

# ***PROCESSOS DE FABRICAÇÃO***

## ***PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA***

# Forjamento

---

**Ferreiro** - Uma das profissões mais antigas do mundo.

Hoje em dia, o **martelo** e a **bigorna** foram substituídos por **máquinas** e **matrizes** que permitem a produção constante de milhares de peças.

Esse processo de conformação mecânica, tão antigo quanto o uso dos metais, é o **forjamento**.

# Forjamento

---

**Forjamento** - é um processo de conformação mecânica em que o material é deformado por martelamento ou prensagem,

É empregado para a fabricação de produtos acabados ou semi-acabados de alta resistência mecânica, destinados a sofrer grandes esforços e solicitações em sua utilização.

# Forjamento

---

As operações de forjamento são realizadas a quente, em temperaturas superiores às de recristalização do metal.

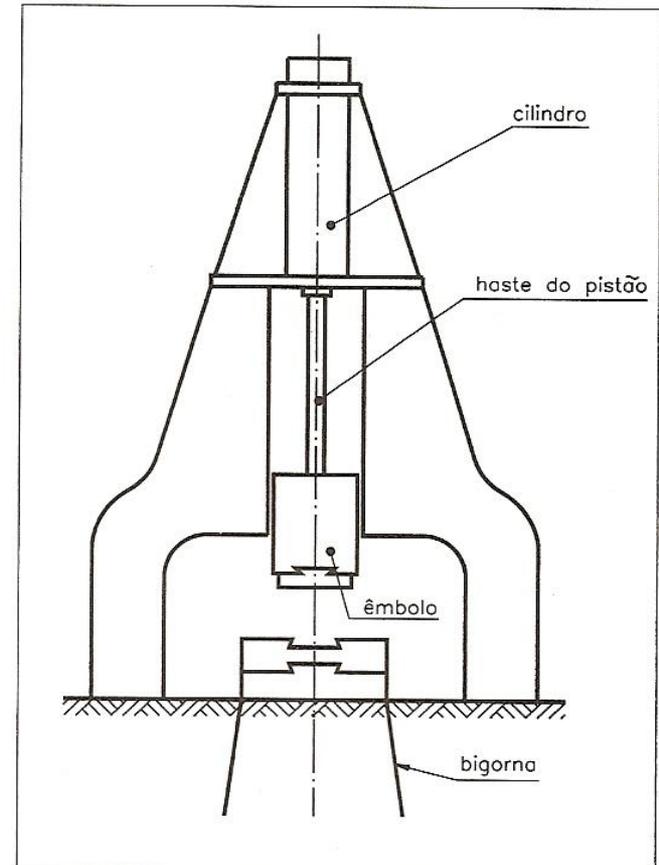
Alguns metais não-ferrosos podem ser forjados a frio.

## **Classes de equipamentos para o forjamento:**

❖ O **martelo** ou **martetele de forjamento**, que aplica golpes rápidos e sucessivos sobre a superfície do metal (velocidades entre 3,0 e 20 m/s);

# Forjamento por martelamento

- Massa de 200 a 3000 kg que cai livremente ou é impulsionada de uma altura entre 1 e 3,5 m.
- Pontas de eixo, virabrequins, discos de turbinas.



# Forjamento por prensagem

---

- ❖ **Prensas hidráulicas** ou **mecânicas** de forjamento, que submetem a liga a forças compressivas aplicadas com velocidade lenta (velocidades entre 0,06 a 1,5 m/s).
- ✓ Palhetas de turbinas e forjados de liga leve são produtos fabricados por prensagem.

# Forjamento por prensagem

---

## Prensas mecânicas ou hidráulicas.

➤ As **prensas mecânicas**, de curso limitado, são acionadas por **eixos excêntricos** e podem aplicar cargas entre **100 e 8.000 toneladas**.

➤ As prensas **hidráulicas** podem ter um grande curso e são acionadas por **pistões hidráulicos**.

**Capacidade** de carga entre **300 e 50.000 toneladas**. Elas são bem mais caras que as prensas mecânicas.

# Forjamento: **Matriz**

---

Toda a operação de forjamento precisa de uma **matriz**.

Ela ajuda a fornecer o formato final da peça forjada.

Ajuda também a classificar os **processos de forjamento**, que podem ser:

- ❖ Forjamento em **matrizes abertas**, ou forjamento livre;
- ❖ forjamento em **matrizes fechadas**.

## **Forjamento: Matriz**

---

As matrizes de forjamento são submetidas a altas tensões de compressão, altas solicitações térmicas e, ainda, a choques mecânicos.

