

# Tema X: Conformación por Deformación (III)

Escuela Universitaria de Diseño Industrial:  
Procesos Industriales

# Índice

---

## Forja y extrusión

### Forja

Fundamentos

Objetivos

Tipos de forja

Tecnología de la forja

Defectos de la forja

Prensas para la forja

### Extrusión

Clasificación

Procedimientos

Tecnología de la extrusión

Prensas

## Prensas

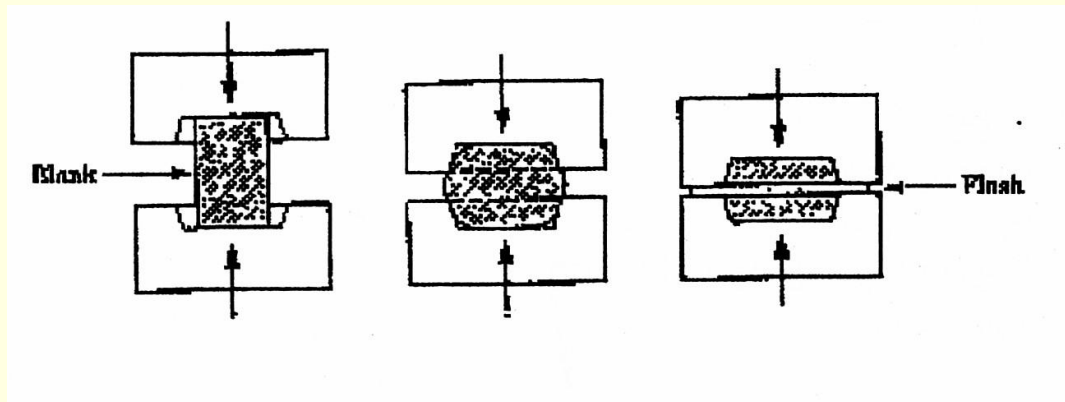
Tipos de prensas

Fuerza y trabajo

# Forja

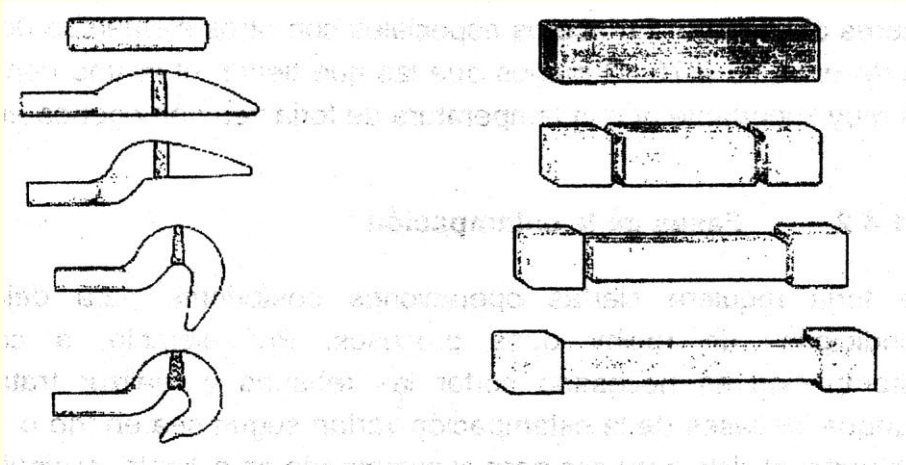
Procedimiento de conformación de los metales que se realiza calentándolos a temperaturas superiores a la de recristalización pero inferiores a la de fusión y sometiéndolos a esfuerzos violentos de compresión repetidos o continuos.

Según la herramienta empleada la forja puede ser manual o automática. Los tipos más básicos de forja son la forja abierta, la estampación y la forja cerrada.



Conformación por *estampación* es la fabricación en serie de piezas idénticas, previamente esbozadas mediante forja. Para ello se lleva el material a la temperatura de forja y se coloca entre dos medias matrices con sendas cavidades para alojar la pieza una vez definida.

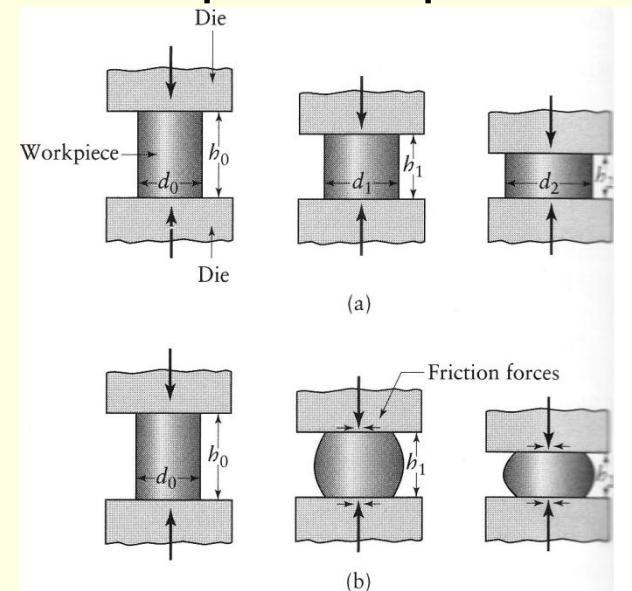
# Forja abierta



En su forma más simple, la forja abierta supone situar una pieza cilíndrica de material entre dos superficies planas y reducir su altura por compresión.

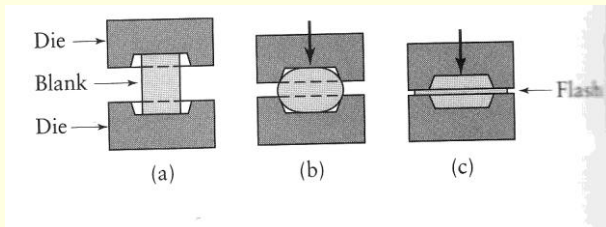
Se utilizan cavidades sencillas con el objeto de:

1. Aproximar a la forma de una pieza que se terminará por estampación.
2. Forjar piezas de gran tamaño.
3. Realizar series pequeñas.



