

---

# FORJAMENTO



# FORJAMENTO

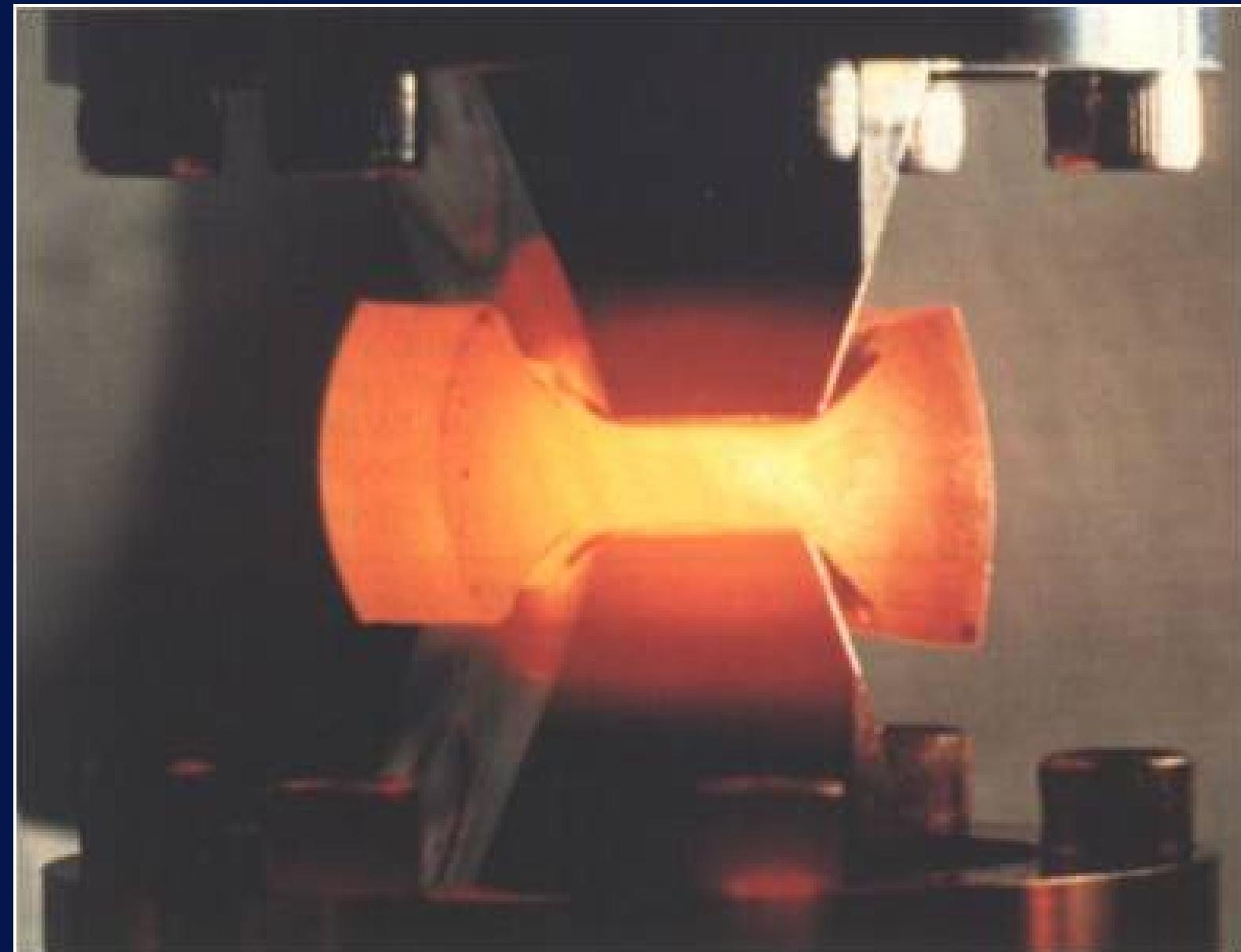
---

- Introdução
  - Vantagens e Desvantagens
  - Esforços Envolvidos
  - A Quente
  - A Frio
  - Carga Mecânica
  - Matriz Aberta
  - Matriz Fechada
  - Defeitos de Forjamento
-

