

TEMA 5

FUNDICIÓN A PRESIÓN

Generalidades.

Entre los diversos procedimientos de colada introducidos definitivamente en la práctica industrial, el método de fundición a presión es ciertamente el que está llamado, al menos para piezas en grandes series de aleaciones no férreas, al más amplio desarrollo.

La gran cantidad de piezas que está en condiciones de suministrar y el bajo costo de las mismas, unido a la posibilidad de reducir al mínimo el mecanizado posterior, ha orientado decididamente en este sentido la técnica constructiva, que se vale de este método cada vez que se presenta el problema de producir, a bajo precio, una numerosa serie de piezas, a las que se les exigen importantes características mecánicas y estéticas.

Para la fundición a presión se necesitan máquinas; éstas, aunque se basan todas en el principio común a este procedimiento de colada, consistente en la introducción violenta de cierta cantidad de metal fundido o pastoso en un molde permanente, por medio de una presión ejercida desde el exterior, son variadísimas; pero la técnica moderna se ha orientado hacia unos pocos tipos que se clasifican así:

- a) Máquinas con cámara de presión caliente, o para fundición inyectada.
- b) Máquinas con cámara de presión fría, o para fundición a presión .

Máquinas para fundición inyectada.

Estas máquinas están constituidas por dos partes esenciales, una que sirve para el emplazamiento de la matriz y otra (*cámara de fusión*) para la fusión y la conservación del material líquido. En el interior de esta última está dispuesta la *cámara de presión* que suministra cada vez la cantidad de metal necesaria para una pieza.

Tales tipos de máquinas se distinguen a su vez en dos categorías:

- 1) Máquinas con cámara de presión por inmersión.
- 2) Máquinas de pistón sumergible.

1) Máquina con cámara de presión por inmersión:

En las máquinas de este tipo, la cámara de presión **O**, con forma de trompa y oscilante dentro de la cámara de fundición, está unida a un depósito de aire comprimido, variable entre los 20 y los 60 kg/cm², mediante un tubo flexible **S**. Por medio de un sistema de palancas, se

sumerge la cámara de presión en la cámara de fusión, para llenarla de metal líquido y comprimirla sucesivamente contra la matriz **H**, para efectuar la inyección mediante emisiones de aire comprimido. La apertura y el cierre de las matrices lo efectúan mecanismos a propósito **L**, maniobrados, según la potencia de la máquina, a mano o hidráulicamente.

Las máquinas con cámara de presión por inmersión son adecuadas para la fundición de aleaciones de plomo, zinc, estaño y aluminio, y con ellas es posible efectuar la colada de piezas pequeñas y medianas; las casas constructivas más adelantadas tienden, sin embargo, a abandonar la fabricación de este tipo de máquinas para orientarse resueltamente hacia las máquinas de cámara caliente de pistón sumergible y hacia las máquinas de cámara fría, pudiéndose decir que es raro que se construyan ya.

