

TECNOLOGÍA de la FUNDICION

Aplicaciones de la Fundición

La fundición es una técnica empleada para dar forma a piezas y objetos de materiales metálicos. Consiste en fundir el metal, calentándolo hasta que se vuelva líquido y una vez fundido, echarlo en moldes con la forma que se quiere lograr, dejándolo enfriar en estos hasta que se vuelven a transformar en sólido, quedando con la forma.-

Es un procedimiento muy empleado para la fabricación de toda clase de piezas de los más diversos metales, hierro, acero, cobre, latón, aluminio, etc.-

La fundición es especialmente adecuada para fabricar piezas de formas complicadas o de gran tamaño, así como la fabricación de grandes series de piezas iguales.-

Diagrama de Trabajo

El proceso completo para obtener una pieza por fundición, puede considerarse formado por seis operaciones principales:

1° - Fabricación del modelo, que puede ser de madera o metálico.-

2° - Moldeo, construcción del molde, hueco con la forma de la pieza. Lo más corriente es que este molde sea de tierra.-

3° - Fusión del metal, en hornos especiales.-

4° - Colada, o llenado de los moldes con el metal en estado líquido.-

5° - Solidificación y enfriamiento.-

6° - Desmolde de las piezas solidificadas en los moldes.-

7° - Limpieza y acabado hasta dejar la pieza lista para ser mecanizada.-

Construcción del Modelo

El modelo es una pieza, o conjunto de piezas, que tiene la forma de la pieza a fabricar. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la forma del modelo no es nunca exactamente la de la pieza.-

En primer lugar, el modelo debe ser de forma ligeramente mayor, ya que el metal, al enfriarse desde su temperatura de fusión hasta la temperatura ambiente, se contrae. Teniendo en cuenta este fenómeno, el modelo debe construirse de acuerdo al grado de contracción del metal que se emplea en la colada, que es variable para los distintos metales y aleaciones como se indica en la siguiente tabla.-

Aleaciones	Dimensiones del modelo Piezas Macizas mm	Piezas con Noyos mm	Contracción en 0/00 o mm/m
Fundición Gris	hasta 600 de 600 a 1200 más de 1200	hasta 600 de 600 a 920 más de 920	10,0 8,5 7,0
Fundición Gris de gran Resistencia	hasta 600 de 600 a 1200 más de 1200	hasta 600 de 600 a 920 más de 920	13,0 10,5 8,5
Fundición Blanca colada en Arena			15,0 a 16,0
Fundición Blanca colada en Coquilla			18,0
Fundición Maleable espesor de 3 mm espesor de 10 mm espesor de 20 mm			13,0 10,0 7,0

Acero	hasta 600	hasta 450	20,0
	de 630 a 1800	de 480 a 1200	15,5
	más de 1800	más de 1200	13,0
Bronce con 10% de estaño			14,0
Latón con 37% de cinc			16,0
Latón Con 40% de cinc			18,0
Aluminio y sus aleaciones	Piezas pequeñas	Pequeñas	13,0 a 15,0
	Piezas medianas	Medianas	12,0 a 13,0
	Piezas grandes	Grandes	11,0 a 12,0
Aleaciones de Magnesio			11,0 a 14,0
Aleaciones de Plomo y Estaño			2,0 a 3,0

En las superficies de la pieza que deban mecanizarse, se han de dejar sobrespesores de 3 a 8 mm, según las dimensiones de la pieza.-

Las superficies verticales deben hacerse con una ligera inclinación, llamados ángulos de salida de moldeo, para que el modelo pueda salir fácilmente.-

En las siguientes tablas están indicados los valores de la salida en milímetros o en tanto por ciento y los ángulos de salida β aconsejables.-

Altura del Modelo mm	Salida			Observaciones
	mm	%	Angulo	
hasta 40	0,50	1,25	1°30'	Para paredes o nervaduras delgadas conviene aumentar estos valores hasta duplicarlos. Para agujeros y huecos de 15 a 20°
40 a 59	0,75	1,80 a 1,20	1°00'	
60 a 119	1,00	1,70 a 0,80	0°40'	
120 a 159	1,50	1,25 a 0,90	0°40'	
160 a 199	1,75	1,10 a 0,90	0°40'	
200 a 249	2,00	1,00 a 0,80	0°30'	
250 a 299	2,50	1,00 a 0,80	0°30'	
300 a 399	3,00	1,00 a 0,75	0°30'	
400 a 499	3,50	0,90 a 0,80	0°30'	
más de 500	4,00	menos de 0,80	0°30'	

Los valores de esta tabla son básicos y se adoptarán preferentemente para modelos metálicos, fijados sobre placas y bien acabados.-