# FORJAMENTO

---

## Introdução

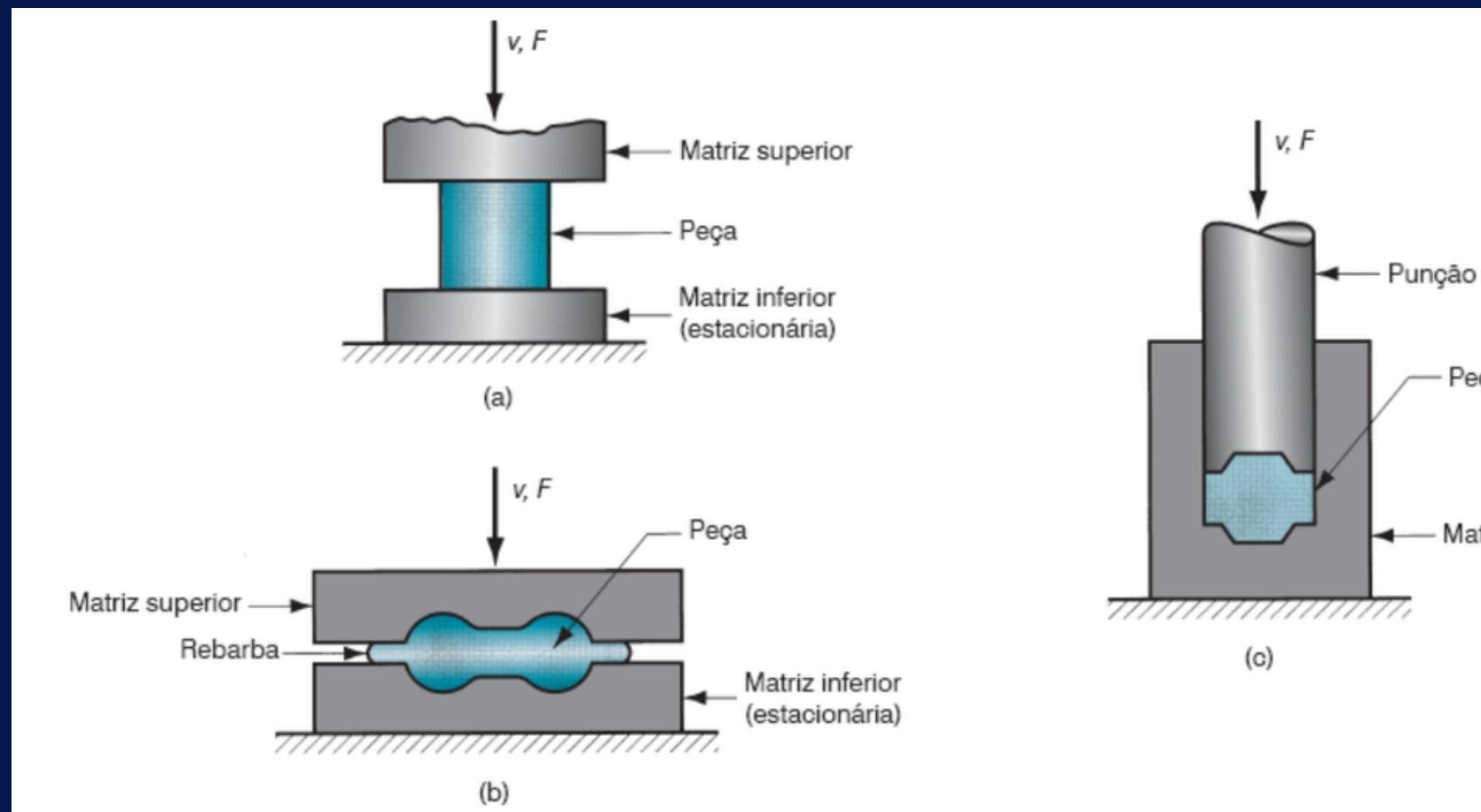


# FORJAMENTO

---

## Introdução

O forjamento é um processo que utiliza prensas ou martelos de impacto repetitivo para conformar uma peça.



- Forjamento em matriz aberta (forjamento livre);
- Forjamento em matriz fechada com rebarba;
- Forjamento em matriz fechada sem rebarba

# FORJAMENTO

---

## Vantagens

- Os forjados são produzidos a partir de pré-formas simples.
  - Produzem-se os componentes com tolerâncias apertadas.
  - Eficiente com relação ao aproveitamento da matéria-prima e da diminuição do desperdício.
  - O controle da seqüência de fabricação garante uma elevada taxa de repetibilidade das peças forjadas.
  - Os custos, em geral, são baixos. (desde que se trabalhe com grandes quantidades)
-

# FORJAMENTO

---

## Desvantagens

- Elevado custo de fabricação das matrizes, normalmente, de aço-ferramenta.
  - Não é viável para pequenas quantidades de produtos.
  - Apenas pode ser aplicado para geometrias pouco complexas.
  - As peças a serem forjadas necessitam de corte para ficarem do tamanho ideal (blank).
-

# FORJAMENTO

---

## A quente

- Permite grandes deformações.
  - Necessita menores valores de carga mecânica.
  - Proporciona boa precisão dimensional.
-

# FORJAMENTO

---

## Carga Mecânica:

- O método de aplicação da carga mecânica pode ser dividido em:
  - Por impacto → martelo
  - Por pressão → prensa
-

# FORJAMENTO

---

## Carga Mecânica:

- **IMPACTO** - O método preferido para forjamento individual, isto é, o “chapeamento” do metal ou outro material. É feito através da aplicação de uma pressão instantânea em uma área relativamente pequena. O martelo pode ser acionado por ar comprimido, hidraulicamente, ou manualmente. Este tipo de forjamento pode produzir uma grande variedade de formas e tamanhos. A desvantagem é a necessidade de usinagem após o processo.
  - **PRESSÃO** - Nesse tipo de processo uma pressão contínua e lenta é aplicada na área a ser forjada. Esta operação pode ser realizada a quente ou a frio.
-

# FORJAMENTO

---

## Classificação das Matrizes de Forjamento:

- Toda a operação de forjamento precisa de uma matriz. É ela que ajuda a fornecer o formato intermediário ou final da peça. Tais matrizes podem ser:
  - Matrizes abertas – forjamento livre
  - Matrizes fechadas – com ou sem rebarbas
-