Devido a essas condições de trabalho, é necessário que essas matrizes apresentem **alta dureza, elevada tenacidade, resistência à fadiga, alta resistência mecânica a quente e alta resistência ao desgaste.**

Por isso, elas **são feitas**, em sua maioria, de **blocos de aços-liga forjados e tratadas termicamente.** Quando as solicitações são ainda maiores, as matrizes são fabricadas com **metal duro.**

# Forjamento em **matriz aberta**

---

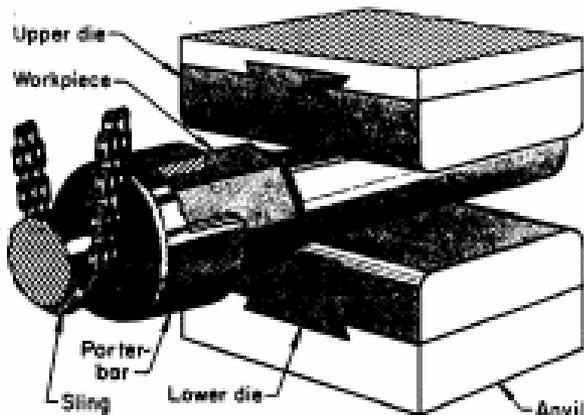
No **forjamento livre**, as matrizes têm geometria ou formatos bastante simples.

Usado quando o número de peças que se deseja produzir é pequeno e seu tamanho é grande.

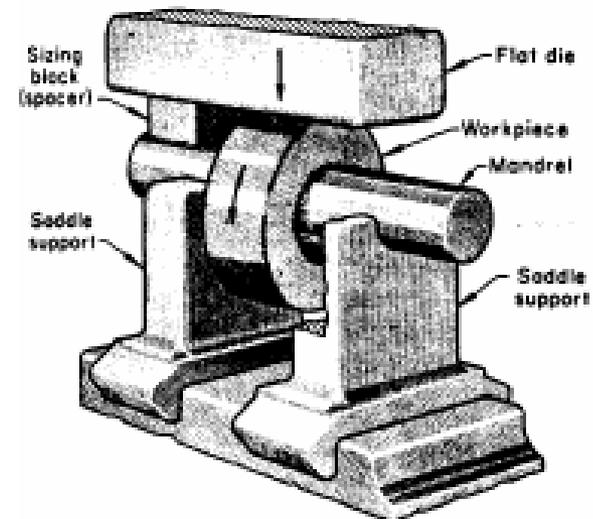
É o caso de **eixos de navios e de turbinas, virabrequins, anéis de grande porte, ganchos, correntes, âncoras, alavancas, excêntricos, ferramentas agrícolas etc.**

# Forjamento em **matriz aberta**

Freqüentemente, o **forjamento livre** é usado para preparar a forma da peça (esboço) para o forjamento em matriz.