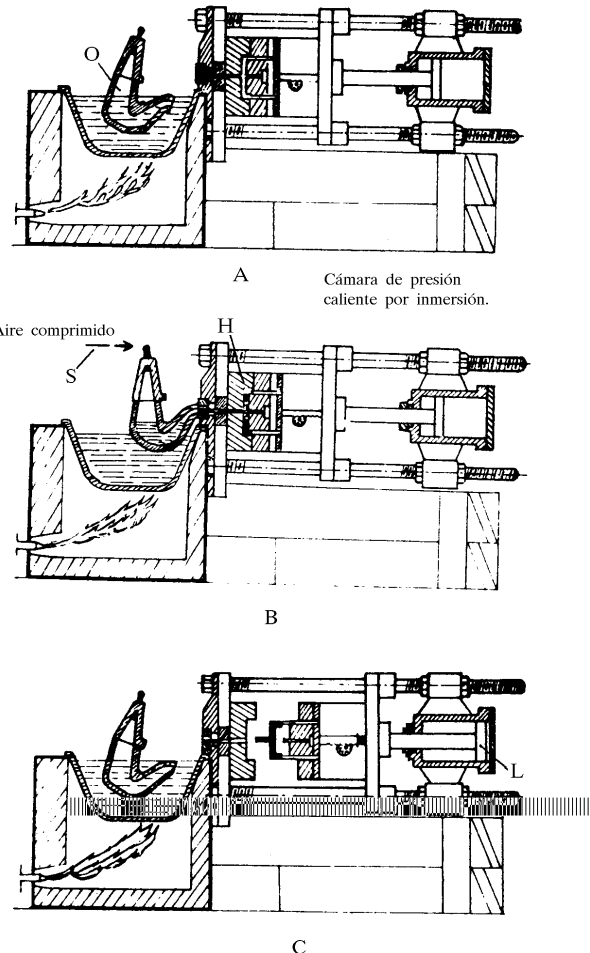
Las máquinas que hemos descrito, en efecto, aparte de ser más bien lentas (la producción máxima es de 40 a 60 piezas por hora), presentan algunos inconvenientes que están implícitos en el sistema mismo de funcionamiento.

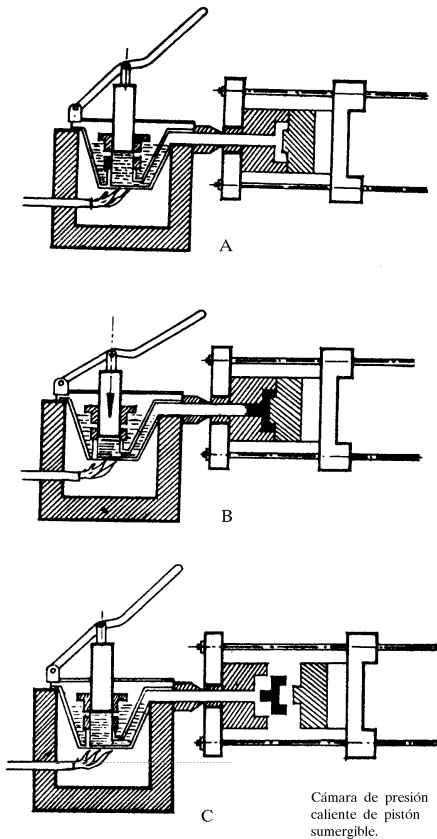
- Para llenar la cámara de presión se toma el metal de la superficie y, por consiguiente, escorias y óxidos pueden entrar con facilidad junto con el metal en la matriz y comprometer así la obtención perfecta de las piezas.

- En el caso de las aleaciones de aluminio, el hierro procedente de la fundición de la que están constituidas las cámaras de fusión y de presión, debido a la elevada temperatura de colada ($\approx 750^{\circ}\text{C}$), y la velocidad de inyección del metal, tiende a pasar en solución al baño, por lo que produce, además de un notable desgaste de las partes de la máquina que están en contacto con el metal fundido, la contaminación del metal, lo que resulta absolutamente indeseable por la desfavorable acción del hierro, sea sobre las características mecánicas de la aleación, sea sobre las características técnicas.

2) Máquinas de pistón sumergible:

Estos tipos de máquinas han sido ideadas para la producción de piezas de aleaciones de plomo, estaño y zinc, y, aplicando algunos mecanismos particulares para proteger el material contra la oxidación, el magnesio. No son, en cambio, adecuadas para la fundición de piezas de aleaciones de aluminio. En la figura 5.2 puede verse un esquema de máquinas de este tipo.





La apertura y cierre de las matrices, que en las máquinas más pequeñas se efectúan con dispositivos mecánicos a mano, en las máquinas de mayor potencia se realizan mediante mandos hidráulicos; en algunas máquinas, dispositivos especiales regulados a tiempo permiten efectuar automáticamente y sin interrupción entre un ciclo y otro, la inyección, la apertura y el cierre de las matrices.