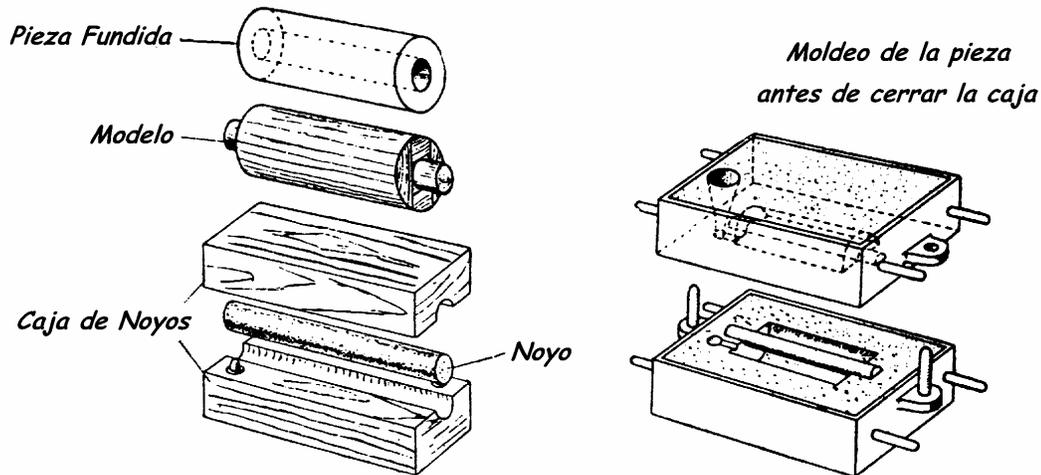
Tipo de Modelo	Salida %	Angulo β de salida	Aplicaciones
Sin salida	0,20	0° 01' 00"	Columnas y modelos de altura mayor a 2 metros.- Modelos altos metálicos.-
	0,50	0° 07' 10"	
Salida mínima	1,00	0° 34' 30"	Huecos en placas-modelo.- Portadas del noyo hasta 20 mm de diámetro.- Portadas normales y en la caja superior.-
Salida normal	2,00	1° 09' 00"	
Salida pronunciada	5,00	2° 52' 00"	
Portadas de macho	5,00	2° 52' 00"	
	10,00	5° 42' 30"	
	20,00	11° 18' 30"	
Huecos dentro de placas-modelo	50,00	26° 04' 00"	
	100	45° 00' 00"	

Los modelos se hacen de madera o metal. Los de madera son más económicos y manejables, pero menos resistentes. Los metálicos son más duraderos, y dan superficies más limpias.-

Cuando la pieza a fundir es hueca, el modelo resulta más difícil, y rara vez puede hacerse de una sola pieza; se ha de recurrir en la mayoría de los casos, al empleo de los llamados noyos. Se da este nombre a las piezas de tierra adicionales que se colocan en los moldes, ocupando los lugares que han de quedar huecos en la pieza.-

En estos casos, el modelo debe tener la forma de la pieza, y unas partes salientes para que en el molde queden unos huecos en donde se apoyará el noyo.-

Para fabricar los noyos, se construyen moldes adecuados, cuya parte hueca tiene la forma del noyo; estos moldes son llamados cajas de noyos.-



Los modelos deben construirse de modo que la pieza resultante de la colada se adapte al mecanizado y al uso para que está destinada; han de ser por consiguiente funcionales y resultar prácticos, precisos, duraderos y útiles.-

Los modelos deben barnizarse con coloración diversa, según la clase de metal que se emplee en la colada. Esto evitará errores y será una indicación de mucha utilidad para la fundición. La tabla da los colores que se usan.-

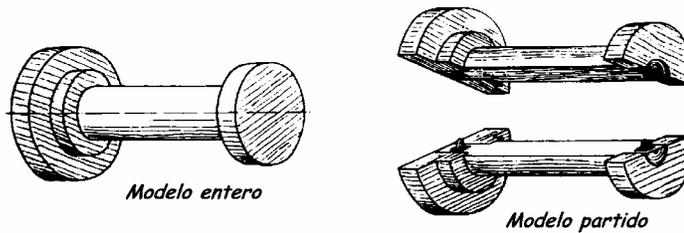
Denominación	Piezas fundidas en				
	Hierro Fundido	Acero y Hierro Maleable	Bronce Y Latón	Aleaciones Ligeras	Otros elementos
Superficies del modelo y de la caja de machos correspondientes a superficies de la pieza y eventuales superficies de partición de los modelos.	Rojo Cinabrio (Bermellón)	Azul Ultramar	Anaranjado	Aluminio o Gris Claro	Laca Incolora
Portadas del modelo y de la caja de noyos.-	Negro				

Los modelos se clasifican en:

- Modelos externos, o modelos propiamente dichos
- Modelos internos, o cajas de noyos