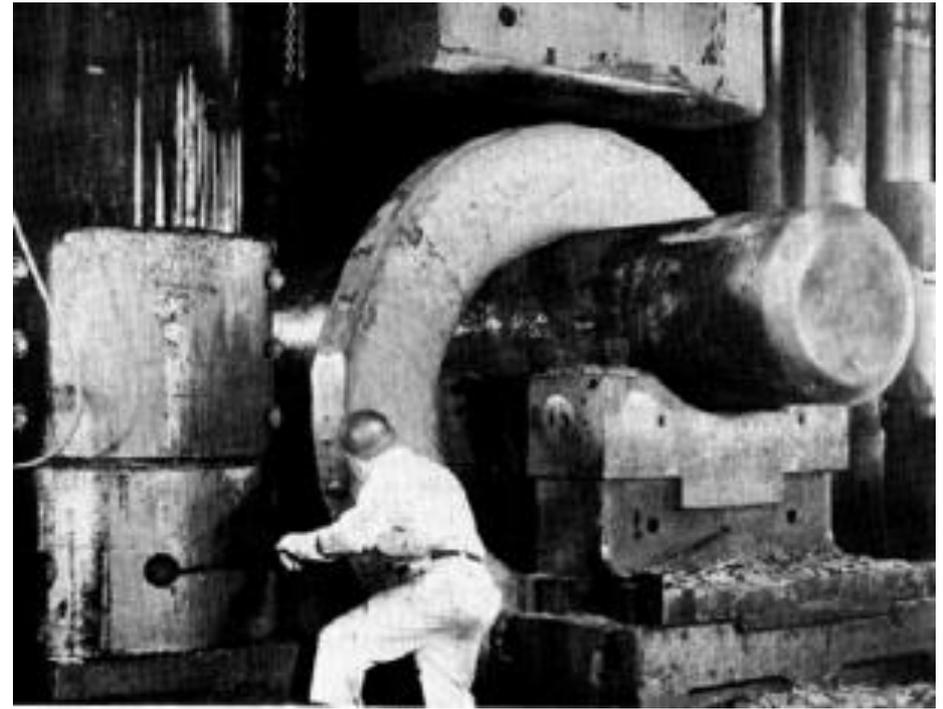
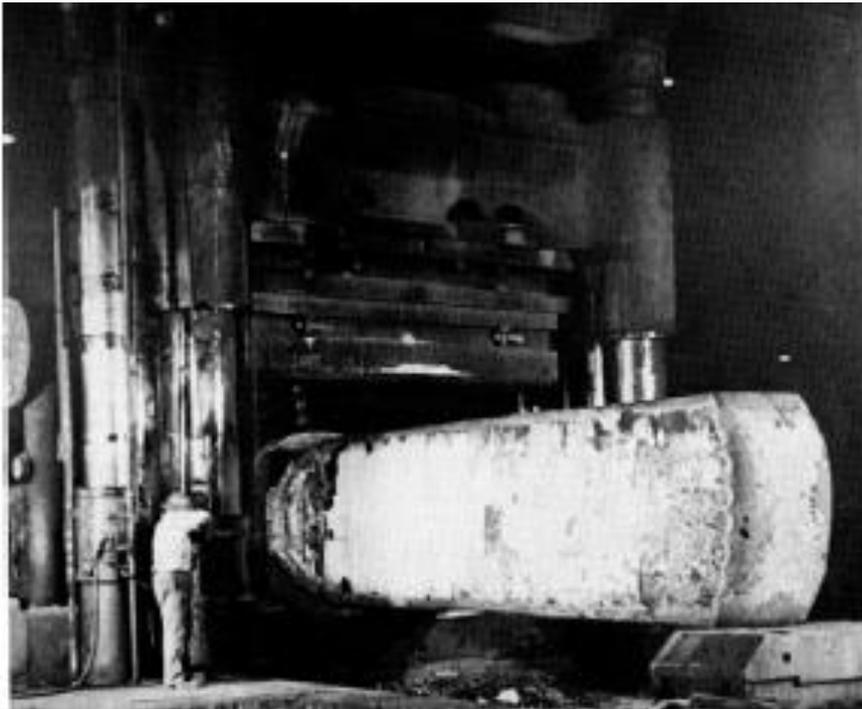
Forjamento de barras



Forjamento de anéis

# Forjamento em **matriz aberta**

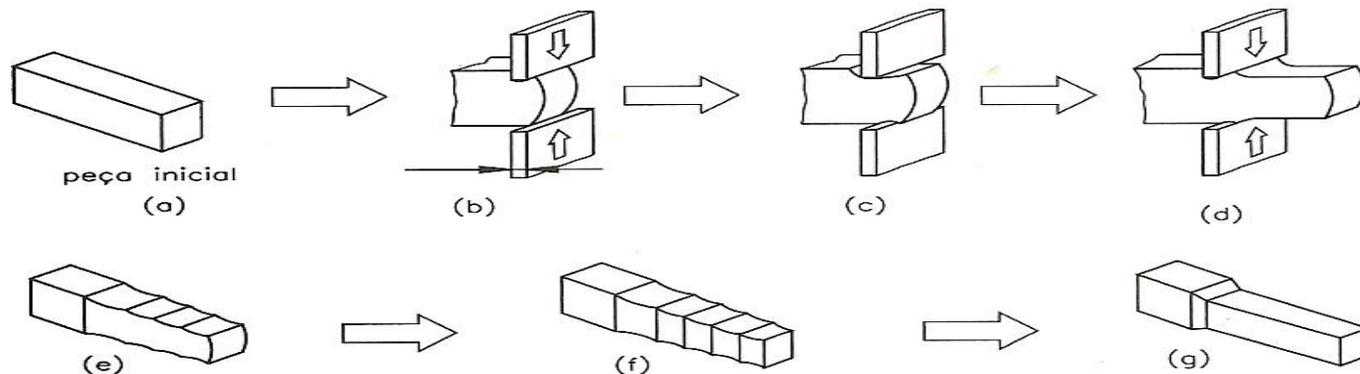
---



Forjamento de barras e de anéis

# Forjamento em **matriz aberta**

A operação é iniciada com uma matriz de pequena largura. O **estiramento** acontece por meio de golpes sucessivos e avanços da barra (b, c, d, e). A barra é girada 90°C e o processo repetido (f). Para obter o acabamento mostrado em g, as matrizes são trocadas por outras de maior largura.