De ello deriva una grandísima rapidez de producción que, en máquinas muy pequeñas y con piezas sencillas de pocos gramos, consigue llegar hasta las 1000 piezas por hora. La presión ejercida por el pistón en el metal oscila generalmente, según las máquinas, entre los 40 a los 150 kg/cm². También cualitativamente la producción efectuada con este tipo de máquinas es mejor, porque la posibilidad de efectuar la inyección sin mezclar el metal con el aire se traduce en una ventaja para la

compacidad y, por consiguiente, para las características de las piezas.

Máquinas de cámara fría.

En este procedimiento, el metal, contenido en un horno normal, a propósito para el material a fundir, es sacado cada vez a mano con una cuchara y echado en la cámara de presión **Q**, en donde es comprimido contra la matriz **B**, por un pistón **E** movido hidráulicamente (fig 5.4).

La presión ejercida sobre el metal fundido varía en estas máquinas, según la potencia, de los 150 a los 1500 kg/cm², y la posición del pistón puede ser lo mismo vertical que horizontal.

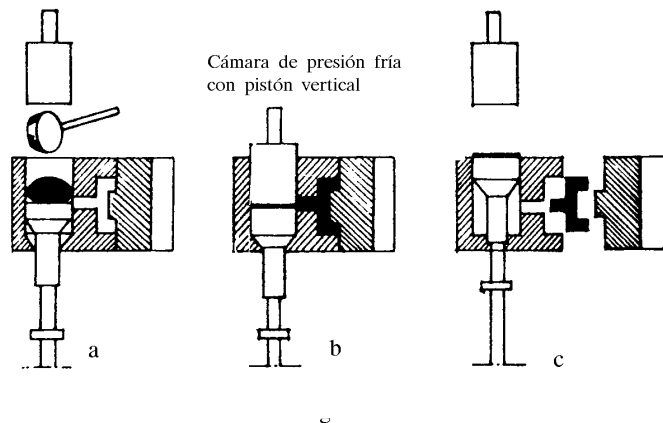
La máquina es semiautomática, no obstante se están adaptando dispositivos de llenado, que tienden a una automatización del proceso. En efecto, el metal es producido y mantenido fuera de la máquina (horno de crisol, inducción, etc.) y es vertido en el cilindro de presión por uno de los siguientes procedimientos:

- Con cazo, manual o mecánicamente.
- Por horno basculante y canal de conducción.
- Mediante un crisol hermético, actuando la presión neumática en la superficie del baño, que hace circular el caldo por un tubo de elevación y canal de conducción.
- Por medio de una bomba electromagnética.

Estas máquinas son las únicas utilizadas para las aleaciones de Al, Cu y Ag e incluso fundición gris. Por sus ventajas también se cueban las otras aleaciones, Pb, Sn, Zn, aún siendo su rendimiento menor y el coste más elevado. Pero estas máquinas son de características más flexibles y universales ya que pueden regularse las presiones hasta valores enormes, así como la velocidad de inyección, y por otro lado su duración y su conservación es mucho mejor.

1) Máquinas de pistón vertical:

En la figura se ve el modo de trabajar de la primera máquina y la que fue más usada en principio. La masa introducida en la cámara es retenida por un contraémbolo que al principio obstruye la tobera. Hasta que el émbolo no haya efectuado determinada presión, lo que permite una expulsión previa de aire, no queda el caldo enfrentado con la tobera. Con ello no sólo se impide una entrada de aire, sino que se evita que parte de caldo ocupe la tobera o incluso el canal de colada antes de producirse la auténtica presión de trabajo.



En todas las máquinas de pistón vertical tenemos las siguientes características comunes:

- Presión # 700 kg/cm²
- Volumen del cilindro # 15 kg en Al.
- Velocidad y presión regulables sin escalonamiento.

El único inconveniente es no poder conseguir piezas de gran tamaño y difíciles de obtener en aleaciones muy fluidas.

