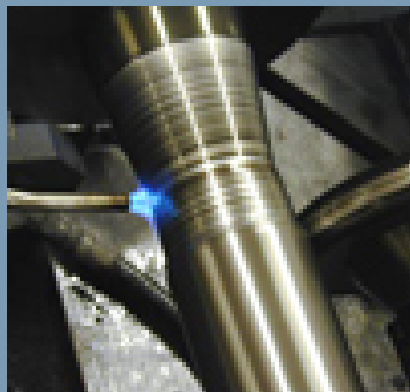
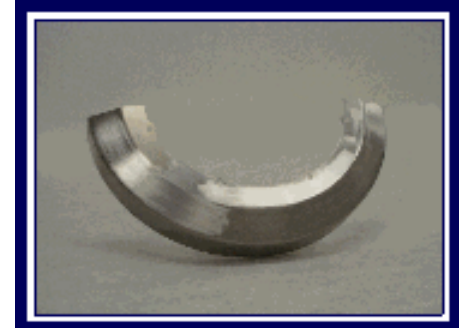
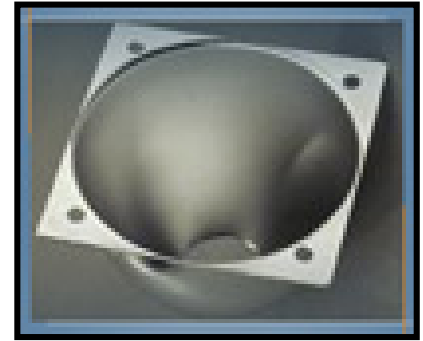
Revestimentos Calandrados - Central II



Repuxamento (SPINNING)



REPUXAMENTO- EXEMPLOS



Repuxamento (SPINNING)





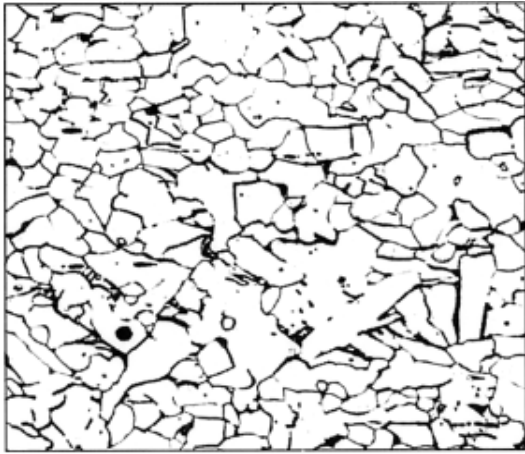
DEFORMAÇÃO À FRIO

- Aumenta a dureza e a resistência dos materiais, mas a ductilidade diminui (menor tenacidade);
- Permite a obtenção de dimensões dentro de tolerâncias estreitas;
- Produz melhor acabamento superficial.

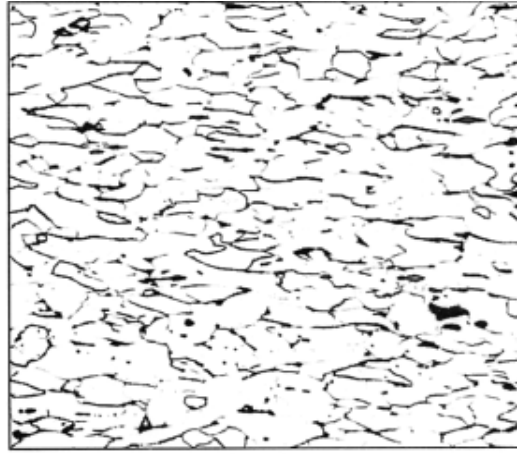
ENCRUAMENTO OU ENDURECIMENTO PELA DEFORMAÇÃO À FRIO

- É o fenômeno no qual um material endurece devido à deformação plástica (realizado pelo trabalho à frio);
- Esse endurecimento dá-se devido ao aumento de discordâncias e imperfeições promovidas pela deformação, que impedem o escorregamento dos planos atômicos;
- A medida que se aumenta o encruamento maior é a força necessária para produzir uma maior deformação;
- O encruamento pode ser removido por tratamento térmico (recristalização) onde diminui a densidade discordâncias.

