

Procesos de fabricación; Conformado por moldeo



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

Tecnología de Fabricación y Tecnología de Máquinas

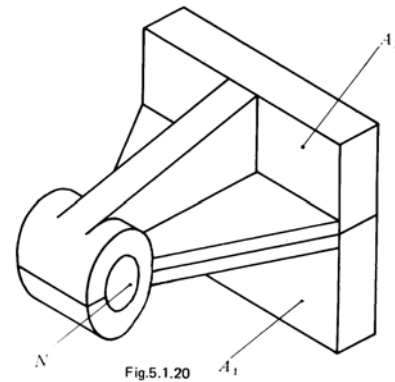


Fig.5.1.20

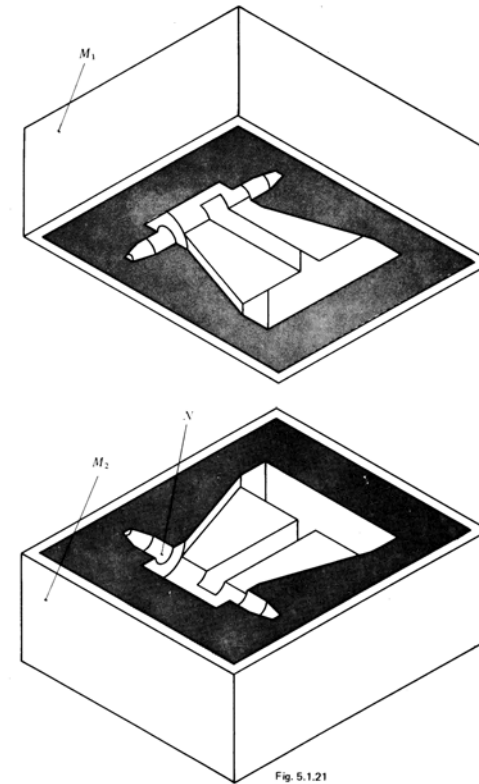


Fig. 5.1.21

Clasificación de las Tecnologías de Fabricación



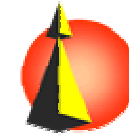
Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

Tecnologías de Fabricación

Por eliminación de material	Por fusión y moldeo	Por deformación	Por soldadura	Por sinterizado
Arranque de viruta Mecanizados por medios no convencionales	<u>Metales</u> Moldeado en arena Moldeado en coquilla Moldeado bajo presión <u>Plásticos</u> Inyección	Forja libre o con estampa Laminación Extrusión Estirado Conformado de chapas	Soldadura eléctrica Soldadura con gas Soldadura por medios no convencionales Unión por abrasivos	Compresión axial Compactación isostática Extrusión y laminación

FUSION Y MOLDEO : METALES



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

- Introducción
- Terminología
- Diagrama de proceso
 - El Molde
 - Moldeo en arena
 - Moldeo en molde permanente
 - Moldeo a presión
 - Moldeo a la cera perdida
 - Tolerancias en los modelos
 - El metal líquido
 - Tecnología de la colada
 - Enfriamiento y Solidificación
 - Desmoldeo y Limpieza
 - Control de Calidad



Introducción

El proceso de moldeo es un procedimiento de fabricación de objetos metálicos basado en verter el metal fundido en la cavidad de un molde, para obtener tras la solidificación y enfriamiento una pieza que es reproducción de la cavidad del molde.

Características:

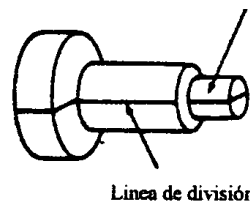
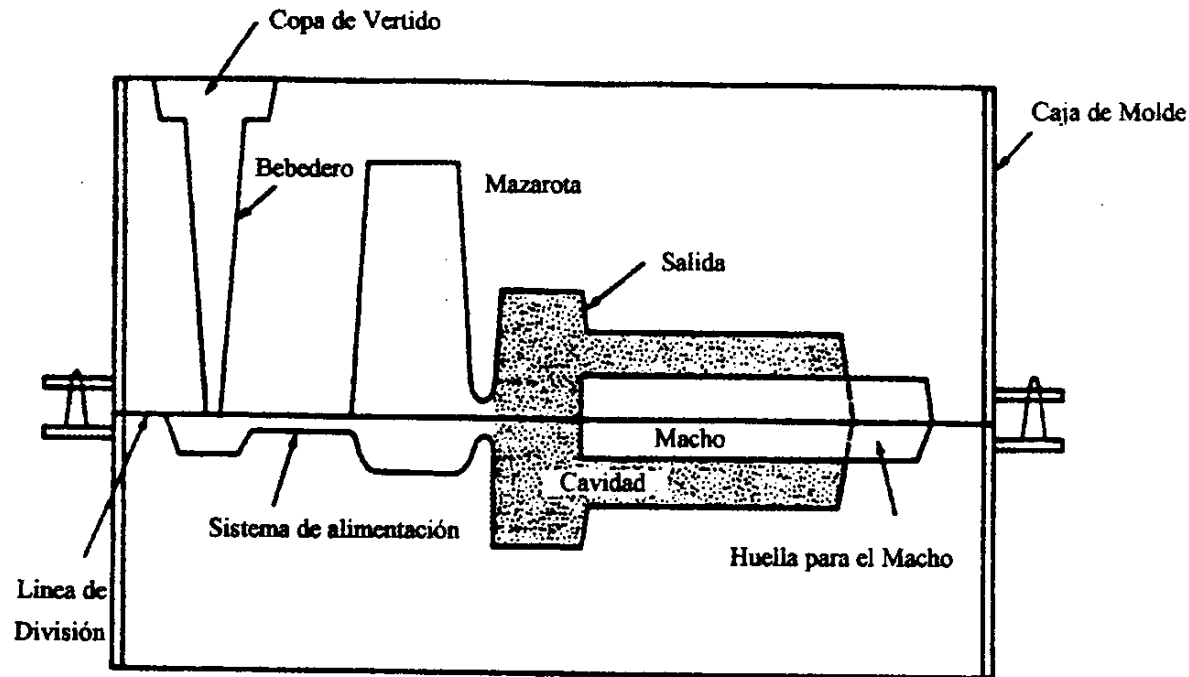
- Puede utilizarse tanto para formas simples como complejas
- Reduce o elimina los costes de otros procesos de fabricación, como el mecanizado, deformación plástica ...
- Rentable para bajos volúmenes de producción
- Pueden utilizarse un gran número de aleaciones
- Reducido número de desperdicios generados en el proceso, que en cualquier caso se vuelven a fundir

Terminología



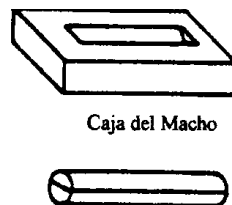
Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

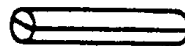


Linea de división

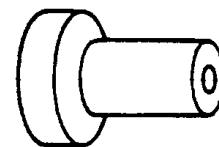
Modelo



Caja del Macho



Macho



Pieza Moldeada

Materiales:

Fundiciones, aceros, aleaciones de aluminio, el bronce, latón, aleaciones de magnesio y aleaciones de zinc

Moldes:

Arena, metal u otro material

Método de vertido:

Gravedad, vacío, a presión por un embolo, a presión centrífuga ...