# Forjamento em **matriz aberta**

---

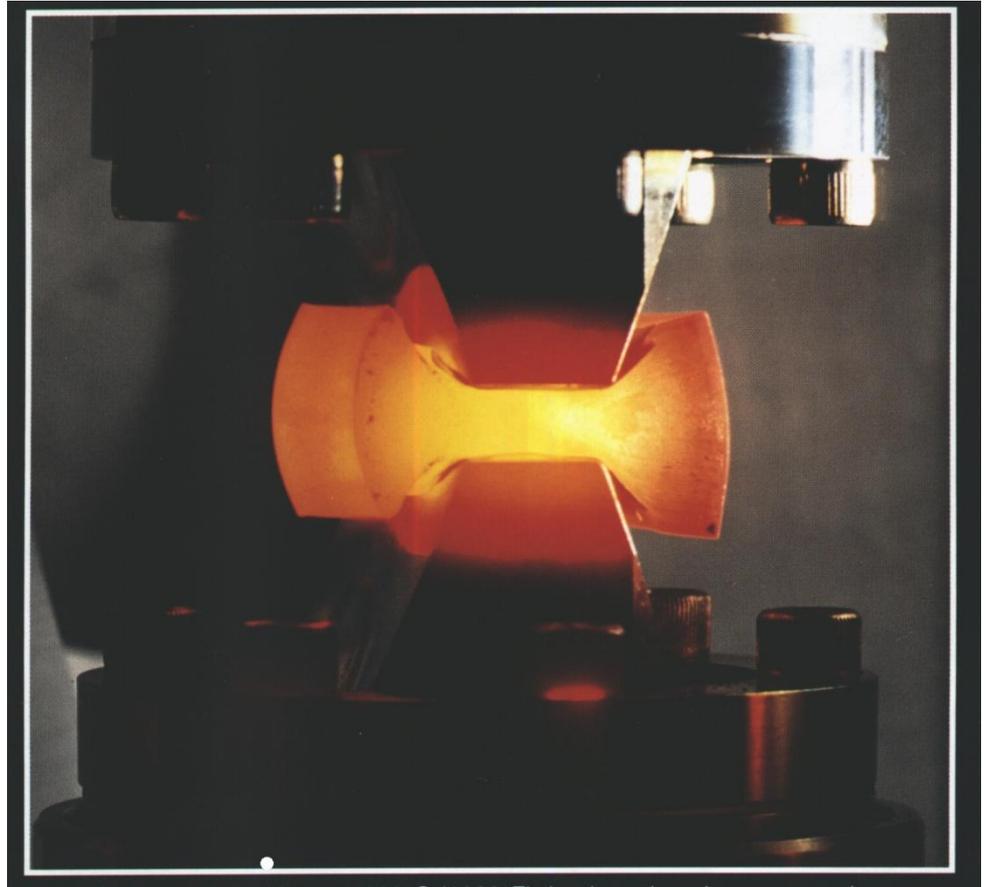
## **Encalcamento:**

Variedade de estiramento em que se **reduz** a secção de uma porção **intermediária da peça**, por meio de uma ferramenta ou impressão adequada.