2) Máquinas de pistón horizontal:

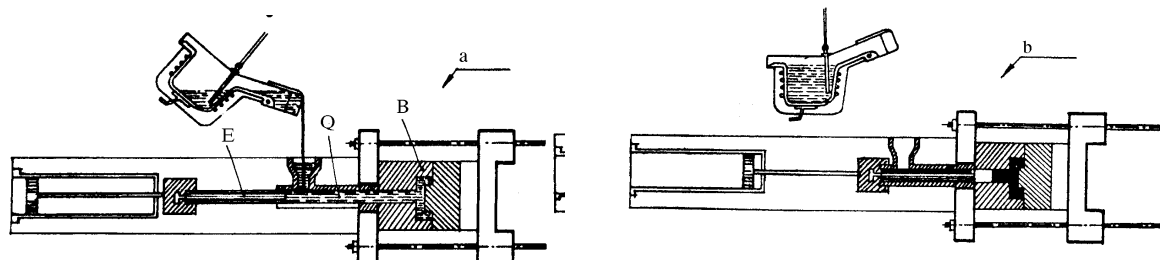
La industria constructora se ha inclinado cada vez más por la mejora y perfeccionamiento de las máquinas de pistón horizontal. Están siendo más aceptadas dado que son más bajas y más accesibles a los órganos principales, cual es el pistón y todo lo que le rodea; sistema de engrase y refrigerante, órganos motores, etc. Con estas máquinas no se precisa el recorte de sobrantes.

La cámara o cilindro no queda nunca rellena de caldo, por lo que el aire que se encuentra en ella es inyectado conjuntamente con el caldo; pero, como el pistón trabaja siempre de forma paulatina y no bruscamente, este aire es llevado delante del caldo en todo momento.

Como, tanto en las piezas de mucha superficie como en las fusiones en ramillete, necesitamos secciones totales de ataque (sección por donde entra el caldo a la pieza) amplias, en las matrices correspondientes se practican canales de colada repartidores hasta ganar las zonas

de piezas. Pero incluso en piezas pequeñas es aconsejable colar a través de canales, y no directamente a la pieza, debido a la peor repartición del caldo y a la mayor dificultad de separar el bebedero de la pieza en el desbarbado.

Las cámaras o cilindros se construyen de acero refractario o de acero de construcción con el interior nitrurado. Los émbolos, de acero aleado, deben ser más blandos que los cilindros y serán recambiados cuando presenten desgaste. Los mismos pueden ser de bronce al berilio, en su totalidad o con una parte de desmontable.



Las características comunes de estas máquinas son las siguientes:

- Presión = $3000 \div 7000 \text{ kg/cm}^2$.
- Velocidad del émbolo $0.1 \div 6 \text{ m/s}$.
- Peso, de pocos gramos a 40 kg en piezas de Al.

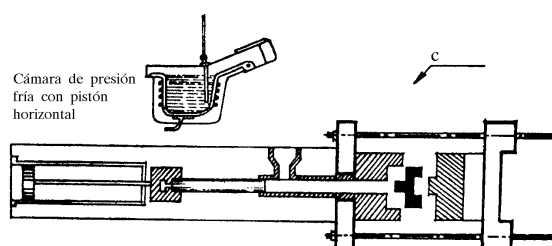


Fig. 5.4

El ciclo de trabajo de las máquinas de cámara fría sólo permite producciones que pueden llegar a un máximo de 100 a 150 piezas por hora.

A continuación se reproduce un cuadro con las características de los tres tipos de máquinas que en la actualidad construye la firma suiza BÜHLER.