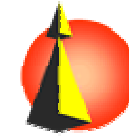
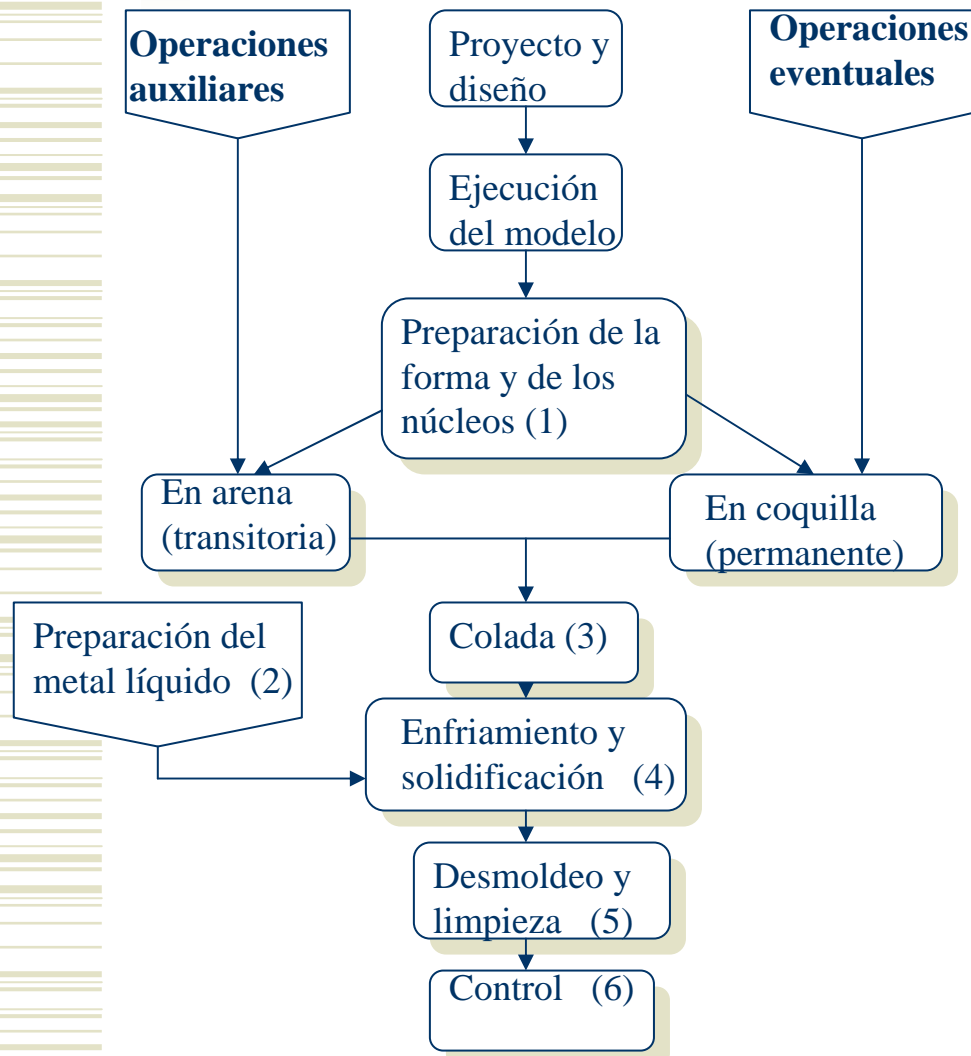


Diagrama de proceso



- (1) El molde, de forma y tamaño adecuado que debe tener en cuenta la contracción del metal en la solidificación y el sobremetal necesario en posteriores procesos
- (2) Fundición a la temperatura y cantidad adecuada
- (3) La técnica de vertido debe permitir la salida del aire y los gases atrapados, y permitir que el metal llegue a todos los lugares
- (4) Solidificación, debe evitar la formación de defectos, rechupes, poros, grietas ...
- (5) Separación de la pieza del molde.
- (6) Control de las especificaciones

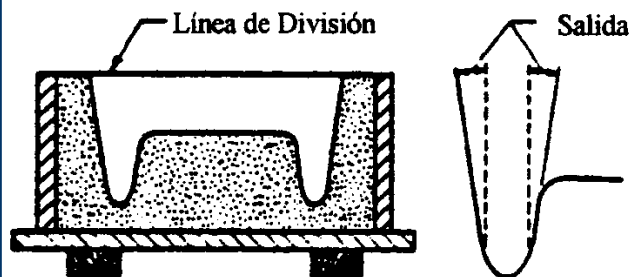


(1) El Molde

Molde permanente: coquilla. Realizados en fundiciones, aceros especiales (refractarios) o grafitos. Cada mitad se construye por separado.

Molde perdido: hechos de arena y arcilla o cerámicos. Necesidad de un modelo.

Modelo: fabricados en madera, metal o plástico. Sobredimensionados por:



- Contracción de la pieza en el periodo de enfriamiento
- Angulos de salida para evitar derrumbes o arrastres de material
- Sobremetal para posteriores mecanizados



(1) El Molde. Moldeo en arena

Es un procedimiento de molde perdido y de vertido por gravedad. La arena está formada por sílice (88%), arcilla (9%) como aglutinante, agua (3%) y algún material orgánico.