# Estampación y Forja en Matriz Cerrada

En la estampación se emplean siempre matrices cerradas. La pieza de trabajo adquiere la forma de las cavidades de las matrices. A veces, parte del material fluye radialmente hacia el exterior en forma de rebaba que es preciso recortar posteriormente.



La estampación se destina a la formación de:

- a) Piezas en serie.
- b) Geometrías complejas.

El cálculo de la fuerza de estampación es difícil puesto que cada elemento de la pieza está sometido a diferentes deformaciones y velocidades de deformación. Por estos motivos se han recomendado unos factores de multiplicación  $K_P$ . Estos se aplican a la expresión:

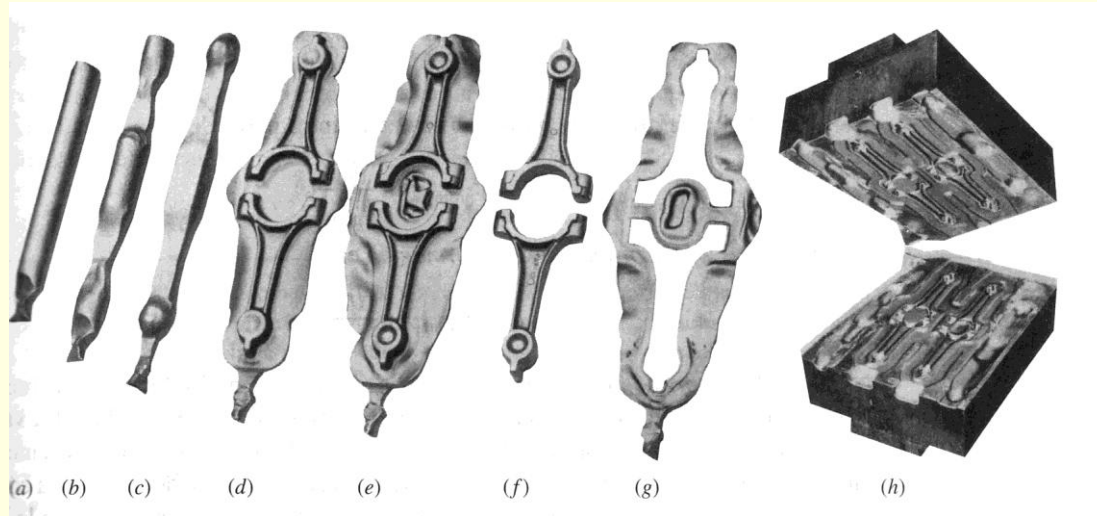
$$F = K_P Y_f A$$

$Y_f$ : Tensión de fluencia

$A$ : área proyectada de la forja, incluida la rebaba

Rango de valores para $K_P$	
Formas simples, sin rebaba	3-5
Formas simples, con rebaba	5-8
Formas complejas, con rebaba	8-12

# Fases de la Estampación

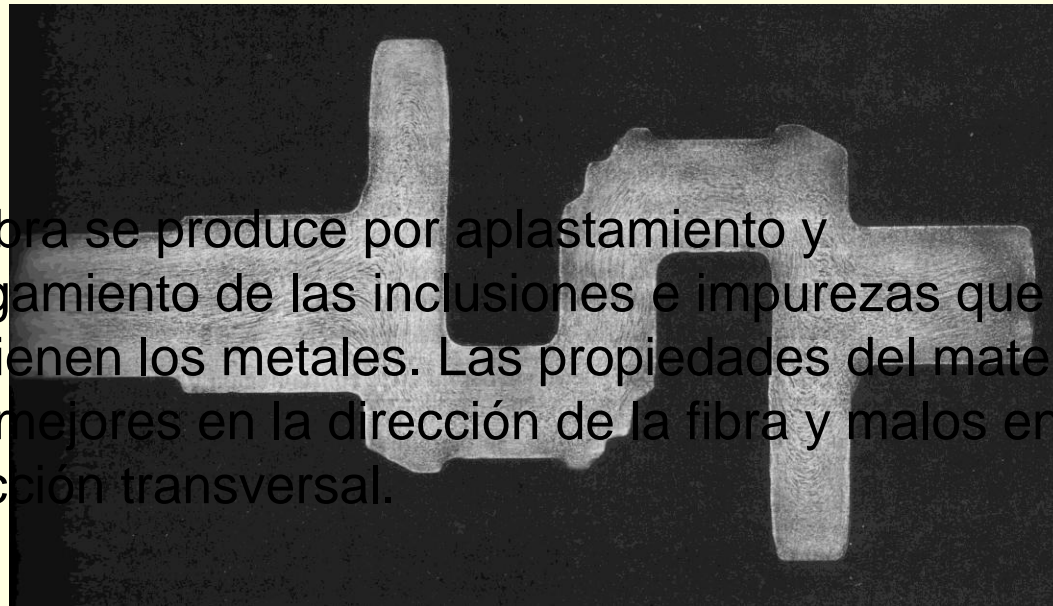


- a) Cortar el trozo de material previsto.
- b) Forjado a la temperatura adecuada.
- c) Estampar a la temperatura adecuada.
- d) Cortar las rebabas.
- e) Normalizar, bonificar o recocer.
- f) Decapar o granallar para eliminar cascarilla.
- g) Control

# Criterios para la Forja

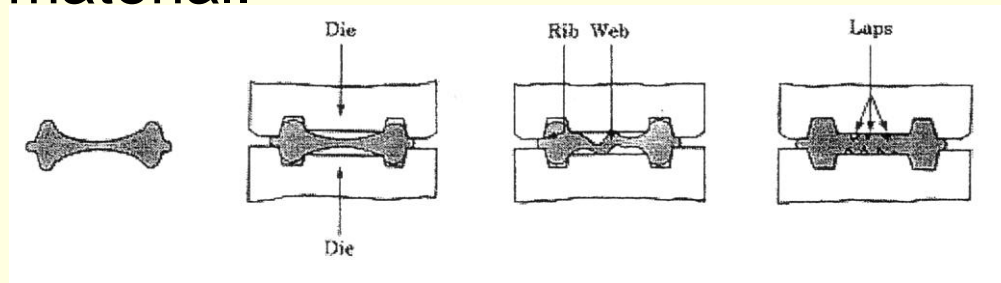
Para obtener las mejores propiedades mecánicas, es muy importante que la orientación de las fibras sea la adecuada para las condiciones de trabajo.