# FORJAMENTO

---

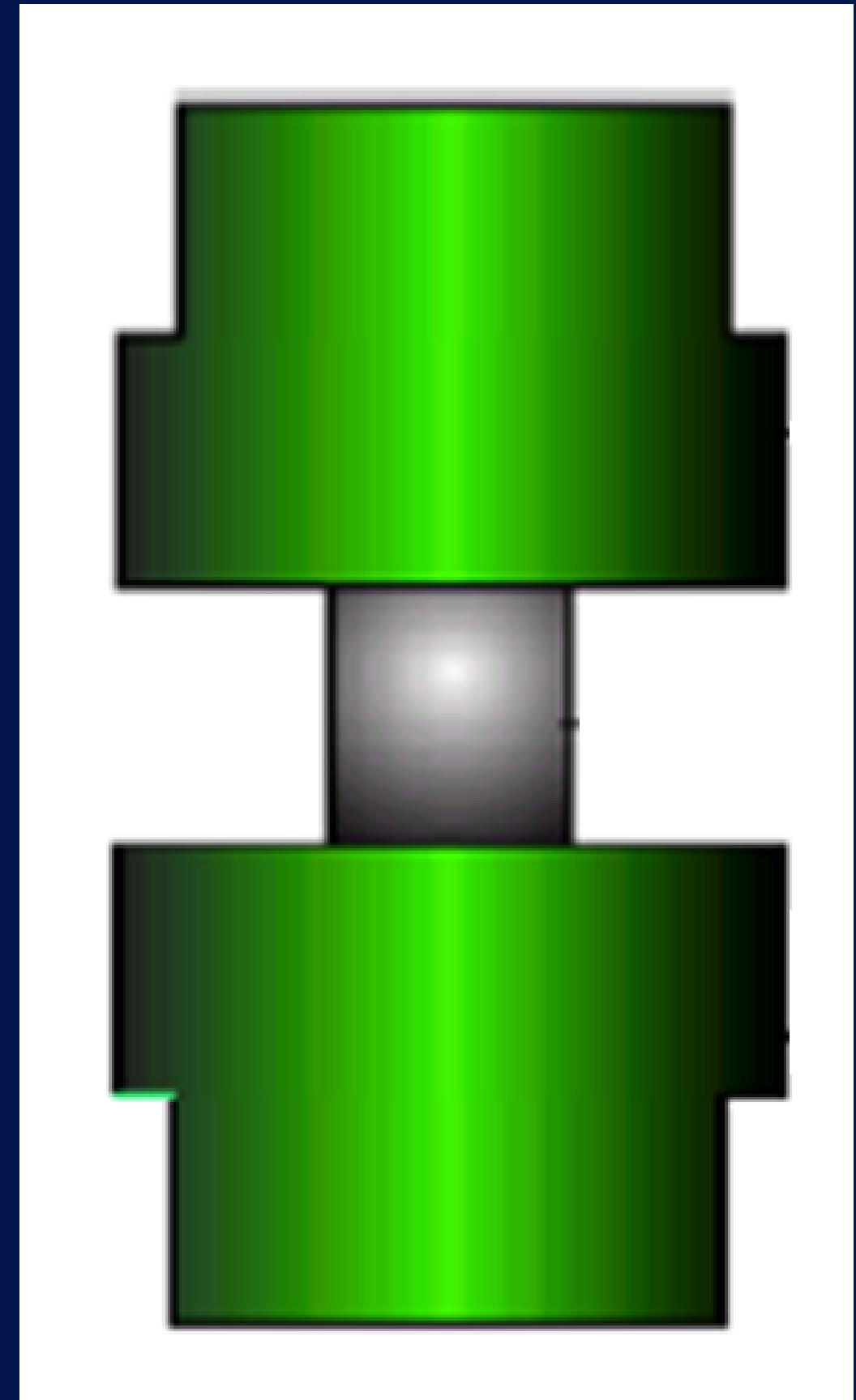
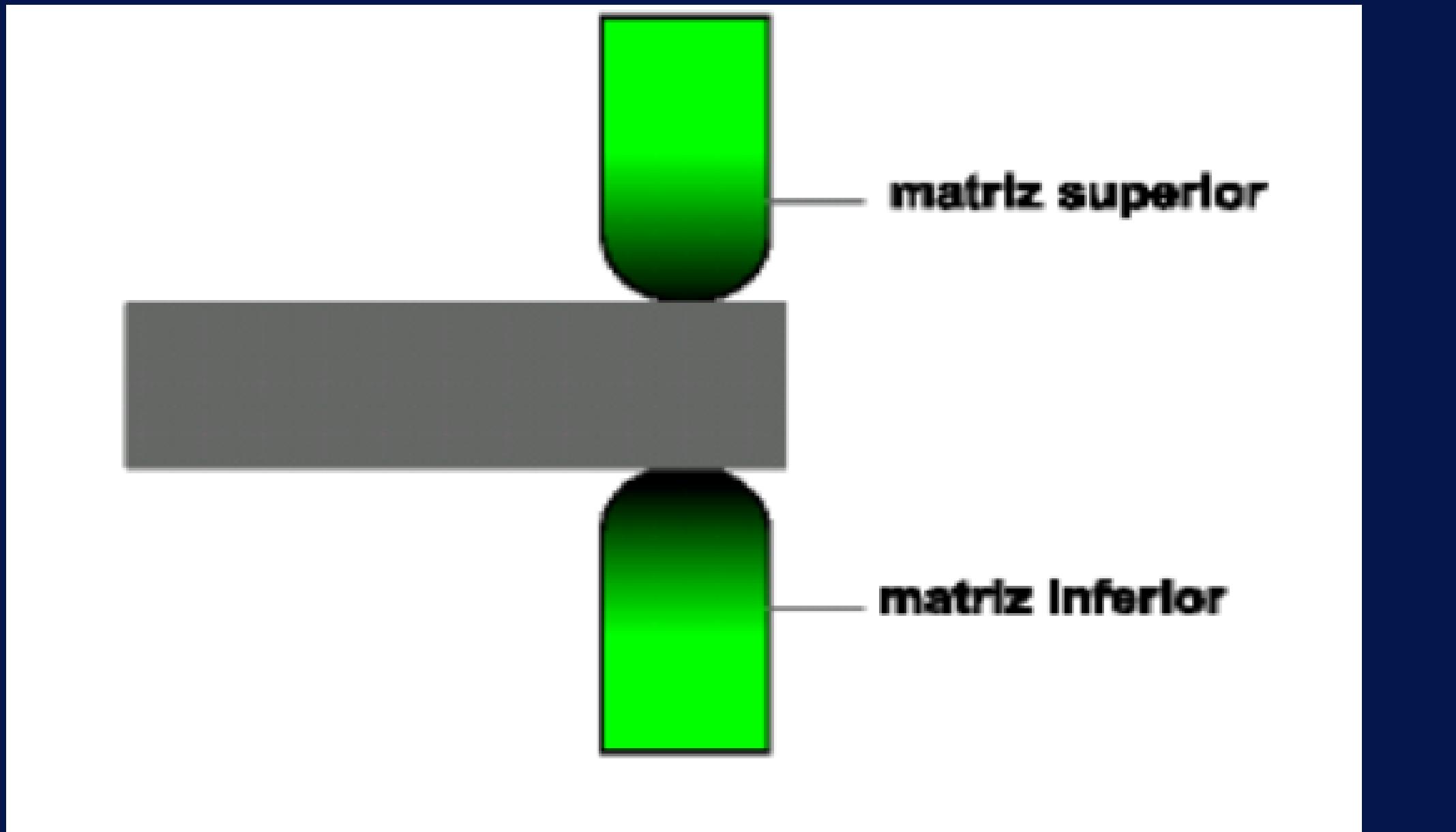
## Matriz Aberta:

- **Aplicação de forças de compressão por martelamento** ocorre em **regiões localizadas da peça** ou por **prensagem** em **regiões distribuídas**.
  - A forma final da peça é obtida por **intermédio da sua manipulação** (ex: avanço, rotação...) – golpes sucessivos do martelo. Por **prensagem** a pressão é **constante**.
-

# FORJAMENTO

---

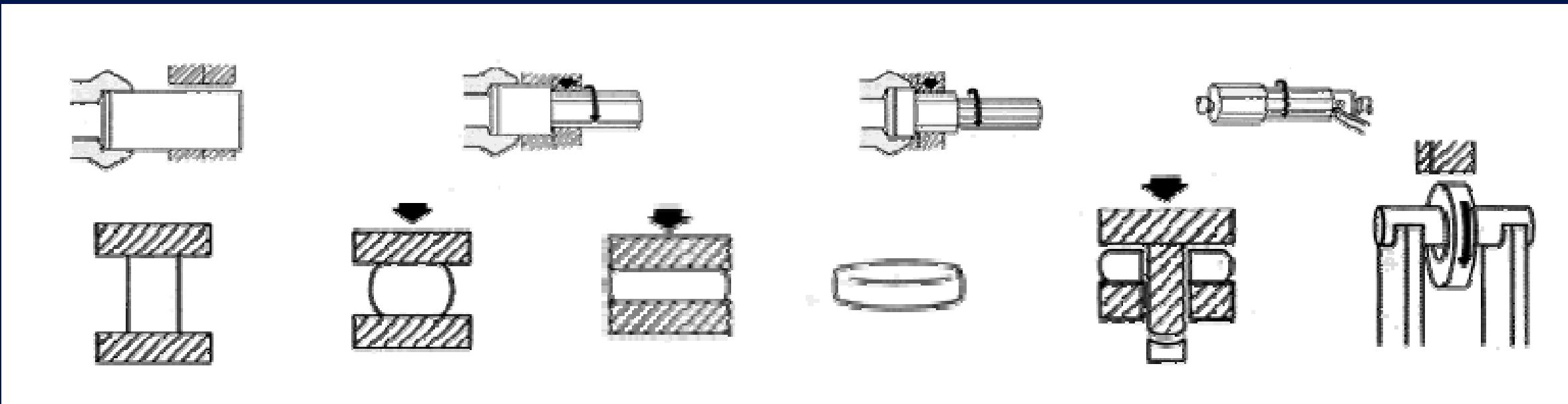
Matriz Aberta:



# FORJAMENTO

---

## Matriz Aberta:



### Campo de aplicação:

- Geração de peças para o forjamento de matriz
  - peça única ou séries pequenas
  - eixo de turbinas, laminadores, reservatórios
-

# FORJAMENTO

---

## Matriz fechada:

- O material é conformado entre duas metades de matriz que possuem, gravadas em baixo-relevo, impressões com o formato que se deseja fornecer à peça. A deformação ocorre sob alta pressão em uma cavidade fechada ou semi-fechada, permitindo assim obter-se peças com tolerâncias dimensionais mais apertadas.
  - Nos casos em que a deformação ocorre dentro de uma cavidade totalmente fechada, sem zona de escape, é fundamental a precisão na quantidade fornecida de material
-

# FORJAMENTO

---

## Matriz fechada:

- Uma quantidade insuficiente de material implica na falta de enchimento da cavidade e falha no volume da peça.
  - Um excesso de material causa sobrecarga no ferramental, com probabilidade de danos ao mesmo e ao maquinário.
  - Dada a dificuldade de dimensionar a quantidade exata fornecida de material, é mais comum empregar um pequeno excesso. As matrizes são providas de uma zona oca especial para recolher o material excedente ao término do preenchimento da cavidade principal.
  - O material excedente forma uma faixa estreita (rebarba) em torno da peça forjada. A rebarba exige uma operação posterior de corte (rebarbação) para remoção.
-