Máquina	Fuerza de cierre (Tn)	Fuerza de inyección (Tn)	Tiempo por ciclo, en vacío (s)	Carrera abertura de semimatric es (mm)	Espacio libre entre columnas H×V (mm)	Potencia del motor (CV)	Cap. máx. Al (kg)	Cap. máx. Zn (kg)	Área frontal nominal (cm ²)
Cámara fría horizontal	100	16	2.8	360	350×350	15-11	1.8	4.5	400
	160	23	3.2	450	435×435	25-18	2.7	6.7	640
	250	35	4.5	500	500×550	30-22	3.6	9	1000
	400	38.5	7	600	580×640	30-22	6.9	17.2	1600
	660	65	7	630	720×780	60-44	15.5	38.5	2640
	1000	90	10	760	840×920	75-55	17	42.5	4000
	1600	140	15	1330	1300×1300	130-96	40	-	6400
	2000	170	15	1330	1300×1300	130-96	40	-	8000
	2500	200	20	1700	1620×1620	180-132	55	-	10000

Cámara fría vertical	160	30	5	350	430×450	25-18	2.4	6	640
	250	40	7	500	500×550	30-22	4.5	11.2	1000
	400	60	9	600	580×640	30-22	7.7	19.3	1600
Cámara caliente de pistón	5	0.715	1	110	155×155	7.5-5.5	-	0.15	50
	40	4	2	240	310×270	20-14	-	1.3	285
	100	5.5	2.5	360	350×350	15-11	-	3.5	720
	160	7	3	360	430×450	25-18	-	4.9	1140
	250	10	4.5	500	500×550	30-22	-	5.4	1800
	400	15	6	600	580×640	30-22	-	10.9	2860
	660	27	6	630	720×780	60-44	-	15.6	4710

Construcción de las matrices.

De capital importancia para el buen resultado de la fundición a presión son el proyecto racional y la correcta ejecución de la matriz, pues en esta técnica, contrariamente a lo que sucede en la fundición en arena y en coquilla, los factores mecánicos asumen una importancia incluso mayor que los factores metalúrgicos inherentes a la sistematización de la colada y a la alimentación de la pieza. Naturalmente con esto no se quiere decir que en la fundición a presión el estudio de la colada no deba derivar de un cuidadoso examen crítico de la configuración de la pieza, y que se pueda descuidar la elección de la aleación adecuada, o de la determinación de la temperatura más conveniente para la fundición de la pieza; lo que se quiere significar es que, teniendo en cuenta estos factores, es indispensable en este caso, si no se quiere incurrir en sensibles fracasos, que la matriz sea construida de tal modo que se pueda garantizar su eficacia y el buen funcionamiento a la temperatura de trabajo.

En los casos más sencillos las matrices están constituidas por dos medias coquillas de acero unidas, respectivamente, una a la plancha fija **a** y otra a la plancha móvil **b** de la máquina (fig. 5.5).

Cuando la pieza es más complicada, para poder extraerla es necesario recurrir a *machos móviles*, cuyo movimiento puede obtenerse por diversos recursos, como el empleo de espigas inclinadas (fig. 5.6 y 5.7), mandos hidráulicos o mandos mecánicos de piñón y cremallera.