ENCRUAMENTO



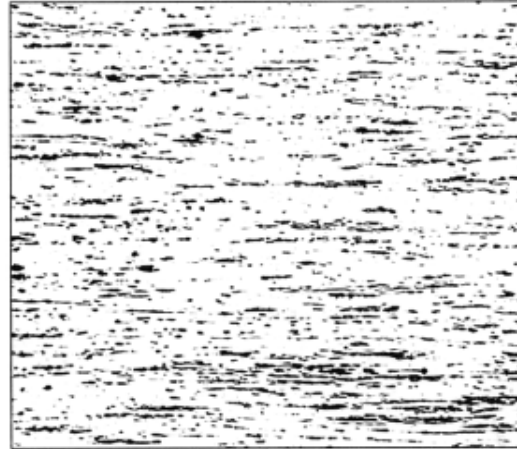
(a)



(b)



(c)



(d)

**Estrutura do grão
deformado por
trabalho a frio de um
aço baixo carbono.**

trabalho a frio:

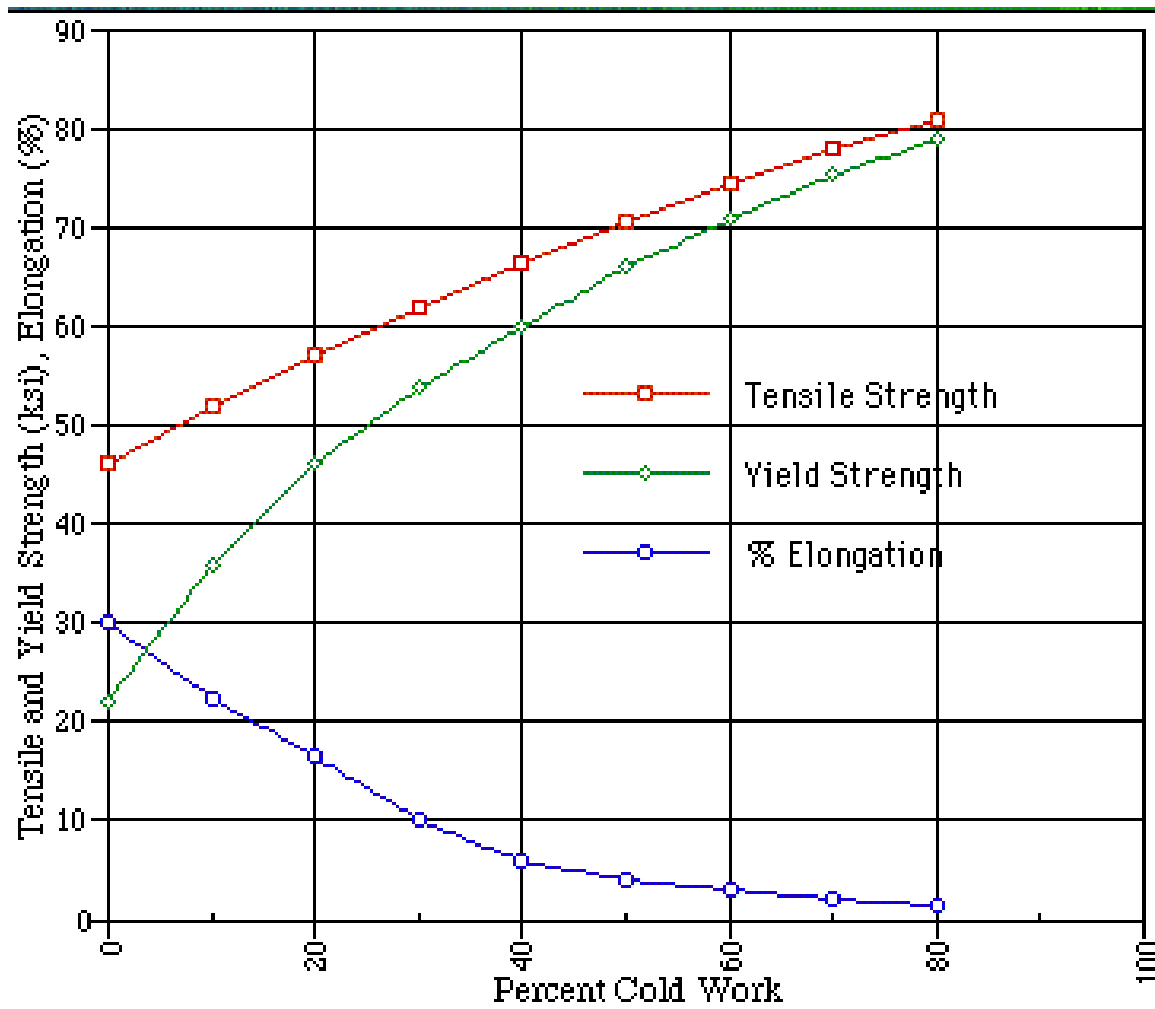
(a) 10%

(b) 30%

(c) 60% and

(d) 90% (250).

VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM FUNÇÃO DO ENCRUAMENTO

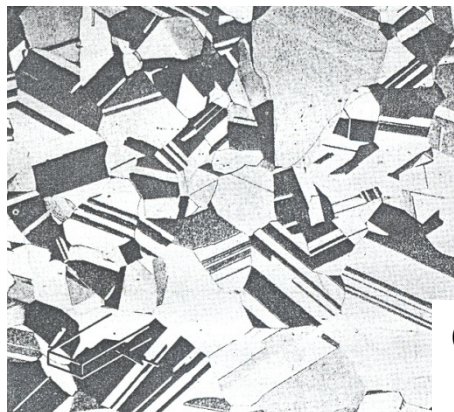


□ O encruamento aumenta a resistência mecânica a tração;

□ O encruamento aumenta o limite de escoamento;

□ O encruamento diminui a ductilidade

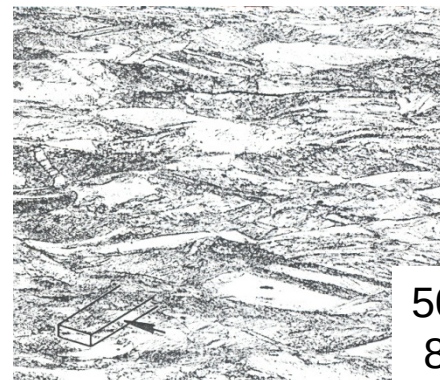
Efeito do encruamento (%redução a frio) sobre a Resistência à Tração