La fibra se produce por aplastamiento y alargamiento de las inclusiones e impurezas que contienen los metales. Las propiedades del material son mejores en la dirección de la fibra y malos en la dirección transversal.

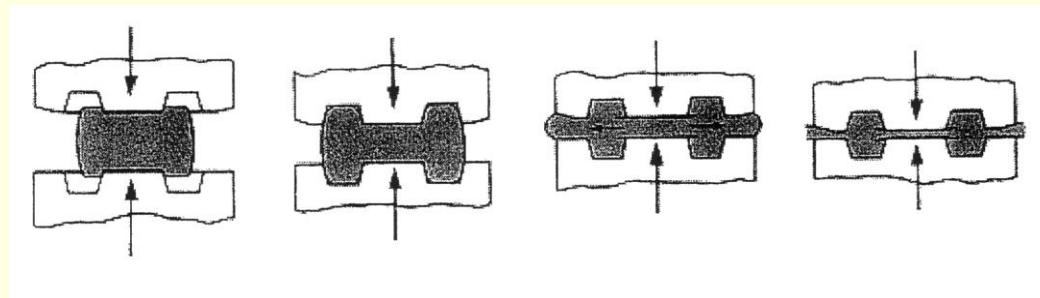


# Problemas en la Forja

Falta de material. La solución será aumentar el espesor inicial del material.



Tocho demasiado grande. El material fluye en exceso desde el centro hacia los laterales.

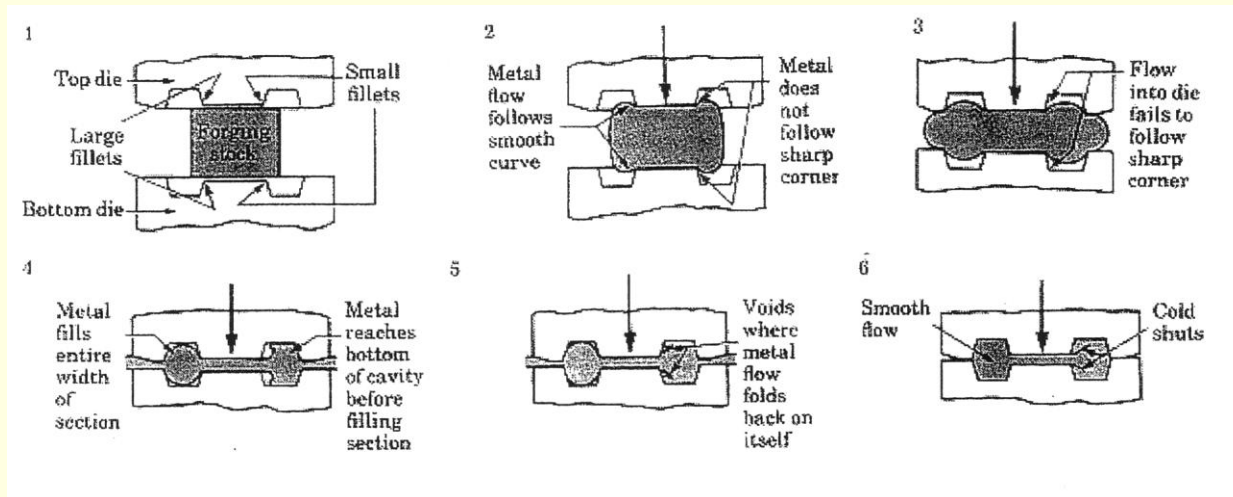




# Problemas en la Forja

Llenado defectuoso de la cavidad del molde.

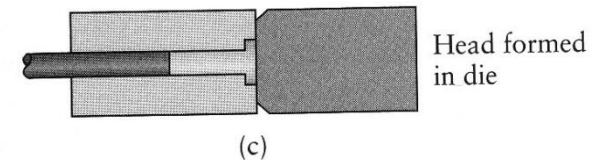
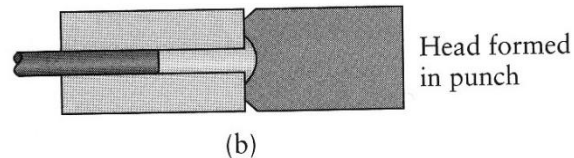
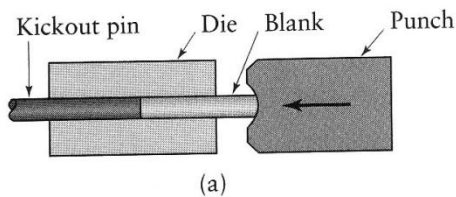
Radios de acuerdo demasiado agudos impiden que el material se acople bien a la totalidad del molde, y la pieza quede con defectos de llenado.



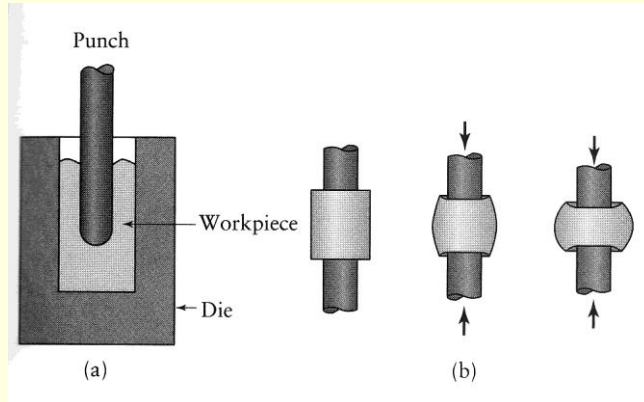
# Operaciones Típicas de Forja

Acuñado de moneda. Se realiza con cavidades completamente cerradas. Las presiones requeridas son de hasta 5 o 6 veces la de fluencia para lograr los detalles más pequeños.