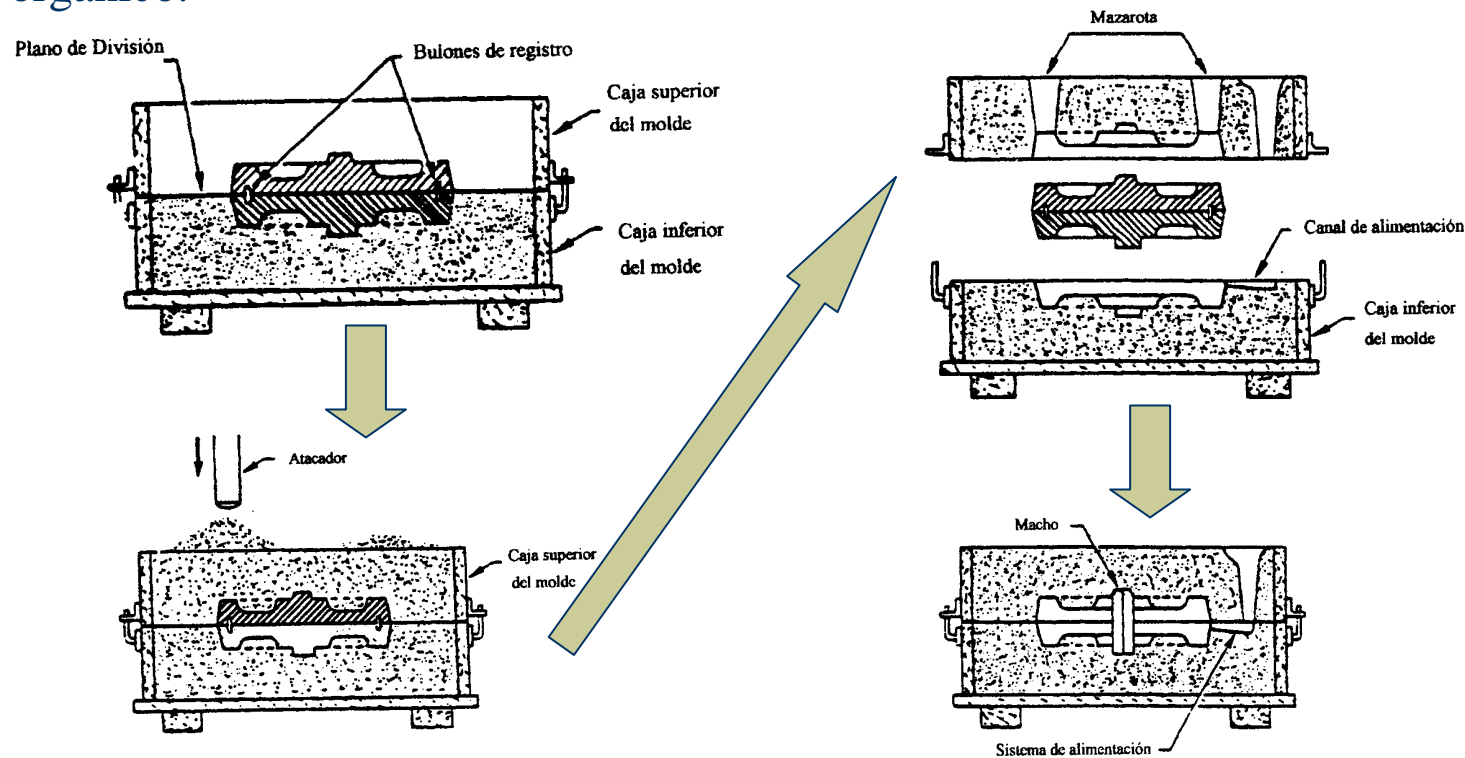
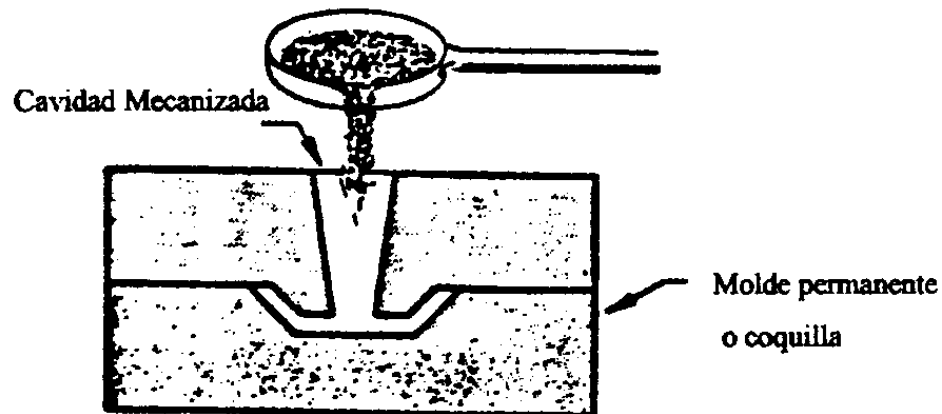


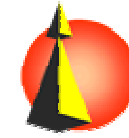
Fig 4-4c. La caja superior se rellena con arena.

(1) El Molde. Moldeo en molde permanente

Hecho en fundición gris, acero refractario o grafito. Vertido por gravedad.

- Reutilizable
- Índice de producción rápido
- Buenos acabados superficiales
- Buena precisión dimensional
- Baja cantidad desperdicios
- Direccionamiento de la solidificación
- Enfriamiento rápido → mayor resistencia en las piezas.
- No moldean piezas complejas
- Coste elevado
- Tiempo de construcción del molde elevado





(1) El Molde. Moldeo a presión

En este proceso el metal líquido se inyecta a presión en un molde metálico (matriz), la inyección se hace a una presión entre 10 y 14 Mpa.

Las piezas logradas con este procedimiento son de gran calidad en lo que se refiere a su terminado y a sus dimensiones.

Este procedimiento es uno de los más utilizados para la producción de grandes cantidades de piezas fundidas.

La presión permite conseguir paredes muy finas y detalles pequeños. Se utilizan aleaciones de cobre, aluminio y zinc.

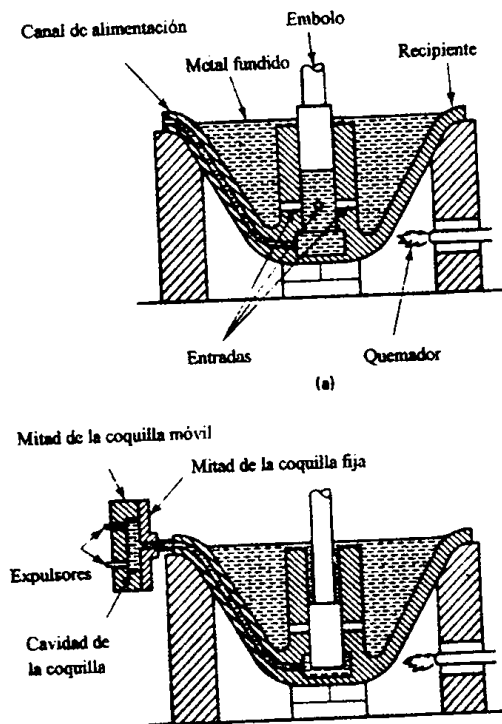
Necesidad de un ciclo tiempo-presión para cada etapa del proceso