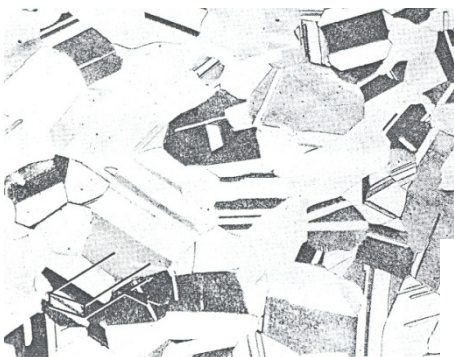
Original
43 kpsi



21% red.
62 kpsi



50% red.
86 kpsi



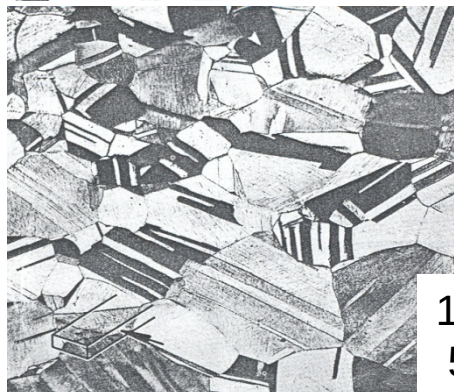
6% red.
49 kpsi



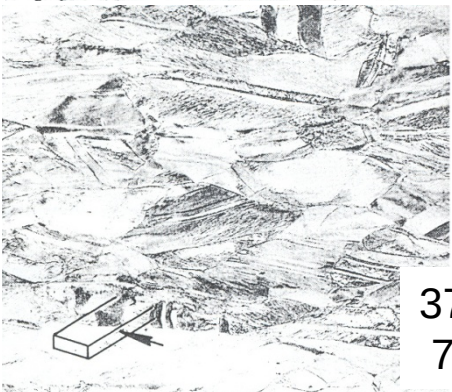
29% red.
69 kpsi



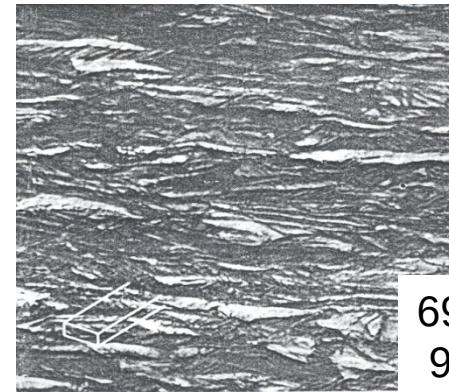
60% red.
94 kpsi



11% red.
54 kpsi

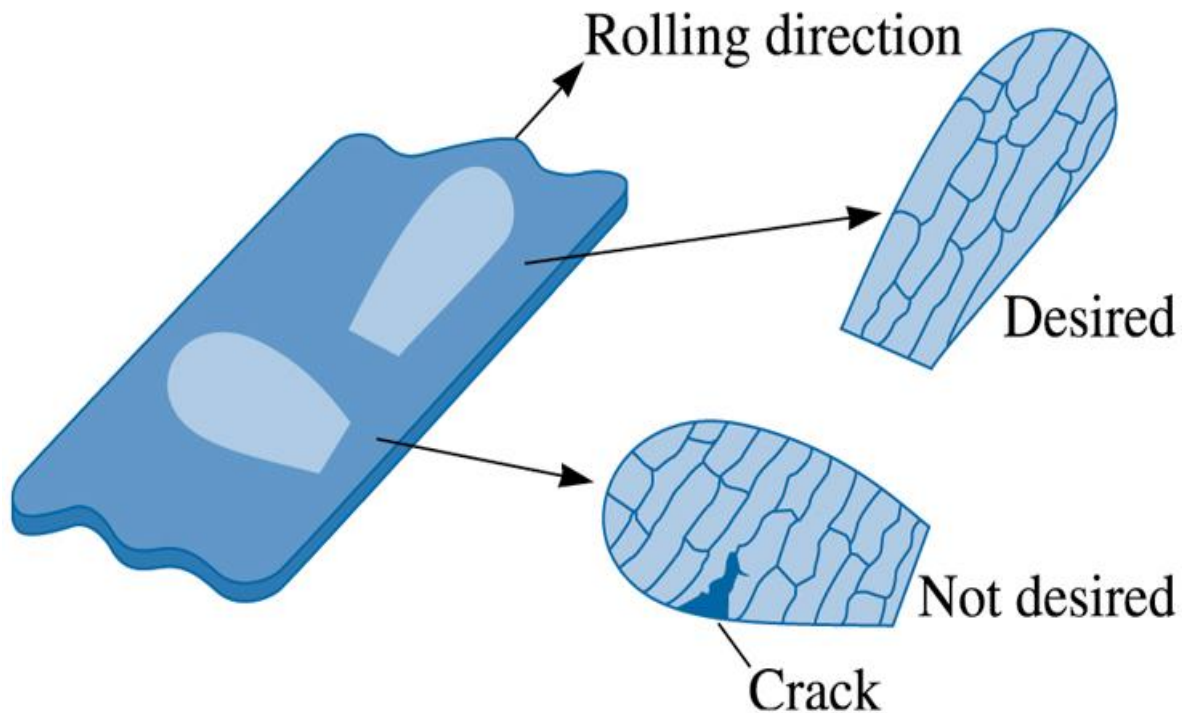


37% red.
76 kpsi



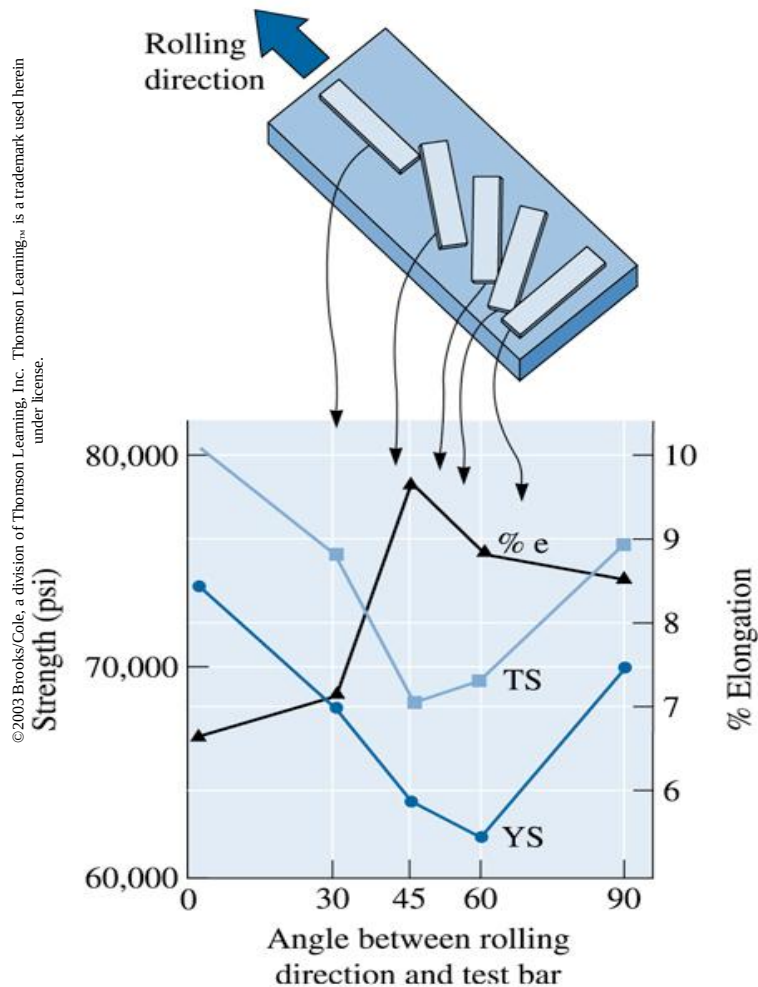
69% red.
99 kpsi

ANISOTROPIA



O alinhamento dos grãos e o alongamento das inclusões causam um direcionamento destas.

ANISOTROPIA



Comportamento anisotrópico de uma chapa de Al-Li usado em aplicações aeroespaciais.

Observe as variações em resistência em função das orientações dos grãos.