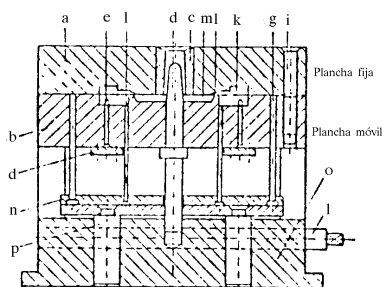


Fig. 5.5

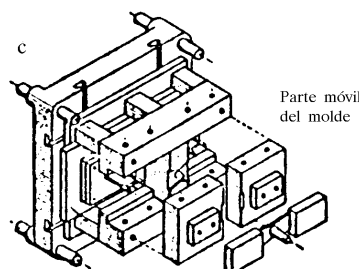


Fig 5.6

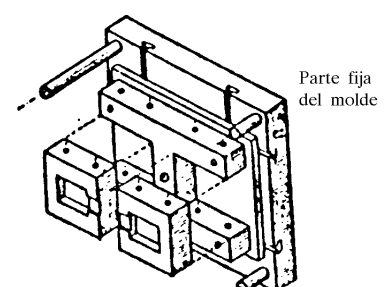
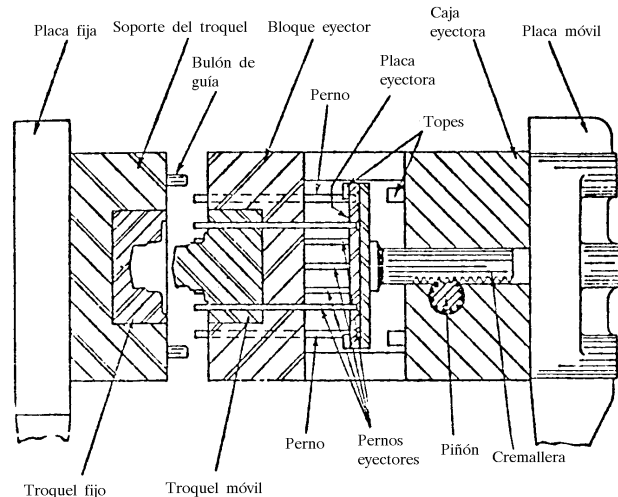


Fig 5.7

La extracción de las piezas se efectúa mediante *extractores* cuyo movimiento puede obtenerse, según los casos, a mano por un sistema de piñón y cremallera, o automáticamente aprovechando el movimiento de la máquina. Para obtener piezas perfectas, además de valerse de los sistemas de bebedero elegidos según la configuración de la pieza, es necesario asegurar que el aire contenido en la matriz pueda salir libremente. Cuando sea necesario obtener un efecto de mayor eficacia, se puede unir a la pieza un *cargador* proporcionado al tamaño de la misma, que permita incluso descargar una parte del material junto con el aire. Para evitar un recalentamiento excesivo de la matriz durante el trabajo es necesario disponer, sobre todo en las zonas inmediatas al bebedero, un sistema adecuado de enfriamiento por circulación de agua.

Generalmente es aconsejable construir las matrices para fundir una sola pieza cada vez, para simplificar la construcción y disminuir al mínimo, durante la producción, el peligro de interrupciones por agarrotamiento o por roturas que pueden ocurrir en el curso de la fundición; de todos modos, cuando se disponga de máquinas muy potentes y el número de la serie de piezas a fabricar sea muy grande, puede convenir, para piezas relativamente poco complicadas, emplear matrices con varias piezas.



Veamos a continuación las cuestiones a tener presentes en la construcción de las matrices.

a) El semimolde móvil debe llevarse siempre en su movimiento a la pieza recién colada. A ello contribuye el macho distribuidor.

b) Las dimensiones de la placa molde deben permitir disponer una franja alrededor del hueco del molde de por lo menos 40 mm, en las máquinas pequeñas de presión escasa, y de 70 u 80 mm de ancho, en las grandes, sin que esté interrumpida por tornillos o elementos similares. La regla empírica es que hay que dejar libre como superficie de estanqueidad 1/10 de la anchura o de la longitud de la placa molde, rodeando al hueco.

c) Partición: La determinación de la partición requiere una reflexión cuidadosa. Aquellas partes que precisen de una mejor calidad superficial deben fundirse en el semimolde fijo, al igual que la parte mayor del hueco del molde (mayor en superficie); para que sea la placa fija la que

reciba la máxima presión, y no la móvil. Debe buscarse que la partición sea plana; y evitar partes profundas en el sentido del movimiento de apertura.

d) Placas molde: Son de acero bonificado (mejorado) refractario en su totalidad, o bien de acero corriente recocido, con suplementos encastrados de acero bonificado refractario.

e) Canales de colada: El bebedero, el canal y la sección de ataque deben permitir una circulación regular y tranquila del metal y facilitar el llenado perfecto del molde.

En general el bebedero está incorporado a la placa molde fija, y para que se consiga una uniforme circulación, se sitúa en el centro de la entrada de caldo un macho repartidor, que facilita el tránsito paulatino desde el bebedero al canal. Al mismo tiempo dicho macho obliga a que el bebedero tenga que salir junto a él en la apertura del molde, con lo que facilita la evacuación de la pieza y canales (fig. 5.5).