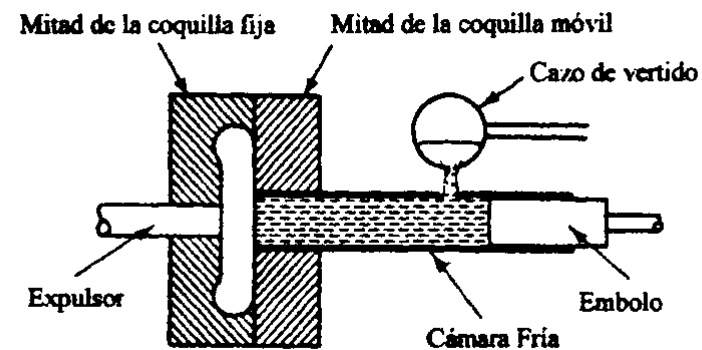
(1) El Molde. Moldeo a presión

Se pueden utilizar dos tipos de sistema de inyección en la fundición en matrices

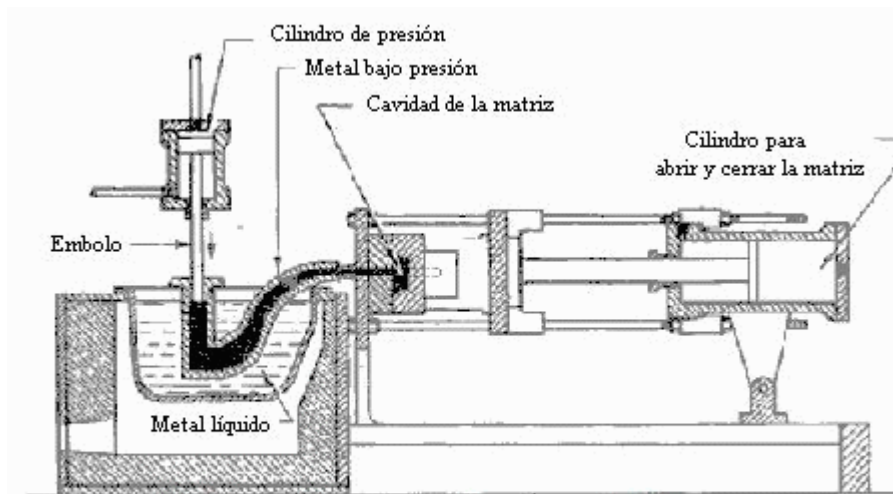
Cámara caliente



Cámara fría

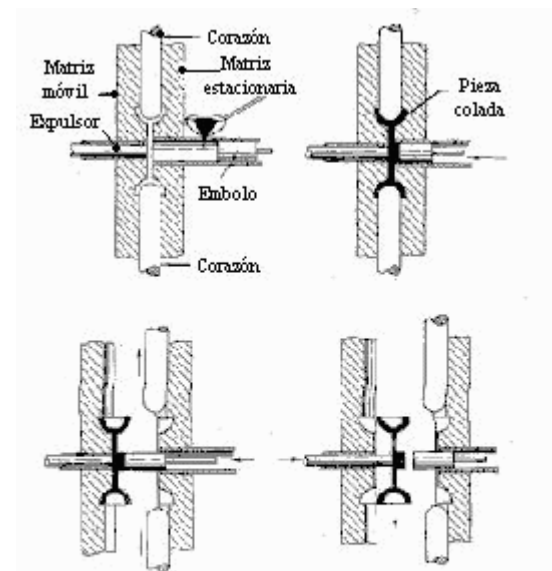


(1) El Molde. Moldeo a presión



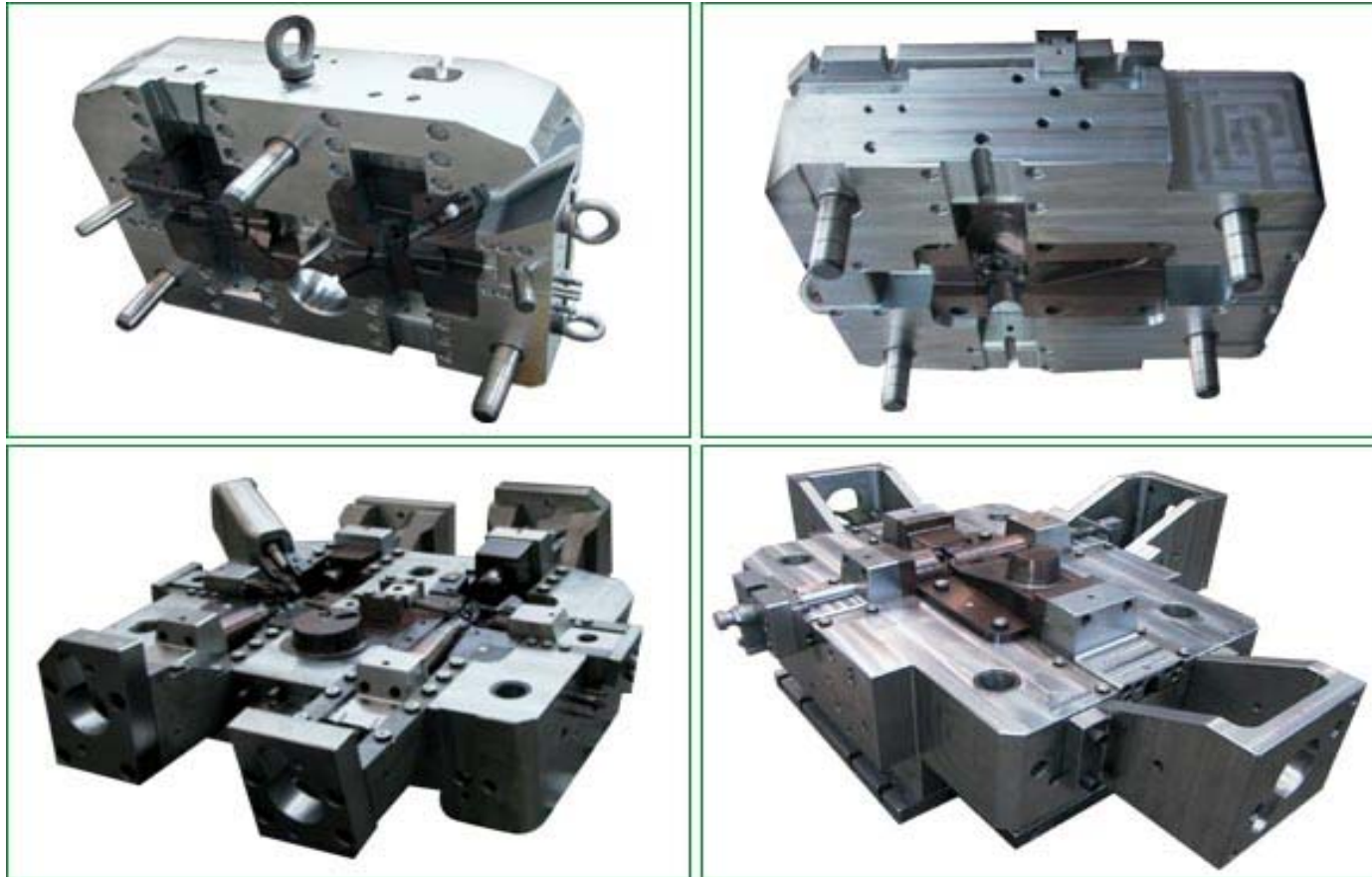
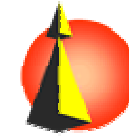
Máquina de cámara caliente para fundición en matriz actuada mediante un émbolo.

Fundición con cámara caliente



Fundición en matrices, de latón, aluminio o magnesio, en una máquina de cámara fría y émbolo horizontal.