# Forjamento em matriz aberta

---

**Encalcamento:**



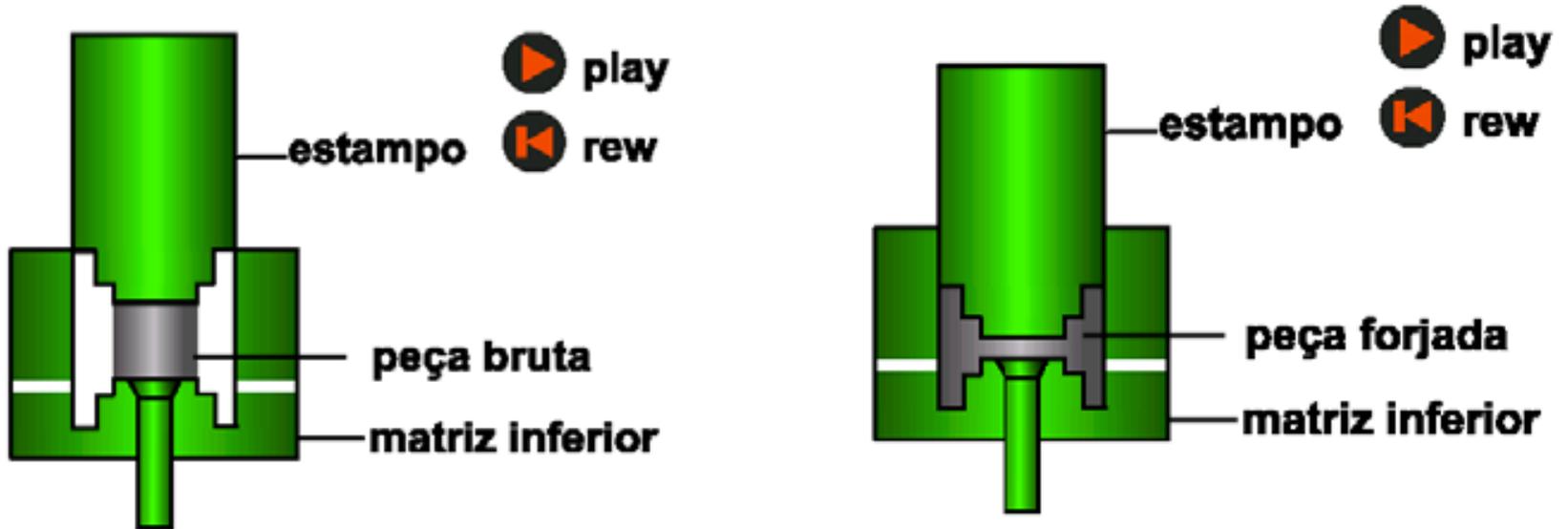
## Forjamento em **matriz fechada**

---

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 menores do que no forjamento livre.

# Forjamento em **matriz fechada**



# Componentes forjados em **matriz fechada**

---



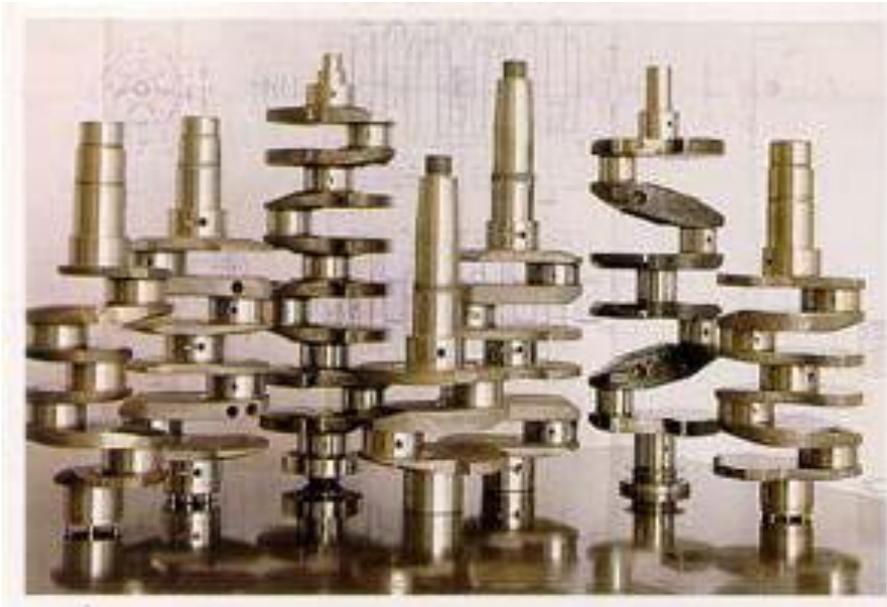
# Componentes forjados em **matriz fechada**