Los canales pueden tener una sección variable de entre 12 a 20 mm de ancho y 3 a 6 mm de profundidad.

Los conductos anchos se emplean en piezas de paredes gruesas y los estrechos, pero de mayor profundidad, para piezas con paredes delgadas. Se les da una inclinación de 2 a 5° para que puedan ser bien expulsados (forma de artesa) y su calidad superficial no debe ser peor que la propia del hueco que forma la pieza.

La sección de ataque, parte final del canal, debe ser de menor sección para provocar un aumento de velocidad justamente a la entrada de la pieza.

Para terminar con el diseño de canales de colada, diremos que en la máquina horizontal de cámara fría, el residuo de la inyección queda en la cámara y es expulsado unido al canal de colada. Es como si la cámara (cilindro) formara parte de la placa molde, y así es de hecho. Pero hay un constructor que hace que el émbolo no penetre en el molde sino que proporciona una forma de tobera y el proceso sucede como fácilmente esquematiza la figura 5.9.

f) Salida de aire: El aire debe ser expulsado en el mínimo tiempo. La salida se efectúa a través de ranuras practicadas en las caras de contacto de los semimoldes, en zonas de final de llenado en las que, un buen diseño de canales, garantice acumulaciones de aire.

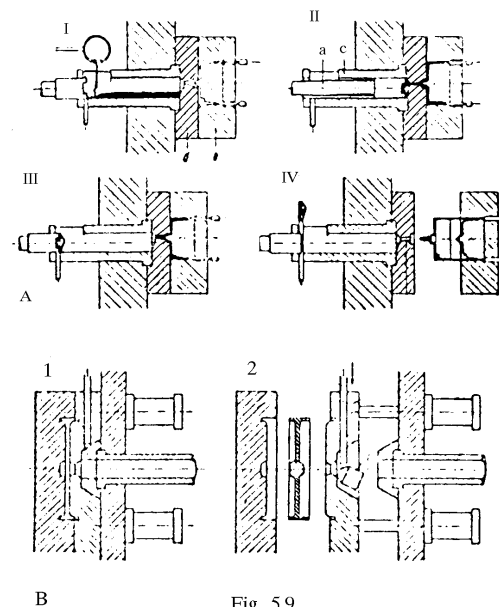


Fig. 5.9

En donde haya cambios de espesor del hueco habrá que situar ranuras de evacuación.

Por otro lado, los vástagos extractores con un juego mínimo de 0.02 mm ya sirven para la evacuación.

También el juego de las guías para machos sirve de canal de evacuación, cuando dichos machos son móviles.

g) Los machos: Pueden ser fijos y móviles. Los fijos están en la dirección del movimiento expulsor y quedan amarrados a la semiplaca móvil. Salen sólo en la expulsión. Los otros deben ser movidos para su expulsión de forma autónoma y en el momento que convenga, ya sea antes de empezar la apertura del molde o después de abrir el molde.

En las figuras siguientes se ven distintos machos fijos con su sistema de amarre a la placa móvil.

En la figura 5.11 se estudian soluciones mejoradas de machos fijos a base de apoyarlos en el extremo libre para que no flecten con la presión del caldo, y dando al propio tiempo una salida al aire durante la inyección.