# FORJAMENTO

---

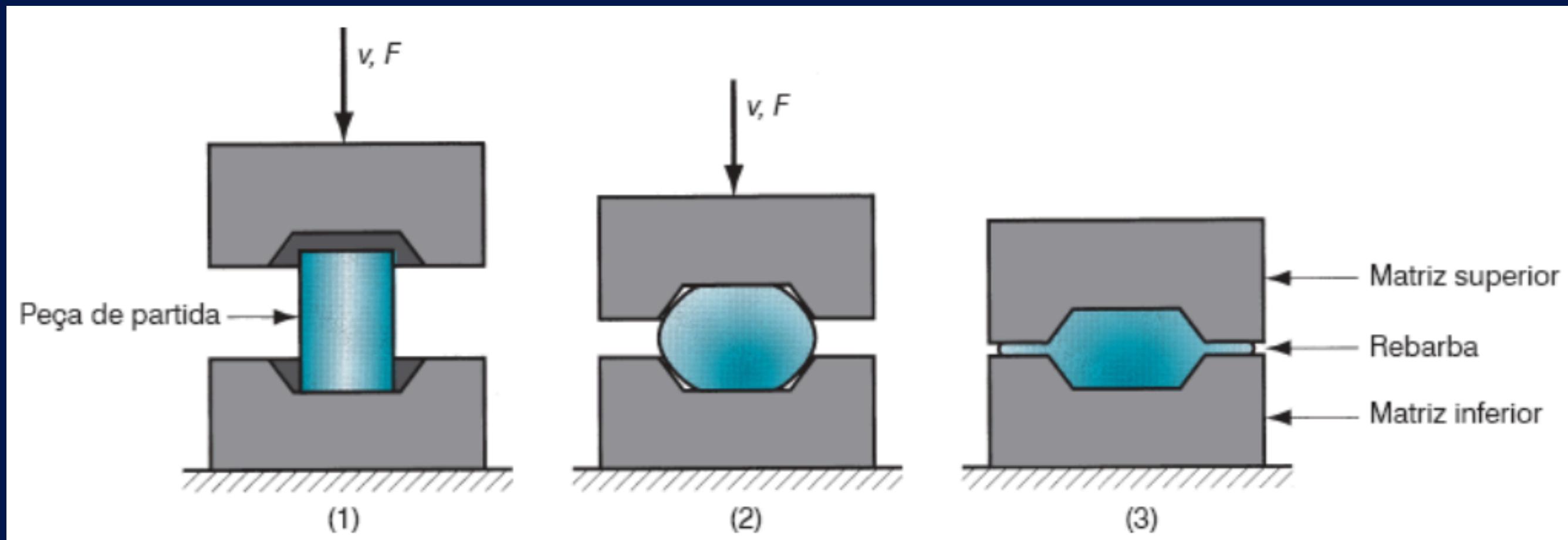
## Matriz fechada:

- Peças forjadas em matriz, com peso inferior a 2 ou 3 kg, são normalmente produzidas a partir de barras laminadas; as de maior peso são forjadas a partir de tarugos ou palanquilhas, quase sempre também laminados, e cortados previamente no tamanho adequado.
  - Peças delgadas, como chaves de boca, alicates, tesouras, facas, instrumentos cirúrgicos, etc, podem ser forjadas a partir de recortes de chapas laminadas.
  - O forjamento em matriz fechada pode ser classificado em: a) forjamento a partir da barra, b) a partir de tarugos e c) elementos estampados.
-

# FORJAMENTO

---

Matriz fechada:



**Rebarba é algo positivo ou negativo?**

---

# FORJAMENTO

---

## Matriz Fechada (Etapas do Processo):

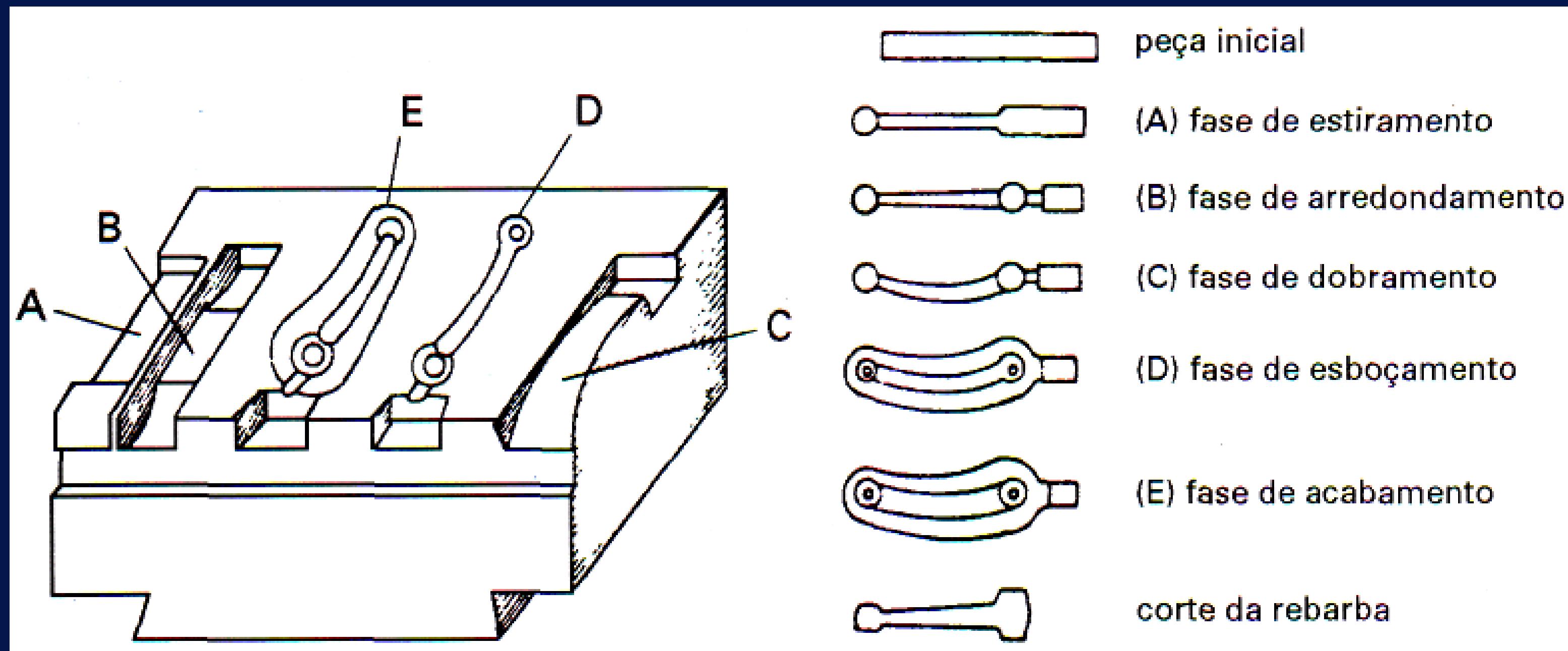
Para peças não muito complexas, são aplicadas as seguintes etapas no forjamento em matriz fechada:

- **Corte do blank**, ou seja, do pedaço de metal em barra no tamanho necessário.
  - **Aquecimento** - realizado em fornos.
  - **Forjamento intermediário**, realizado somente quando é difícil a conformação em uma única etapa.
  - **Forjamento final** - feito em matriz, já com as dimensões finais da peça.
  - **Tratamento térmico** - para a remoção das tensões, homogeneização da estrutura, melhoria da usinabilidade e das propriedades mecânicas.
-

# FORJAMENTO

---

## Matriz Fechada Progressiva:



# FORJAMENTO

---

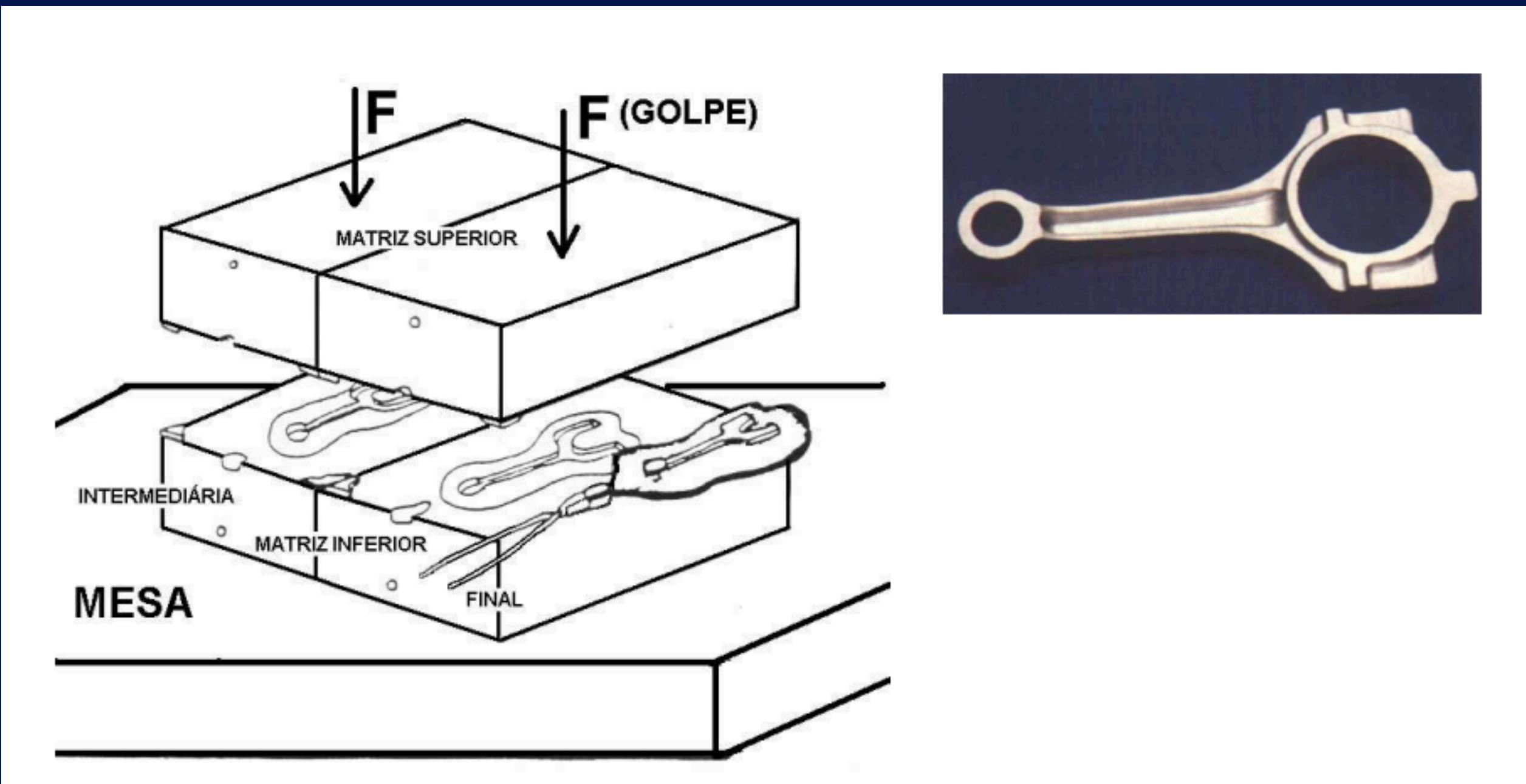
Matriz Fechada:



# FORJAMENTO

---

Matriz Fechada:



# FORJAMENTO

---

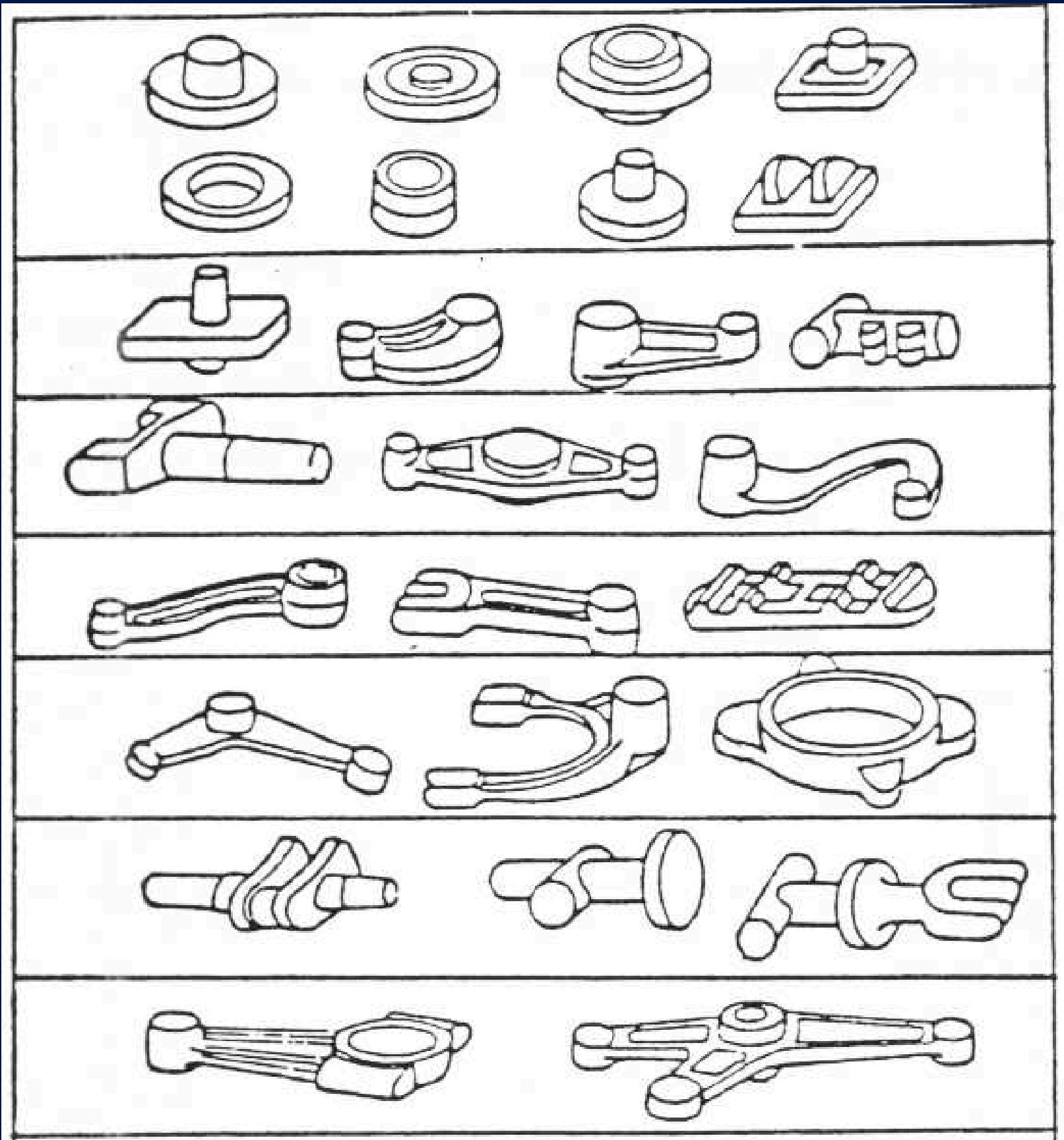
Peças Forjadas Típicas:



# FORJAMENTO

---

Peças Forjadas Típicas:



# FORJAMENTO

---

## Defeitos dos Produtos Forjados:

**Falta de redução** - caracteriza-se pela penetração incompleta do metal na cavidade da ferramenta. Isso altera o formato da peça e acontece quando são usados golpes rápidos e leves do martelo.

**Trincas superficiais** - causadas por trabalho excessivo na periferia da peça em temperatura baixa, ou por alguma fragilidade a quente.

**Trincas nas rebarbas** - causadas pela presença de impurezas nos metais ou porque as rebarbas são pequenas. Elas se iniciam nas rebarbas e podem penetrar na peça durante a operação de rebarbação.

**Trincas internas** - originam-se no interior da peça, como consequência de tensões originadas por grandes deformações.

---

# FORJAMENTO

---

## Defeitos dos Produtos Forjados:

**Gotas frias** - são descontinuidades originadas pela dobra de superfícies, sem a ocorrência de soldagem. Elas são causadas por fluxos anormais de material quente dentro das matrizes, incrustações de rebarbas, colocação inadequada do material na matriz.

**Incrustações de óxidos** - causadas pela camada de óxidos que se formam durante o aquecimento. Essas incrustações normalmente se desprendem, mas ocasionalmente, podem ficar presas nas peças.

**Descarbonatação** - caracteriza-se pela perda de carbono na superfície do aço, causada pelo aquecimento do metal.

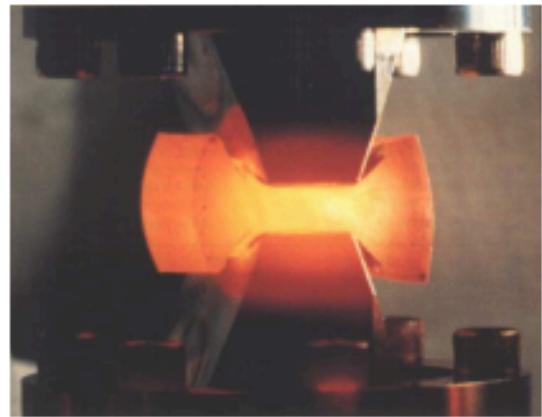
**Queima** - gases oxidantes penetram nos limites dos contornos dos grãos, formando películas de óxidos. Ela é causada pelo aquecimento próximo ao ponto de fusão.