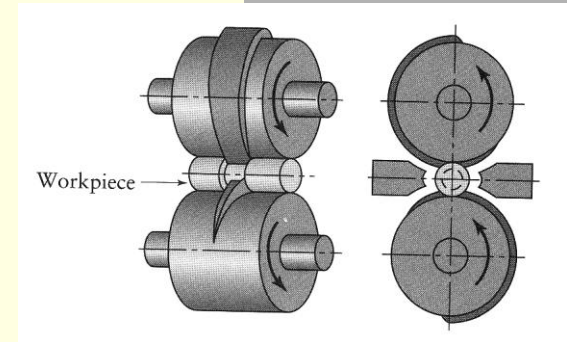
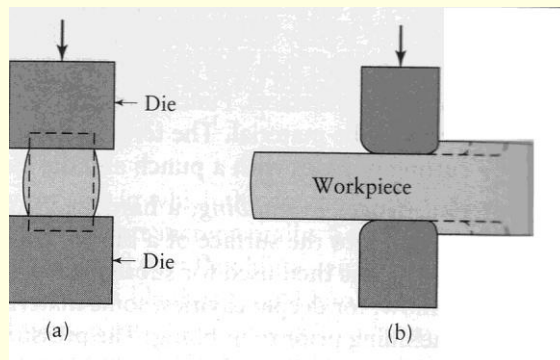
Formación de cabezas de tornillos, pernos, etc. Un aspecto importante es la tendencia a doblarse si la relación longitud/diámetro es muy grande.



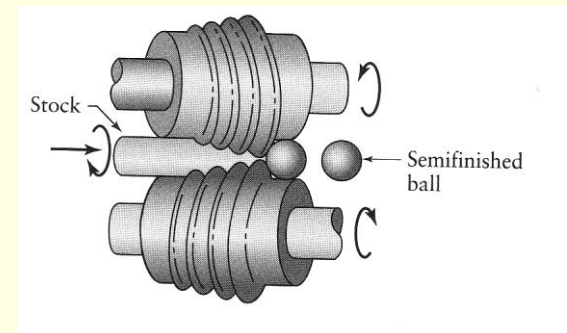
# Operaciones Típicas de Forja



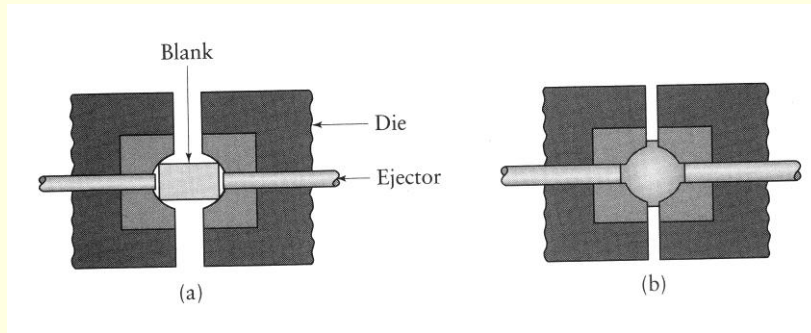
Formación de agujeros y alojamientos en tubos (piercing).  
Reducción de espesor de una barra.



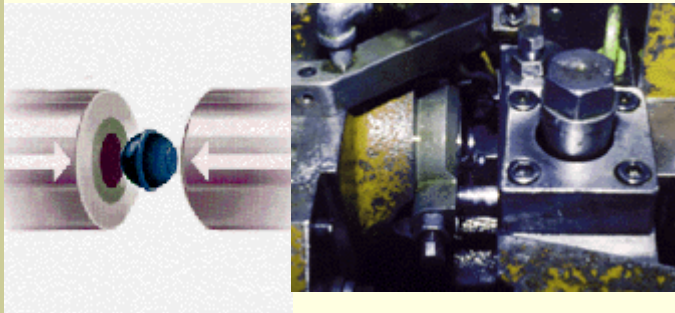
Forja "circular". El espesor de una barra puede ser reducido por este procedimiento.  
Formación de bolas para rodamientos.



# Operaciones Típicas de Forja



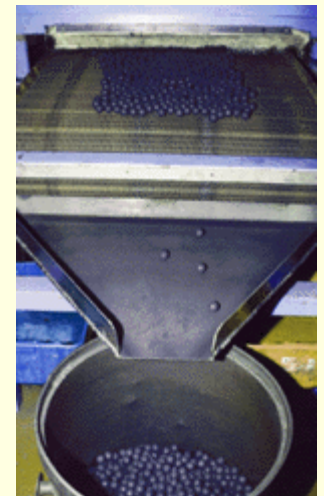
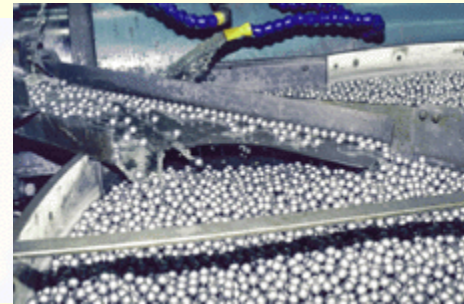
Las bolas para rodamientos también se pueden producir a partir de una pieza cilíndrica. Da lugar a rebabas por lo que deben ser pulidas.