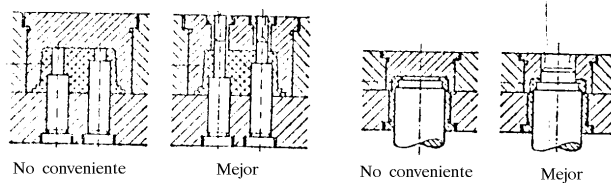
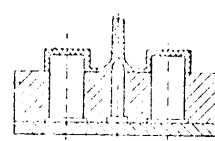
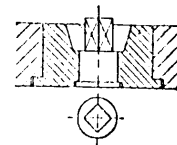


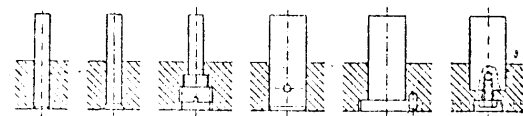
Fig. 5.11



Noyo fijo que sirve para formar huecos, cuyo eje se ha en la dirección de la abertura



Noyo fijo con sección irregular



Sujeción de noyos fijos en la placa molde

A veces son necesarios machos en forma de piezas sueltas que se desmontan tras extraer una pieza clave en el conjunto de las mismas (fig. 5.13).

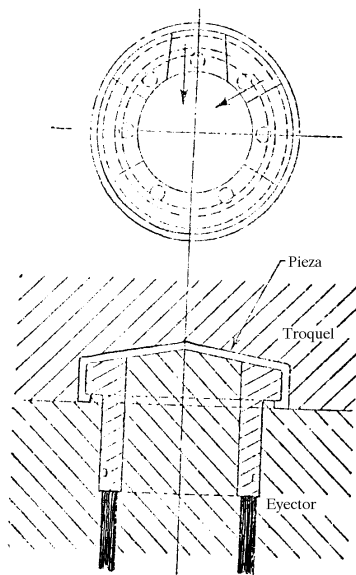


Fig. 5.13

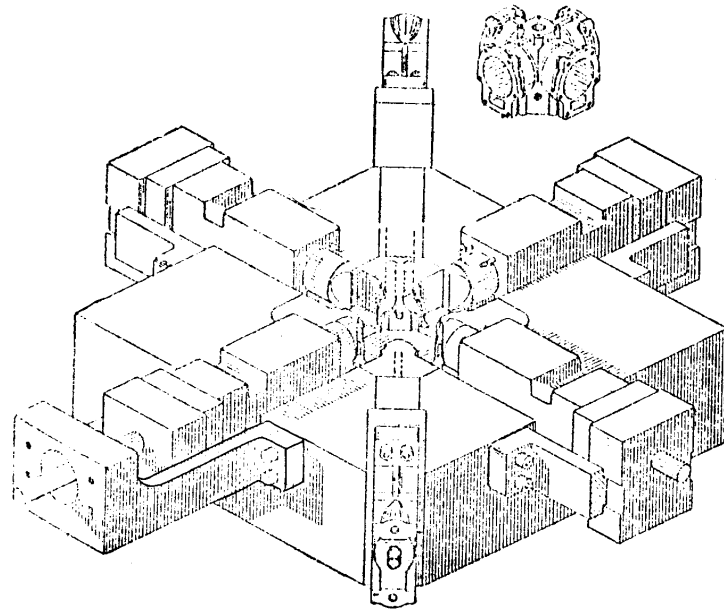


Fig. 5.12

En la figura 5.12 se ve la perspectiva de un semimolde en el que van montadas las piezas portamachos guiadas en la placa para el oportuno movimiento. Puede verse así mismo la pieza que trata de colarse por cuatro agujeros en cruz y el **F**, de menor diámetro. Obsérvese que los taladros pequeños **C** también salen en la inyección.

h) Extractores: Para expulsar las piezas de la semiplaca móvil pueden ser utilizados:

- *Vástagos o topes expulsores*, que hay que prever en puntos adecuados de la pieza en cuestión.
- *Casquillos expulsores*, que generalmente envuelven a los machos cuando las paredes de la pieza, en esta zona, son delgadas.
- *Peines expulsores*, que tienen la forma de parte o del total contorno de la pieza, cuando su extracción resulta muy delicada y se corre el riesgo de alabeo e incluso rotura en la expulsión.

La figura siguiente muestra posiciones correctas e incorrectas de localización de extractores. Hay que añadir que si el esfuerzo es grande, la pieza suele quedar marcada con la huella del extractor.