(1) El Molde. Moldeo a presión

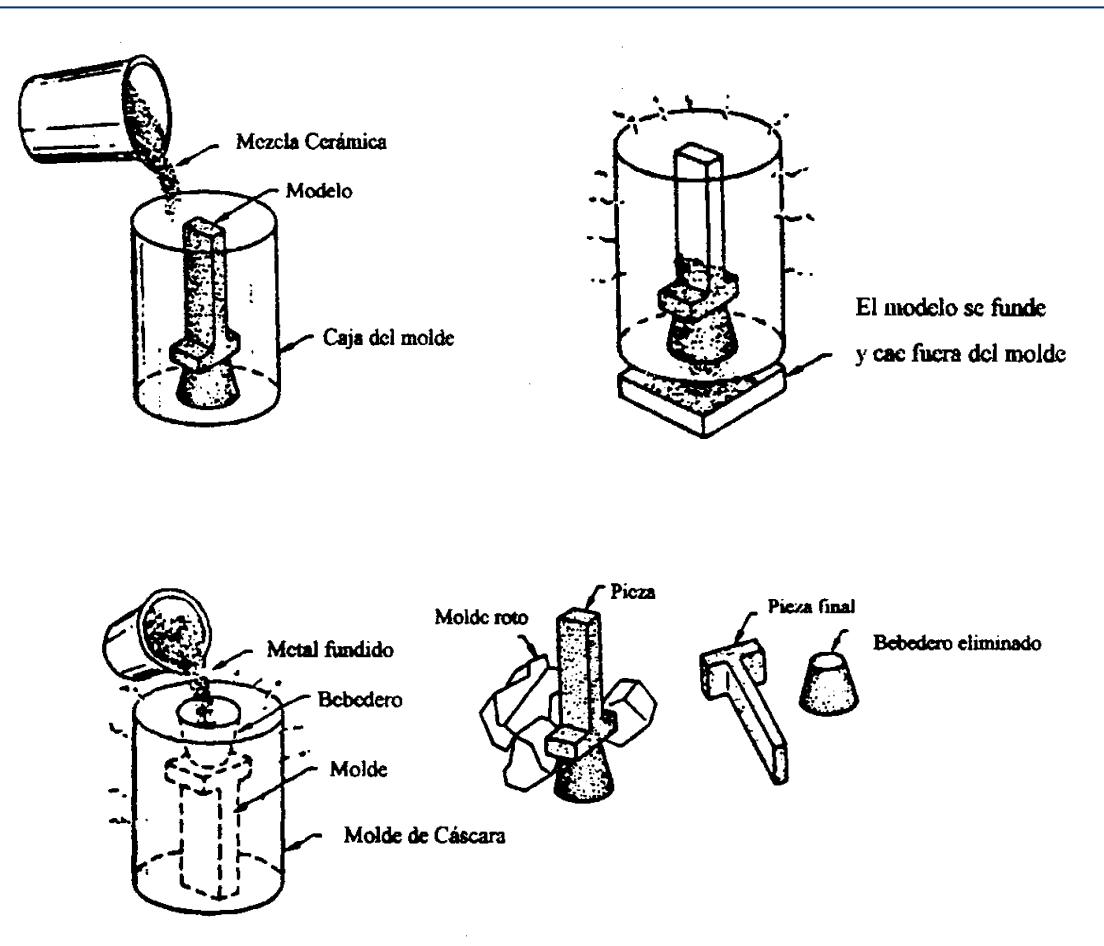
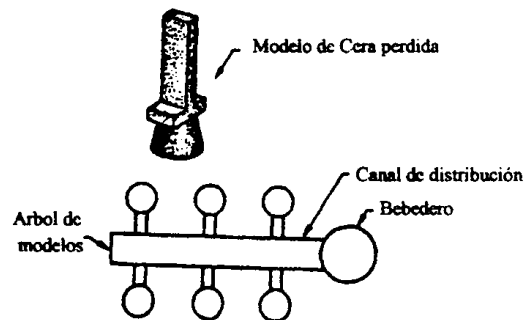
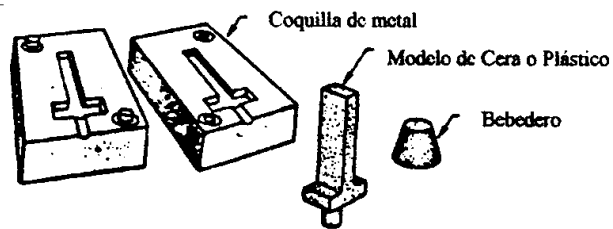


Ejemplos de moldes

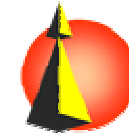


(1) El Molde. Moldeo a la cera perdida

Molde cerámico formado por una mezcla de material refractario, silicato de etilo hidrolizado y alcohol, que se moldea utilizándose un gel sobre el modelo de cera o plástico.



(1) El Molde. Moldeo a la cera perdida



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas



Modelo en escayola



El molde, antes en escayola o en gelatina, se hace en la actualidad en silicona reforzado por una especie de contramolde en escayola



El modelo quitado, el molde se cierra. Se llena y luego se vacía de cera caliente líquida que al enfriarse, se fija y deja sobre las paredes interiores una capa de cierto espesor. La operación se repite varias veces hasta que la capa de cera tenga el grosor que se desea dar al bronce. Cuando el tamaño y el peso del molde hagan imposible su manejo, la cera se estampará a pincel



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

(1) El Molde. Moldeo a la cera perdida



Una vez tapizado de cera, el molde se llena con una materia refractaria líquida, que al solidificarse constituye el "Macho" interior



El molde se abre de nuevo y se ve aparecer una escultura, donde la epidermis de cera reproduce exactamente el modelo original. Es en este momento, si el escultor lo desea ó una persona cualificada, intervienen para efectuar retoques sobre la cera



Modelo retocado

(1) El Molde. Moldeo a la cera perdida



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas



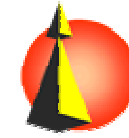
Toda una red de bastones de cera está puesta en plaza. Al fundir, ellos formarán canales: Las salidas por donde la cera se escapará las entradas por las que el metal en fusión, se introducirá y los aires que permitirán que salgan los gases



Hecho esto, la cera se recubre progresivamente con una materia refractaria muy fina, susceptible de reproducir con fidelidad hasta una huella digital.



Salidas, entradas, aires, se unen entre ellos con cañerías de cera. Nuevas capas de materia refractaria más gruesas que la primera se van poniendo hasta hacer un molde compacto. "Molde de fundición", que aguantará las altas temperaturas del bronce al fundir. El molde de fundición se meterá en una mufla a una temperatura de aproximadamente 200° a 300°, donde la cera se marchará, y después a 600 ° C que endurecerá el molde y el "macho" del interior. Este último se queda en un sitio una vez ha desaparecido la cera gracias a unos clavos puestos anteriormente



(1) El Molde. Moldeo a la cera perdida



La colada. La aleación en fusión (alrededor de 1.000°C , a veces más), está en el crisol, y este dentro del horno de fundir. Una vez alcanzada la temperatura necesaria, y el bronce está en el punto de fusión, se saca del horno el crisol, y se llena con el bronce líquido el molde de fundición, del que ya ha desaparecido la cera. El molde hay que dejarle enfriar al menos 1 hora ó 2 . Entonces se va rompiendo con cuidado la materia refractaria y se va viendo el modelo en bronce, vacío, lleno de tuberías y asperezas. El macho sigue en el interior, y se va quitando a trozos

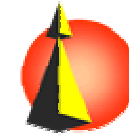


trabajo de desbarbar, serrar, soldar, repasar y cincelar, etapa muy delicada.