---



# Componentes forjados em **matriz fechada**

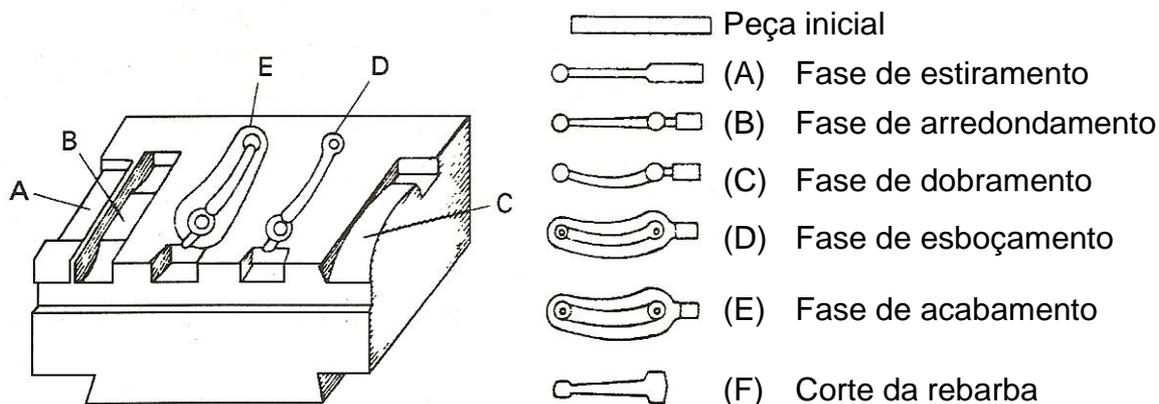
---



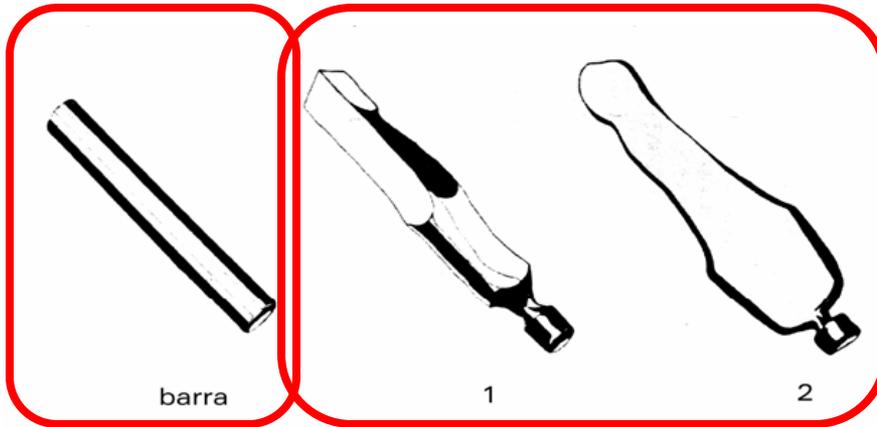
# Forjamento em **matriz fechada**

Para a confecção de uma única peça são necessárias várias matrizes com cavidades correspondentes aos formatos intermediários que o produto vai adquirindo durante o processo de fabricação.

## • Esboçamento e acabamento de uma alavanca.

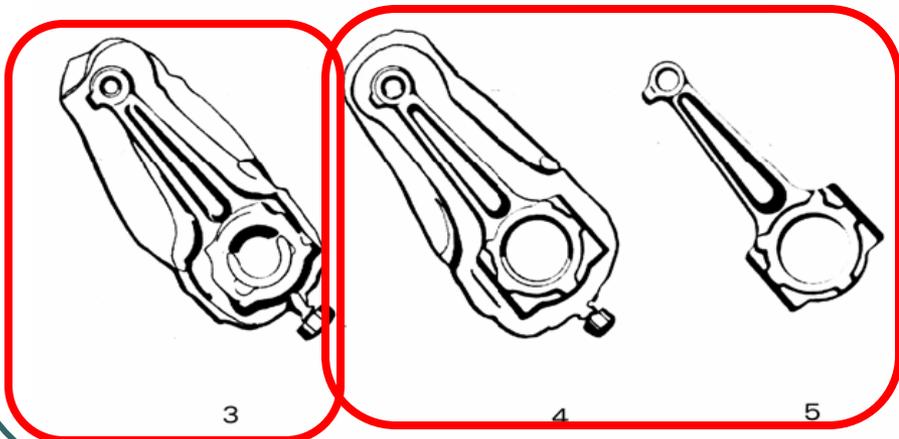


# Etapas para a fabricação de uma biela



- As cavidades 1 e 2 realizam o **desbaste** e a **expansão**;

- a cavidade 3 realiza o **“forjamento bruto”** ;