---

# COMPARATIVO

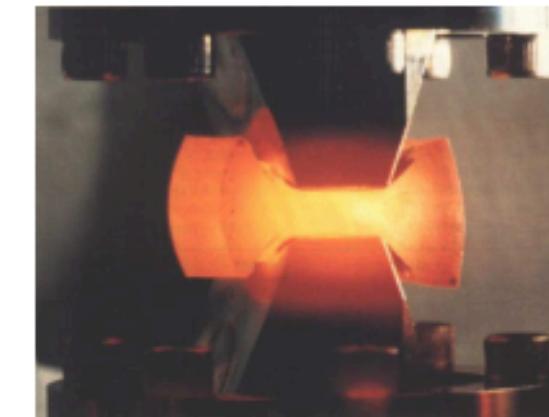
---

## Forjados x Fundidos



- Mais resistentes
- Possuem microestrutura mais refinada
- Mais confiáveis (menos defeitos)
- Mais baratos para grandes lotes
- Suas plantas de produção são mais adaptáveis a diferentes produtos

## Forjados x Montagens Soldadas

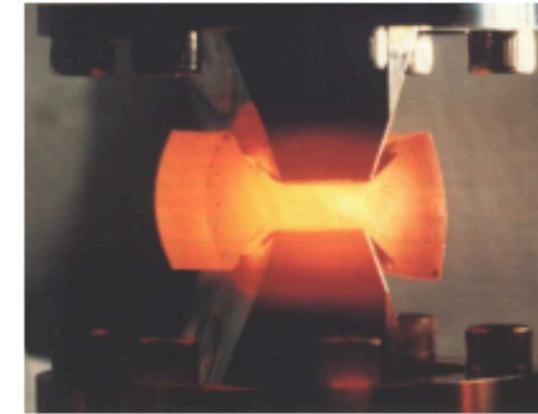


- Mais resistentes
- Mais baratos para grandes lotes
- Inspeção simplificada em relação aos componentes soldados
- Menor susceptibilidade a defeitos

# COMPARATIVO

---

## Forjados x Usinados

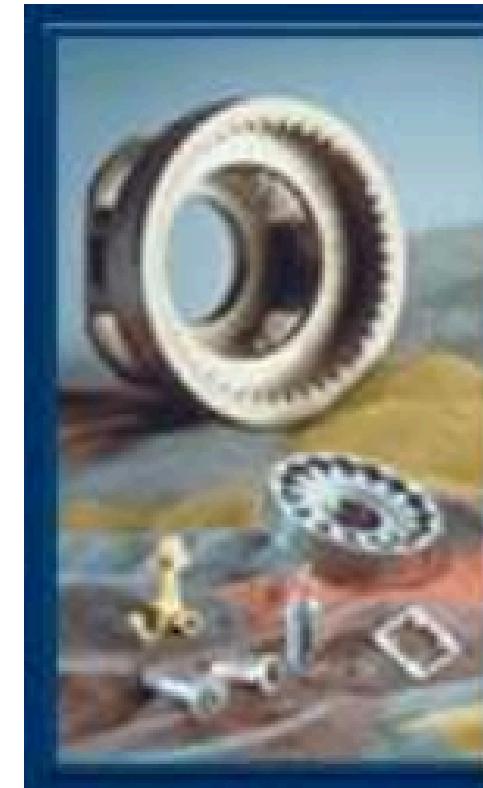
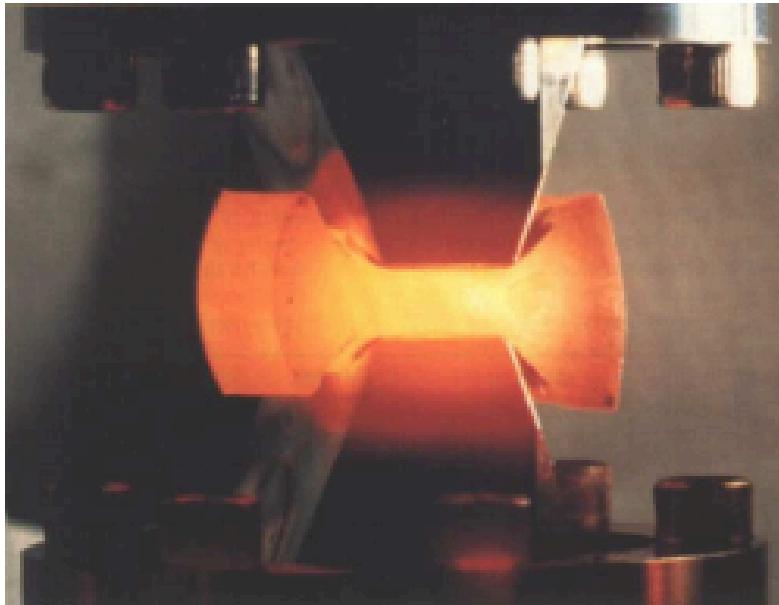


- Maior flexibilidade quanto ao tamanho da peça, já que não existe limitação com respeito ao tamanho da placa ou barra disponível
  - Grãos orientados com respeito à forma aumentando a resistência no sentido de solicitação
  - Uso mais econômico e ambiental dos materiais
  - Menor número de operações
-

# COMPARATIVO

---

## Forjados x Sinterizados



- Mais resistentes
  - Ausência de porosidade
  - Maior flexibilidade no projeto
  - Matéria-prima mais barata e disponível
-

---

# VIDEOS DE FORJAMENTO