Pátina que se da en caliente y con diferentes ácidos, esto es el último trabajo que se hace antes de que la figura está totalmente acabada, con su aspecto definitivo

(1) El Molde. Tolerancias en los modelos



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

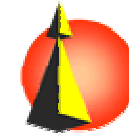
Tolerancias en los modelos

En el diseño de los modelos que se utilizan para construir un molde es necesario tener en consideración varias tolerancias.

Tolerancia para la contracción. Se debe tener en consideración que un material al enfriarse se contrae dependiendo del tipo de metal que se esté utilizando, por lo que los modelos deberán ser más grandes que las medidas finales que se esperan obtener.

Tolerancia para la extracción. Cuando se tiene un modelo que se va a remover es necesario agrandar las superficies por las que se deslizará, al fabricar estas superficies se deben considerar en sus dimensiones la holgura por extracción.

(1) El Molde. Tolerancias en los modelos



Ingeniería de
Sistemas y
Automática

Tecnología de Fabricación y
Tecnología de Máquinas

Tolerancias en los modelos

Tolerancia por acabado. Cuando una pieza es fabricada es necesario realizar algún trabajo de acabado o terminado de las superficies generadas, esto se logra puliendo o quitando algún material de las piezas producidas por lo que se debe considerar en el modelo esta rebaja de material.

Tolerancia de distorsión. Cuando una pieza es de superficie irregular su enfriamiento también es irregular y por ello su contracción es irregular generando la distorsión de la pieza, estos efectos deberán ser tomados en consideración en el diseño de los modelos. Golpeteo. En algunas ocasiones se golpean los modelos para ser extraídos de los moldes, acción que genera la modificación de las dimensiones finales de las piezas obtenidas, estas pequeñas modificaciones deben ser tomadas en consideración en la fabricación de los modelos.



(2) El metal líquido

Factores determinantes de la calidad del líquido:

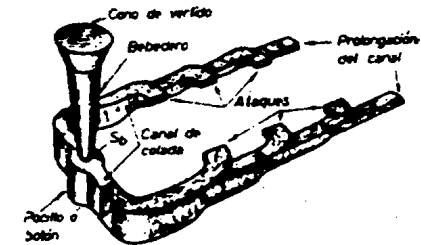
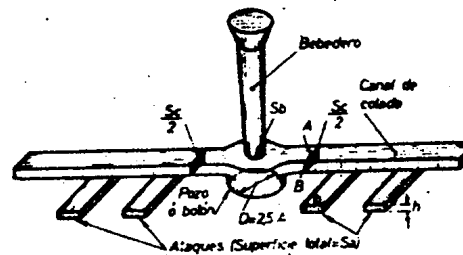
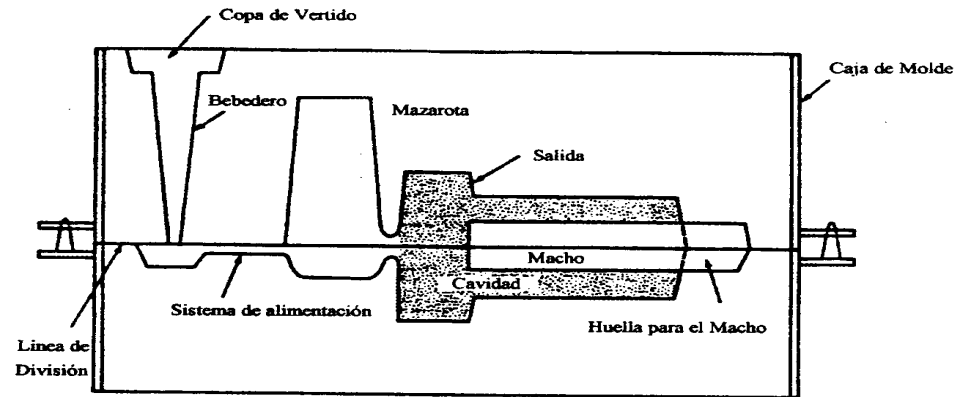
- Fusión
- Refinado
- Protección
- Desoxidación
- Desgasificación
- Inoculación

Aleaciones utilizadas en el moldeo:

- Fundiciones: aleaciones Fe-C con $C > 2\%$
- Aceros: Fe-C con $C < 2\%$
- Aleaciones basadas en Cu:
series C-200 (Cu-Zn); C-300 (Cu-Sn); C-400 (Cu-Al); C-500 (Cu-Pb, o Ni, o Be o Si)
- Aleaciones basadas en Al:
Series L-200 (Al-Cu, Al-Mg, Al-Si, Al-Sn)
- Aleaciones basadas en Mg:
Series L-500 (Mg-Al, Mg-Zn)

(3) Tecnología de la colada

- Sistema de distribución:
- Cono de colada o cavidad de vertido
- Filtros
- Bebedero
- Canal de colada o de distribución
- Ataques
- Respiraderos o mazarotas





(3) Tecnología de la colada

Circulación del metal líquido por el sistema de distribución:

Régimen turbulento con R: [2000, 20000]

$$R = \frac{\rho v D}{\nu}$$

Evitar la rotura de la piel del metal líquido y la erosión de las paredes del molde por arrastre de arena o gases.

Tiempo de llenado: depende de la fluidez del metal líquido, de los gradientes térmicos, del peso de la pieza y de su forma.

Condiciones:

1. Lo suficientemente bajo para que el molde esté lleno antes de empezar la solidificación. Ecuación de Chworinoff.

$$t = k \left(\frac{V}{S} \right)^2$$

t = tiempo de llenado

k = coeficiente experimental

V/S = módulo de enfriamiento

2. Lo suficientemente bajo para que el calor radiante del metal no origine los defectos superficiales debidos a la dilatación de la arena.