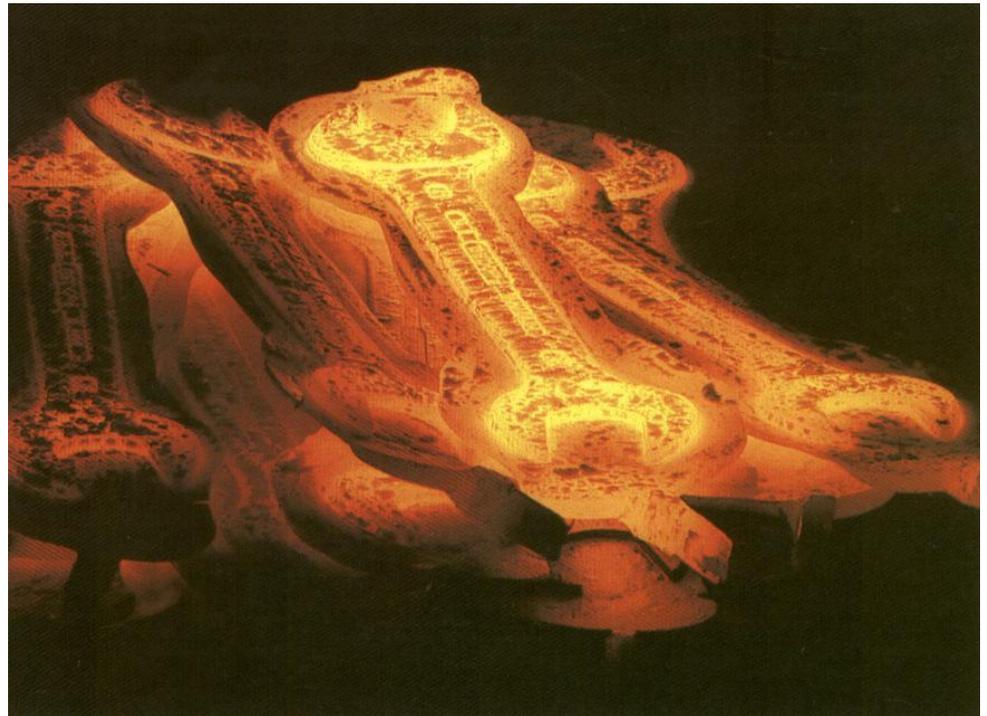
- e as cavidades 4 e 5 o **acabamento** e a **rebarbação**, respectivamente.