Forja de la bola entre dos matrices



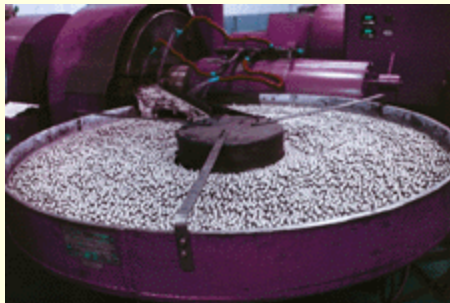
Se eliminan las rebabas en forma de anillo



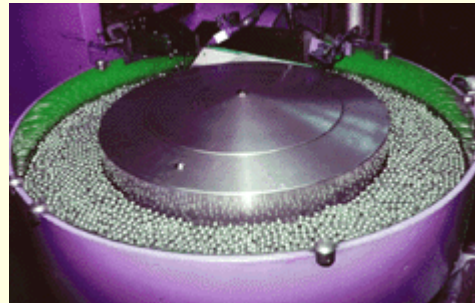
Tratamiento térmico para endurecer la bola

<http://www.salemballworldwide.com>

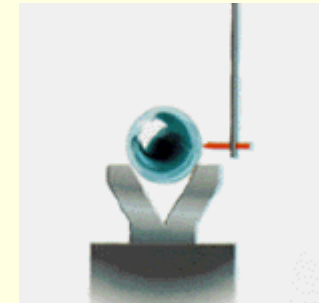
# Operaciones Típicas de Forja



Pulido: se aproxima el tamaño al diámetro final.

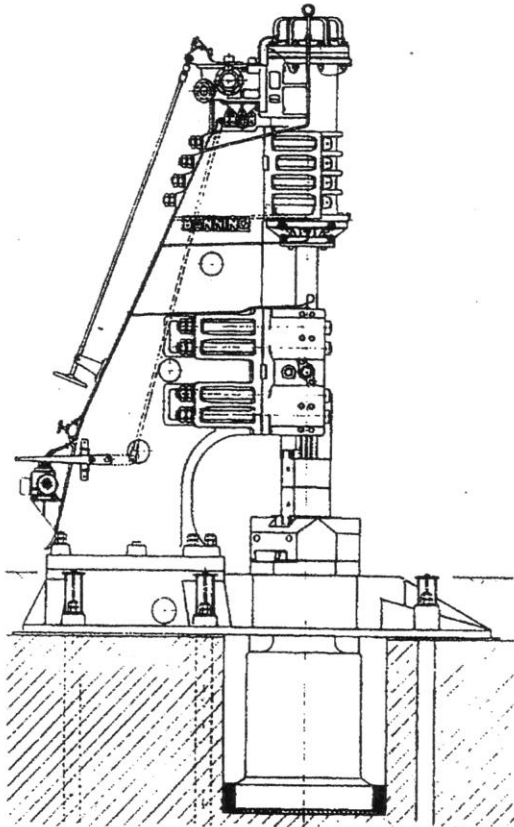


Lapeado: se obtiene el diámetro final. Como un pulido más fino.

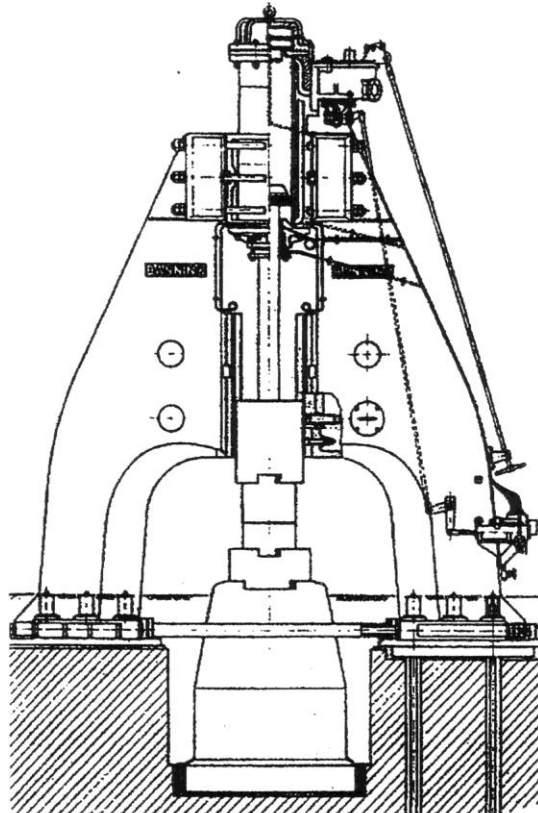


Control de calidad.

# Prensas para Forja



A) *Un montante*

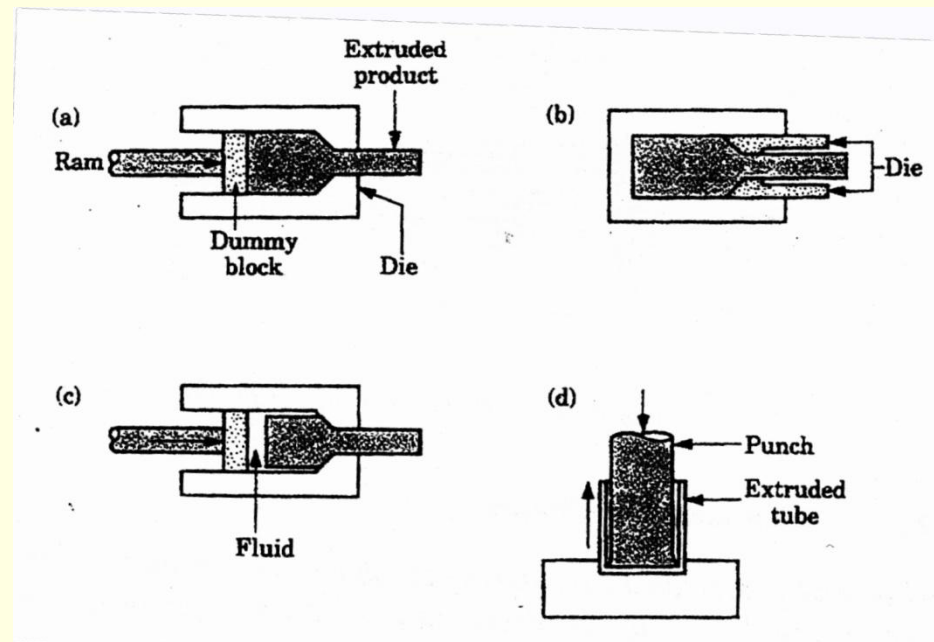


B) *Doble montante*

- El accionamiento suele ser por biela y manivela.
- Deben ser lo más rígidas posibles.
- El bastidor se diseña con el criterio de mínima deformación.