(3) Tecnología de la colada

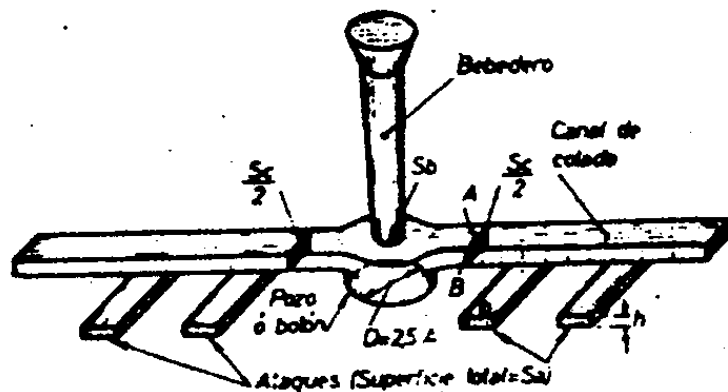
Escalonamiento de las secciones transversales de los conductos de un sistema de distribución:

Índice de reducción o relación de la colada; $S_c/S_b : S_a/S_b$

S_b = sección transversal del bebedero en su parte más estrecha

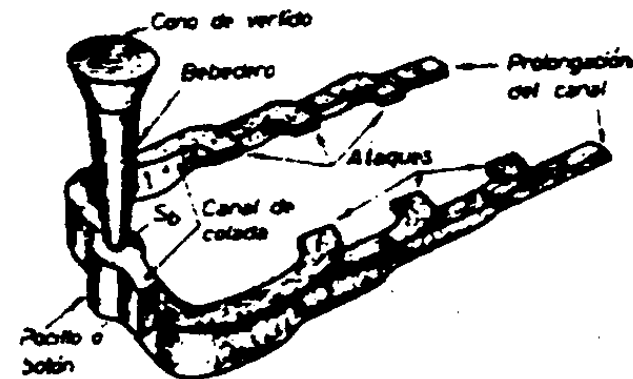
S_c = suma de las secciones transversales de los canales

S_a = suma de las secciones transversales de los ataques



Sistema convergente o a presión

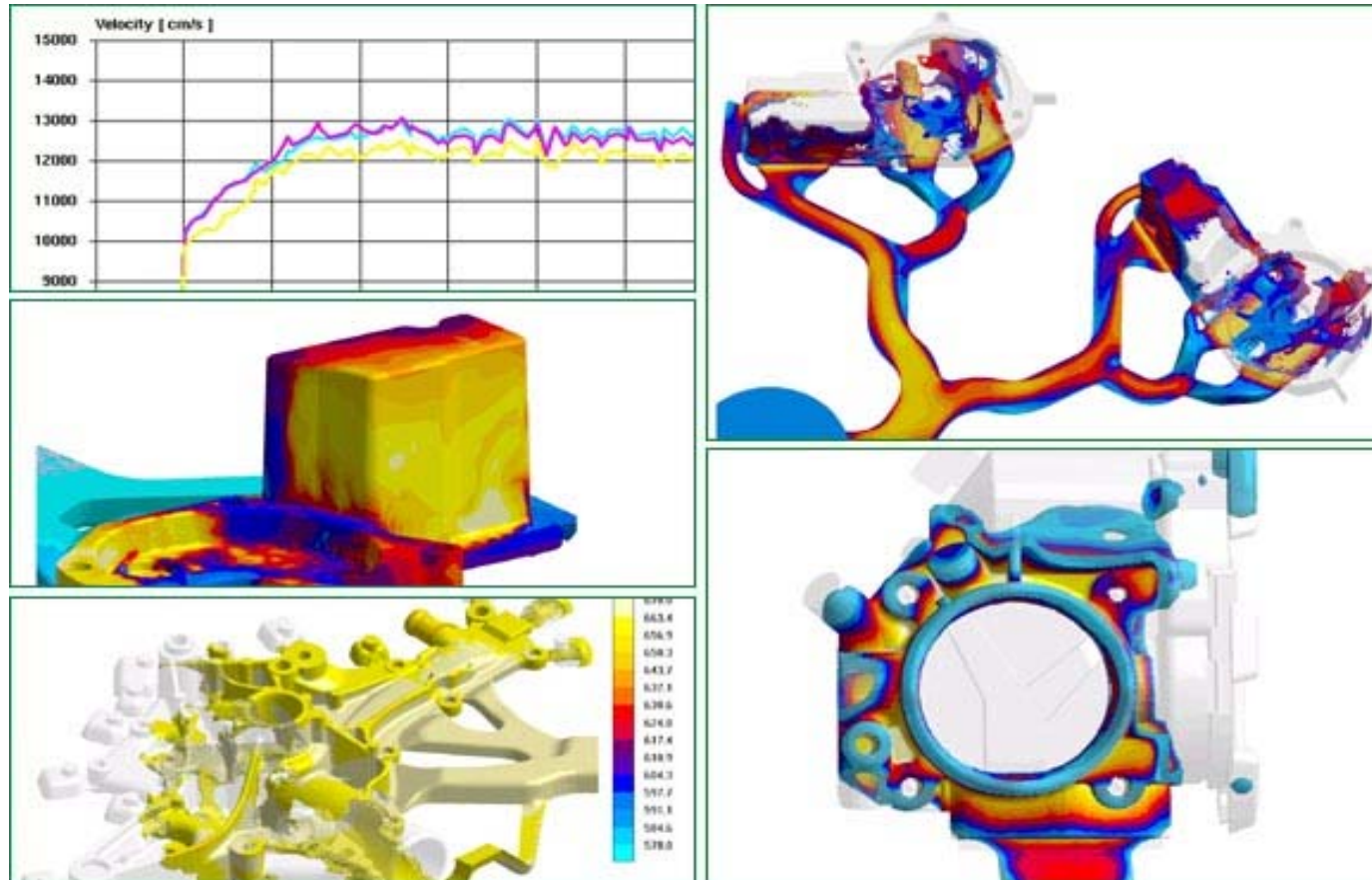
$$S_b > S_c > S_a$$



Sistema divergente o sin presión

$$S_b < S_c < S_a$$

(3) Tecnología de la colada



Simulación de colada

(3) Tecnología de la colada



Rendimiento de la fundición:

Masa de metal necesaria $M_t = M_p + M_d + M_s$

Masa de la propia pieza M_p

Masa del sistema de distribución M_d

Masa de margen de seguridad M_s (5~10 % de $M_p + M_d$)

$$\rho = \frac{M_p}{M_t}$$

Presión metalostática:

Presión estática ejercida por un fluido: $p = \rho gh$

Esfuerzo normal a la superficie: $F_n = \rho gh_g S$

- Esfuerzos en determinadas superficies
- Esfuerzos verticales en la parte inferior y superior del molde
- Resultantes horizontales sobre las paredes del molde
- Esfuerzos sobre los machos



(4) Enfriamiento y Solidificación

Del proceso de solidificación depende en gran parte la estructura metalográfica y por lo tanto las propiedades de las piezas moldeadas, así como la aparición de gran tipo de defectos.

Etapas de la solidificación:

- Nucleación
- Crecimiento de los granos

Cálculo de las mazarotas:

Se trata de emplear la cantidad mínima de material, cumpliendo con la función de las mazarotas.

- Regla de las contracciones.* Que el volumen del metal líquido de la mazarota sea superior a la contracción de la pieza, es decir $V_m = nV_p c / 100$

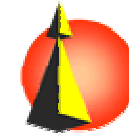
n: coef. de seguridad (1,5~3)

c: coef. de contracción

$$M_m = V_m / S_m > M_p = V_p / S_p$$

- Regla de los módulos.* El tiempo de solidificación de la mazarota debe ser superior al de la pieza. En la práctica $M_m = 1.2 M_p$

(5) Desmoldeo y Limpieza



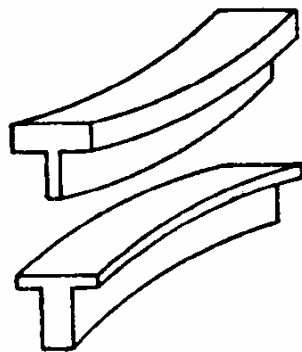
Si el molde es una coquilla, actuando sobre palancas a mano o mecánicamente, la coquilla se abre y se procede a la extracción.