# Forjamento em **matriz fechada**

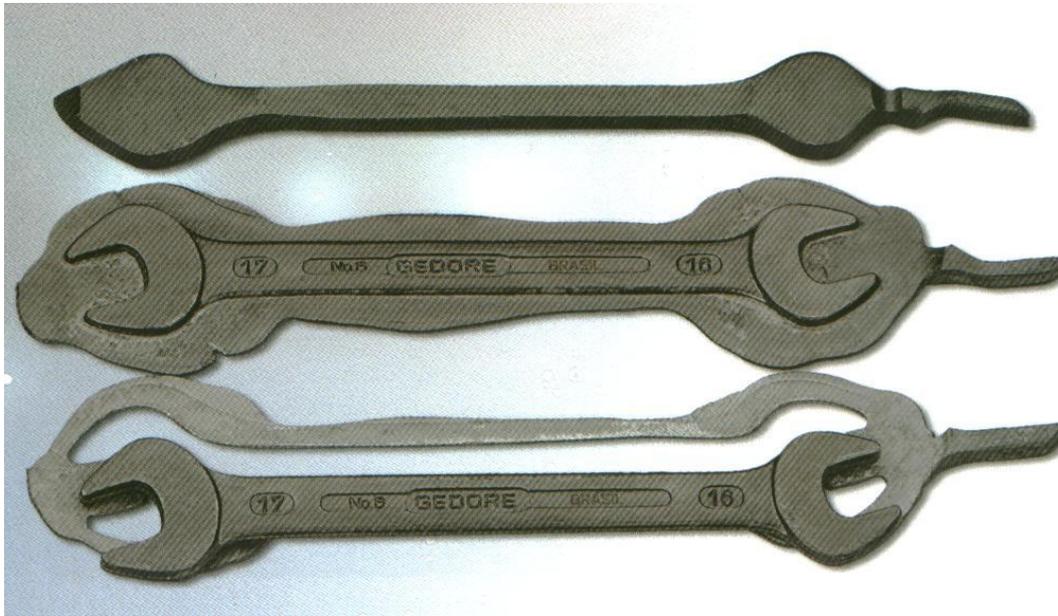
---



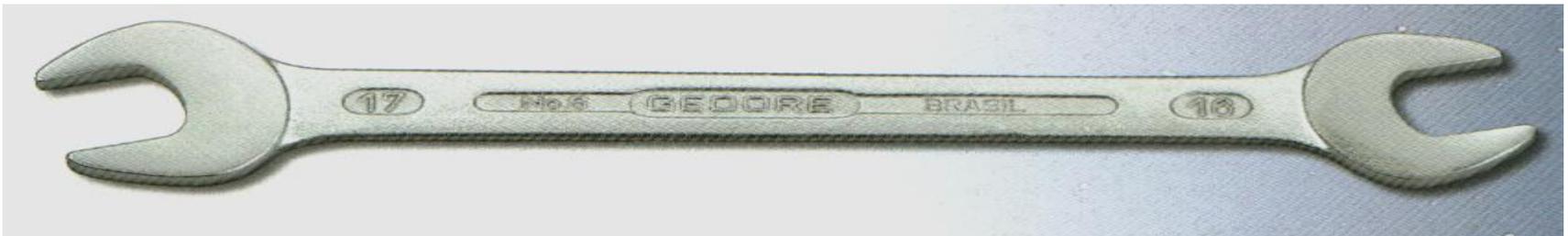
Chave de boca



# Forjamento em **matriz fechada**



Chave de boca



## Forjamento em **matriz fechada**

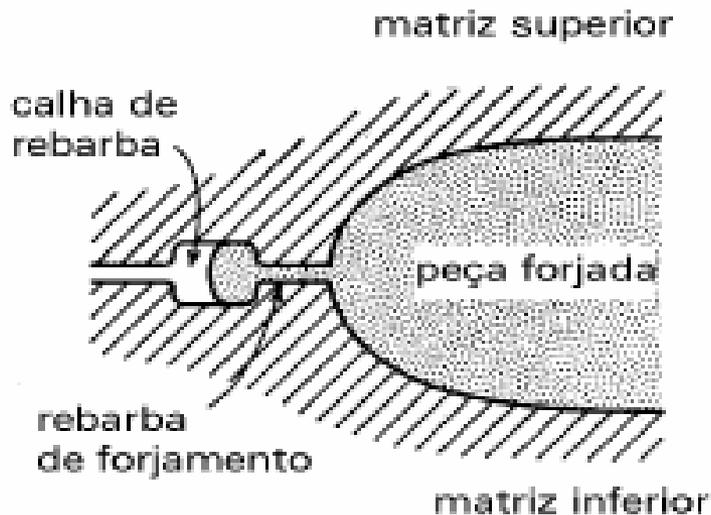
---

A matriz apresenta uma **cavidade extra** em sua periferia e que tem o **objetivo** de **conter o excesso de material necessário** para garantir o **total preenchimento da matriz durante o forjamento**.

Esse excesso de material chama-se **rebarba** e deve ser retirado da peça em uma operação posterior de corte (rebarbação).

## Forjamento em **matriz fechada**

A fim de evitar a formação de uma rebarba muito grande, a matriz de forjamento é projetada com uma calha de rebarba, conforme ilustra a figura abaixo.



Vista em corte da calha de rebarba em uma matriz de forjamento

## Forjamento em **matriz fechada**

---

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

1. **Corte do blank**, ou seja, do pedaço de metal em barra no tamanho necessário.
2. **Aquecimento** - realizado em fornos.
3. **Forjamento intermediário**, realizado somente quando é difícil a conformação em uma única etapa.

## **Forjamento em matriz fechada**

---

4. **Forjamento final** - feito em matriz, já com as dimensões finais da peça.
5. **Tratamento térmico** - para a remoção das tensões, homogeneização da estrutura, melhoria da usinabilidade e das propriedades mecânicas.

# Tratamentos Térmicos

---

## **Têmpera:**

Tratamento térmico de endurecimento, realizado em todos os aços temperáveis. Realiza-se têmpera com resfriamento em óleo ou em água em fornos com atmosfera controlada e protetora.

# Tratamentos Térmicos

---

## **Revenido:**

Tratamento térmico que visa corrigir certos efeitos da têmpera, quando se manifesta uma dureza ou fragilidade excessiva ou quando se receiam tensões internas perigosas.

Realizado em forno tipo poço com circulação de ar forçada.

# Tratamentos Térmicos

---

## **Normalização:**

Tratamento térmico que visa obter granulação mais fina e homogeneização da estrutura dos aços que não necessitam de endurecimento. Realizada em fornos com atmosfera controlada.

# Tratamentos Térmicos

---

## **Recozimento:**

Tratamento térmico que visa restituir ao material suas propriedades normais que foram alteradas por um tratamento mecânico ou térmico anterior.

# **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.

# Defeitos dos produtos forjados

---

**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.

# **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.

# Defeitos dos produtos forjados

---

**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.

# **Defeitos dos produtos forjados**

---

**Descarbonetação** - 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.

---

**FIM**