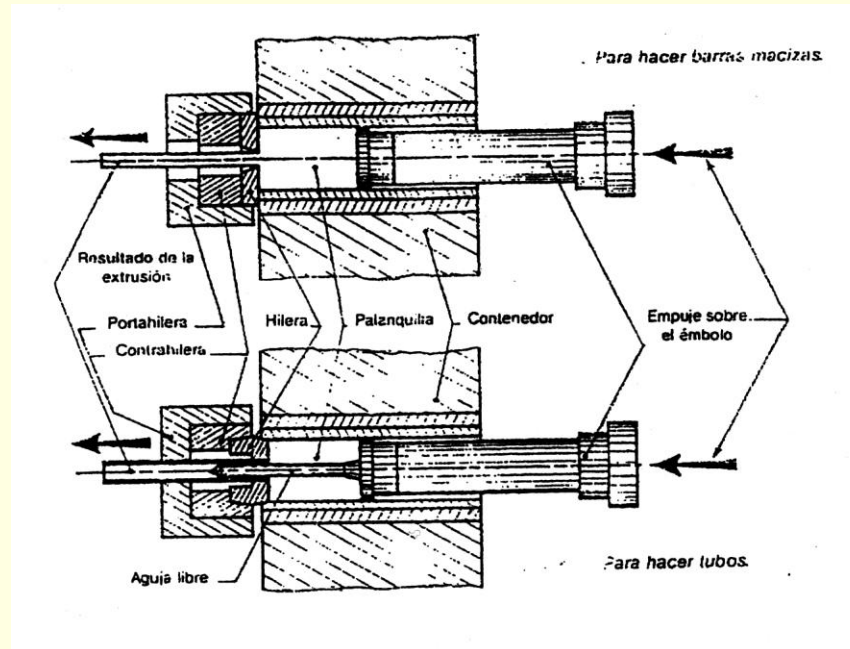
# Tipos de Extrusión

Método	Desplazamiento	Temperatura	Lubricación
Por presión	Directo	En frío	Con lubricación
Por choque	Inverso	En caliente	Sin lubricación
Hidrostática			



# Extrusión por Presión

El metal cortado con la forma adecuada se coloca en el interior de un cilindro contenedor y un émbolo obliga al metal a pasar bajo una hilera, de la que toma la forma.

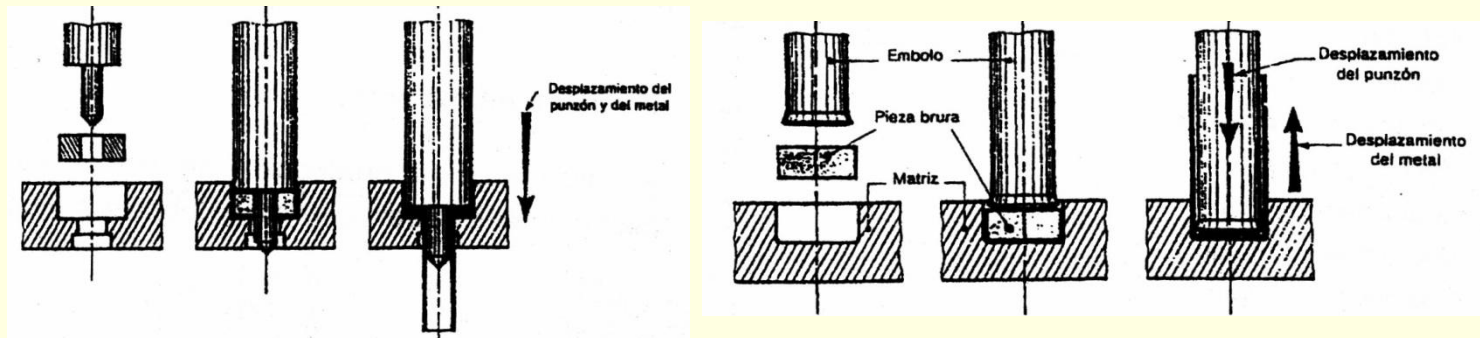


Para fabricación de tubos, la palanquilla será previamente taladrada, para que el material fluya entre la aguja y la hilera.



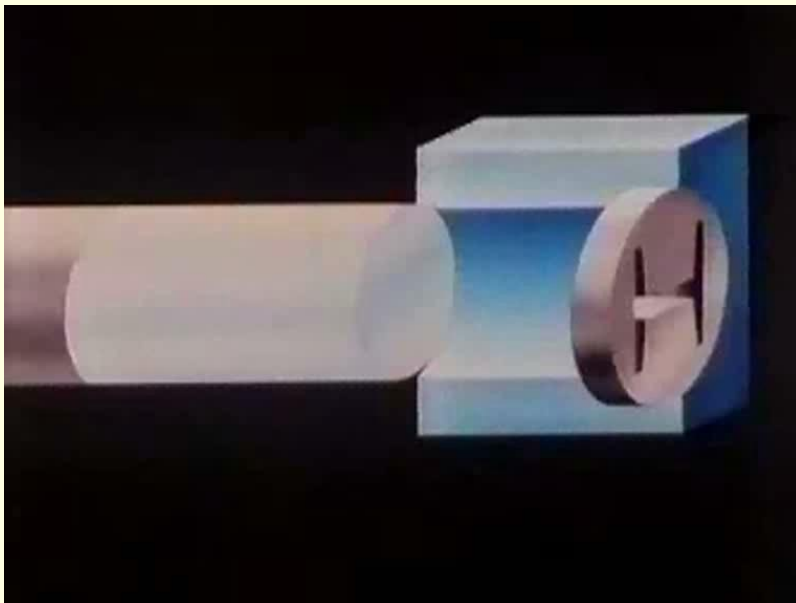
# Extrusión Directa e Inversa

En la extrusión directa, el material fluye en el mismo sentido que se mueve el punzón. Se puede obtener piezas de altura entre 20 y 25 veces su diámetro .