Si el molde es una en caja de arena, abiertas las cajas se extraen las piezas de la arena, operación siempre fatigosa y contaminante por la cantidad de polvo silíceo que se desprende.

(6) Control de Calidad

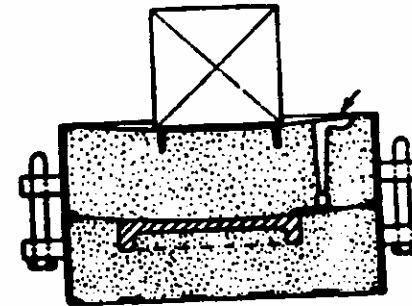
- Defectos advertibles desde el exterior de la pieza
- Defectos ocultos.

Defectos que afectan a la forma de la pieza:

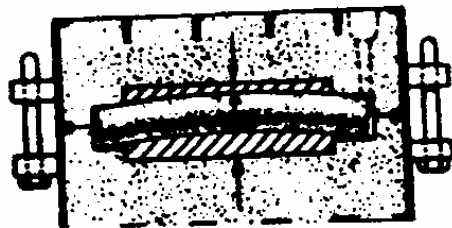
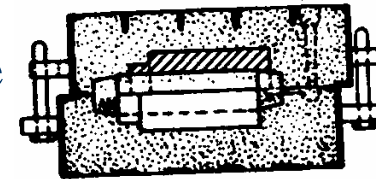


Deformación

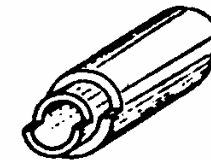
Presión
metalostática



Pérdida de
registro



aplastamiento

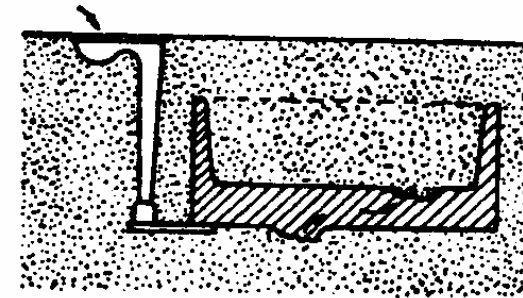


(6) Control de Calidad

Defectos que afectan a la superficie de la pieza:

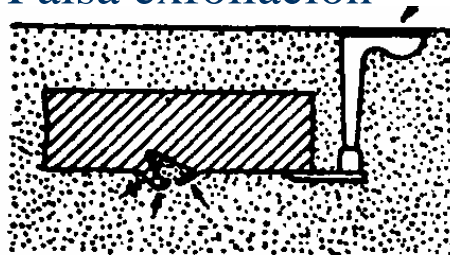


erupciones

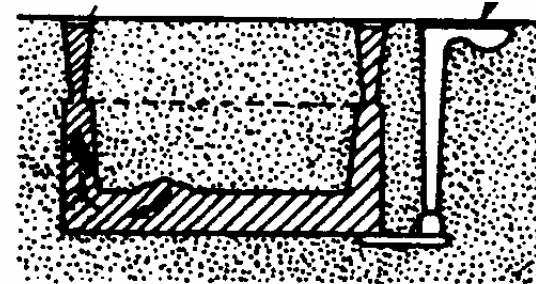


exfoliaciones

Falsa exfoliación

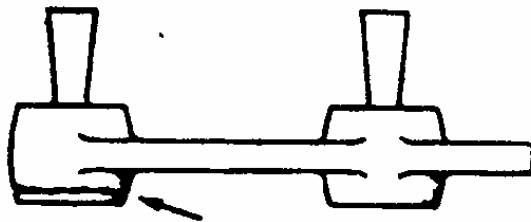


Inclusiones de arena



(6) Control de calidad

Defectos que afectan al conjunto de la pieza:

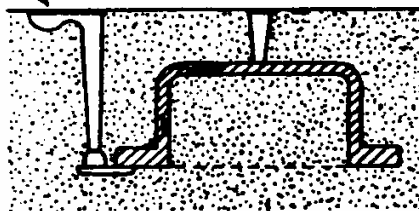


Soldaduras e
intermitencias

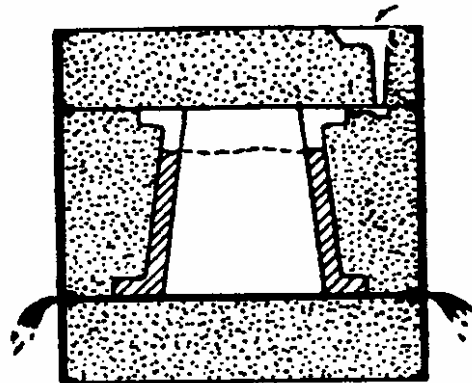
discontinuidades



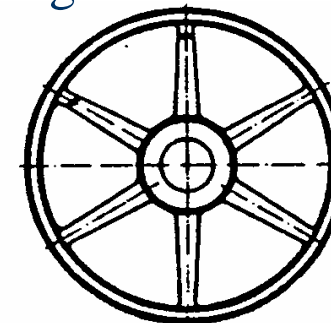
Arranques de
parte del molde



Escapes y
falta de metal

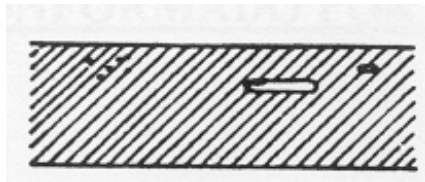


Hendiduras,
grietas



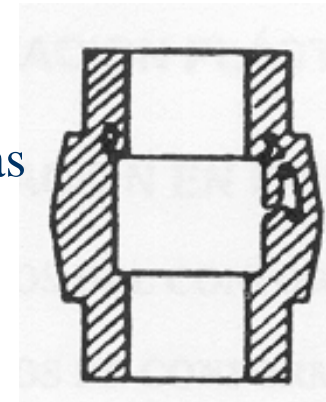
(6) Control de calidad

Defectos ocultos:

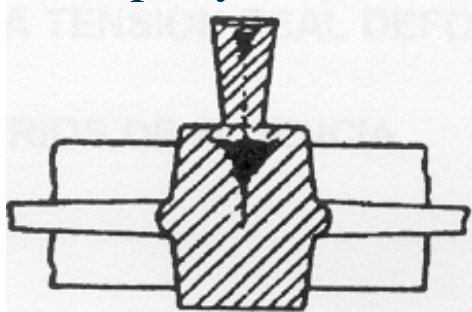


Porosidades,
burbujas

sopladuras



Rechupes y contracciones



Gotas frías