En la extrusión inversa, el material fluye en el sentido inverso al del movimiento del punzón. El material no tiene movimiento relativo respecto a la matriz. El rozamiento y el calor generado es menor. Se utiliza fundamentalmente para la fabricación de tubos de aluminio.

# Extrusión Directa



Esquema del proceso



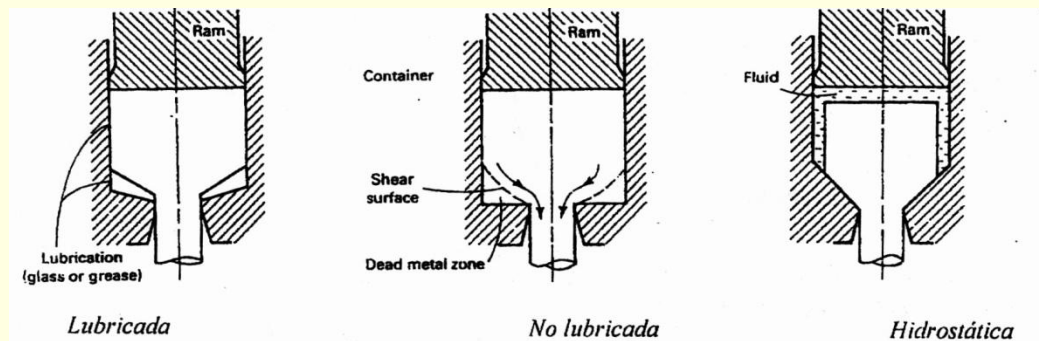
Matriz de extrusión



Prensa de extrusión

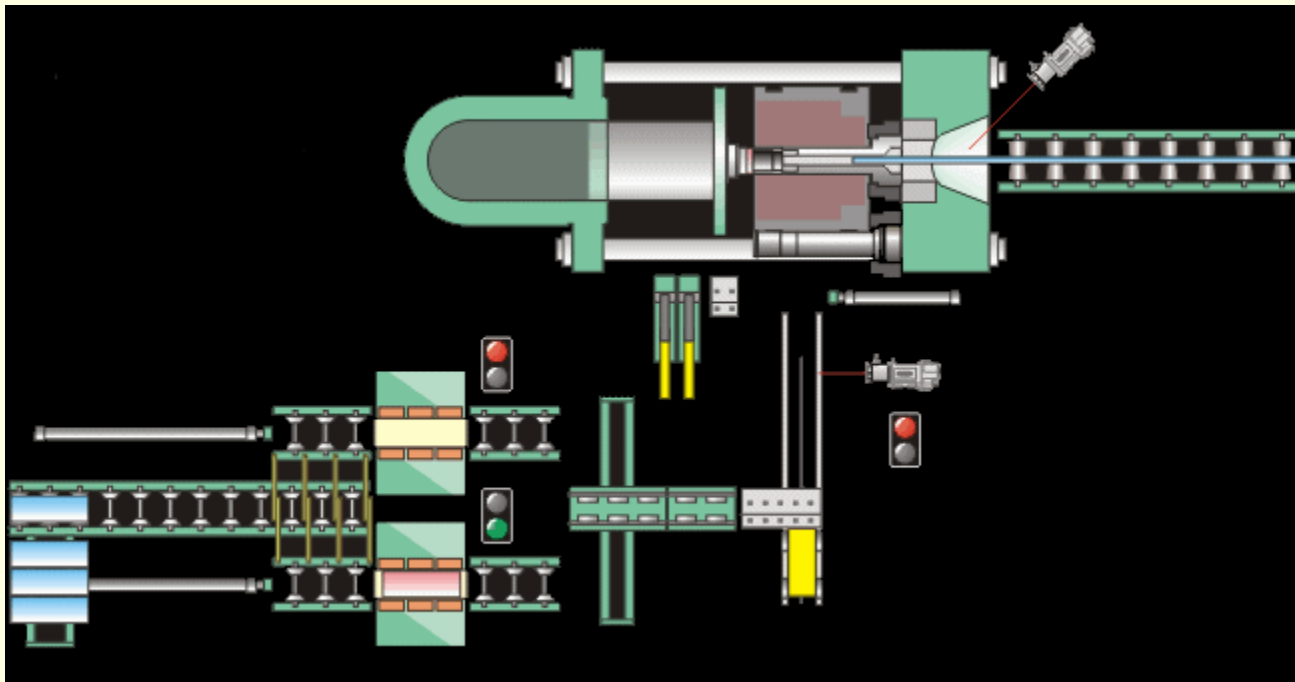
# Extrusión en Caliente

En general se emplea para la producción de barras de sección constante.

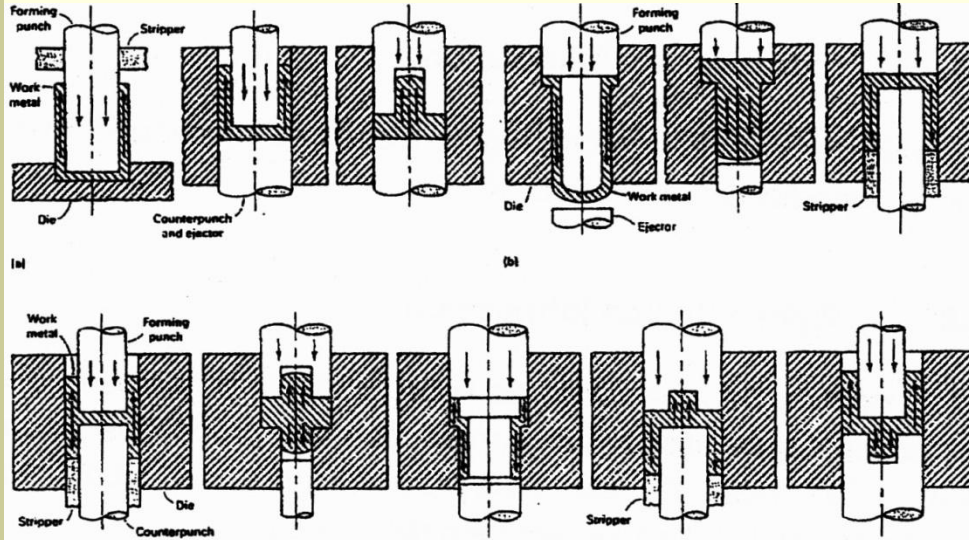


Material	Temperaturas de extrusión °C
Aleaciones de Plomo	90-260
Aleaciones de Magnesio	340-430
Aleaciones de Aluminio	340-510
Aleaciones de Cobre	650-1100
Aleaciones de Titanio	870-1040
Aleaciones de Níquel	1100-1260
Aceros	1100-1260

# Extrusión Directa en Caliente

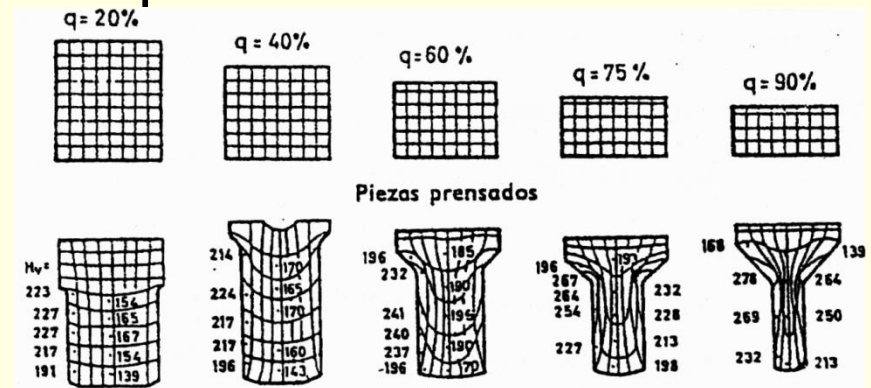


# Extrusión en Frío



Se realiza a temperatura ambiente. La calidad superficial es elevada. Los esfuerzos generados son muy elevados. Llegan a ser de hasta 3.100 MPa para aceros.

La deformación en frío produce un aumento de la acritud y de la dureza. Para reducciones del orden del 90 %, la dureza original se multiplica por 2,5.



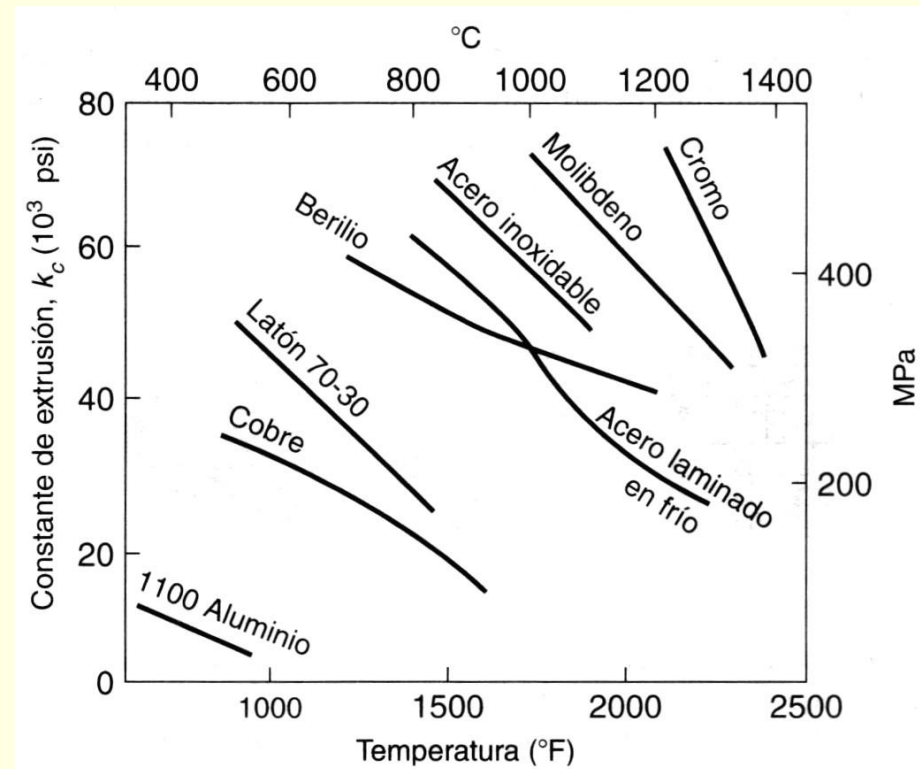
# Fuerza de Extrusión

La fuerza de extrusión se puede estimar como:

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

donde  $A_o$  y  $A_f$  son las áreas de las secciones transversales antes y después del proceso, y  $k$  es la constante de extrusión.

La constante de extrusión  $k$  se obtiene experimentalmente. En la gráfica se presentan valores para diferentes materiales y temperaturas.



# Prensas

Pueden ser hidráulicas o mecánicas. Las mecánicas suelen ser de pórtico y se accionan mediante cigüeñal y palanca acodada. Permiten mayores velocidades que las hidráulicas.

La limitación son las bajas carreras. Son especialmente aptas para extrusión inversa. Llegan a producir hasta 3.000 piezas por hora.