Se pueden sub-clasificar en:

- Modelos enteros
- Modelos partidos
- Modelos perdidos



Otra clasificación de los modelos se basa en los materiales empleados en su construcción:

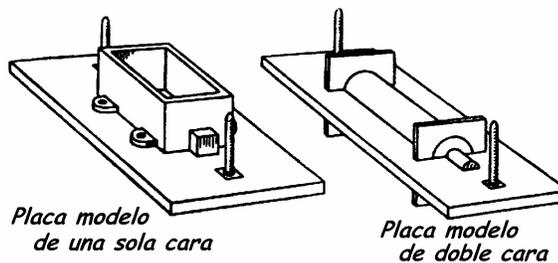
- Modelos de madera, muy baratos, de fabricación rápida, pero muy sensibles a la acción atmosférica, deformables, poco duraderos. Son adecuados para el moldeo de una o pocas piezas, y para modelos grandes.-
- Modelos metálicos, menos deformables, más duraderos, y muy adecuados para grandes series de piezas pequeñas o de tamaño medio.-
- Modelos de resinas sintéticas, yeso, cemento, etc.-

La elección del material para el modelo se realiza teniendo en cuenta el peso, la facilidad de trabajo, el número de piezas a obtener, el sistema de moldeo, el costo, etc.-

Muchas veces puede resultar oportuno no dejar el modelo suelto, sino fijarlo a una placa-modelo; ésta sostiene al modelo, lo preserva de las deformaciones, de los deterioros en la fundición o en el almacén y evita que queden al arbitrio del moldeador la disposición del modelo en el molde y la disposición y dimensiones de los elementos de la colada.-

Las placas modelos pueden ser de tres tipos:

- De una sola cara, cuando el modelo va fijado de un solo lado
- De doble cara, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas a las dos caras de la placa
- De dos placas, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas cada una a su propia placa



Moldeo

Los moldes deben estar hechos de un material capaz de resistir las elevadas temperaturas del metal fundido, sin fundirse o romperse. Estos moldes pueden ser de dos tipos:

- Moldes permanentes, que sirven para fundir una serie de piezas
- Moldes que se destruyen, después de haber fundido una sola pieza

Los moldes permanentes se construyen de un metal cuya temperatura de fusión sea más elevada que la del metal con que se han de hacer las piezas fundidas. Son llamados coquillas, y se emplean con gran frecuencia en la fundición de piezas de aluminio y sus aleaciones, bronces, latones, y otros metales y aleaciones de bajo punto de fusión, en series grandes.-

Para la fundición con metales de elevado punto de fusión, como el hierro fundido y el acero, se utilizan moldes de tierra o arena, que se deshacen después de haber fundido en ellos la pieza.-

También se emplean moldes de tierra para fundir piezas de metales de baja temperatura de fusión y sus aleaciones; especialmente cuando las piezas son de gran tamaño.-

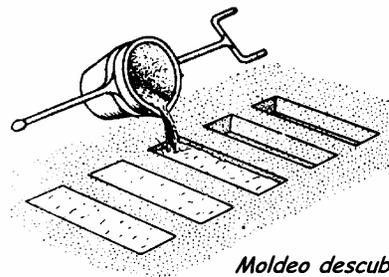
Las tierras empleadas son una mezcla de sílice y arcilla; la proporción es variable, pero en general el contenido de arcilla no debe ser muy elevado, porque el molde perdería permeabilidad, ni demasiado bajo, porque perdería resistencia.-

Según que para obtener el molde y en las operaciones auxiliares, extracción del modelo, retoque, etc, prevalezca el trabajo manual o el de una máquina se distinguen:

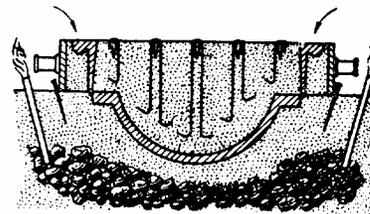
- Moldeo a mano, en el cual todas las operaciones se realizan manualmente, bien con la ayuda eventual de medios de levantamiento o de transporte, grúas, carretillas, planos inclinados, etc, o de herramientas manuales mecánicas.-
- Moldeo mecánico, en el cual algunas o todas las operaciones son realizadas por medio de máquinas adecuadas.-

En los moldes perdidos, la arena debe ser contenida en un recipiente adecuado que soporte la fuerza de compresión de la arena y la presión metalostática que ejerce el metal líquido en el acto de la colada. Pueden distinguirse:

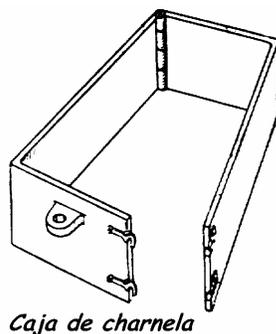
- Moldeo descubierto, cuando la reproducción o huella en la cual se verterá el metal líquido se practica en el suelo de arena de la fundición y la cara superior de la pieza queda al aire. Este sistema se aplica a piezas de poca importancia en las cuales es indiferente que la cara superior resulte irregular, por ejemplo los lingotes de fundición.-
- Moldeo en fosa, cuando la reproducción se efectúa en una cavidad o fosa en el pavimento del taller. El moldeo en fosa se completa siempre con una caja superior que cierra el molde. Es un sistema muy conveniente para fundir piezas de gran tamaño.-
- Moldeo en caja, cuando la reproducción se efectúa en la arena contenida en una caja compuesta de dos o más partes, de modo que pueda abrirse y retocarse con facilidad. Es el sistema más usado, que se adapta a cualquier clase de pieza, pero requiera cajas adecuadas.-
- Moldeo en bloque de arena, cuando la caja se emplea solo para hacer el molde y después se quita de modo que el metal líquido se vierte en el bloque de arena.-
- Moldeo con machos, cuando la reproducción se efectúa con noyos y piezas dispuestos en una caja, en una fosa o en un cajón. Es un sistema adecuado para piezas complicadas.-



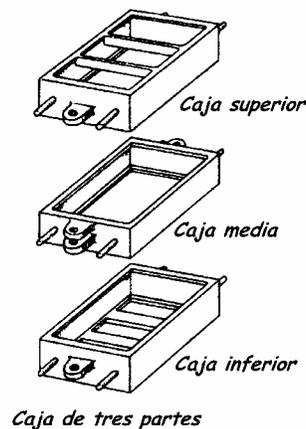
Moldeo descubierto



Moldeo en fosa

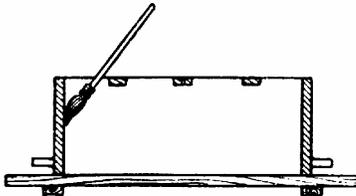


Caja de charnela

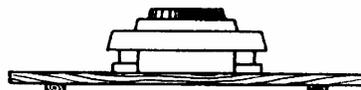


Caja de tres partes

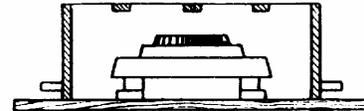
El sistema más sencillo y generalizado de moldeo a mano lo observamos en el siguiente ejemplo.-



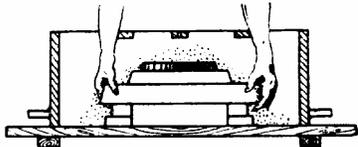
Se mojan las paredes interiores de la caja con arcilla disuelta en agua



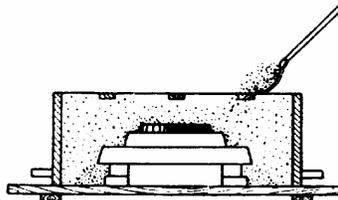
Se dispone el modelo sobre un tablero



Se coloca la caja base o inferior invertida sobre el modelo



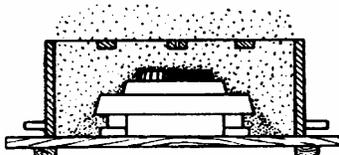
Se cubre el modelo con arena de moldeo y se comprime fuertemente con las manos



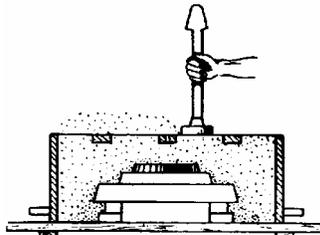
Se llena la caja con arena gruesa



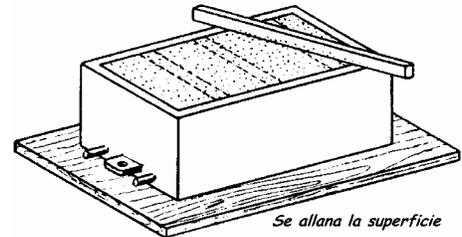
Se ataca la arena contra las paredes de la caja y en torno al modelo



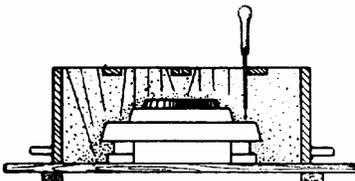
Se añade más arena gruesa hasta desbordar la caja unos centímetros



Se apisona la arena completamente



Se allana la superficie



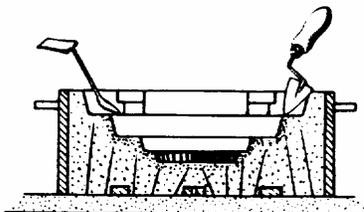
Se dan salida de gases con la aguja



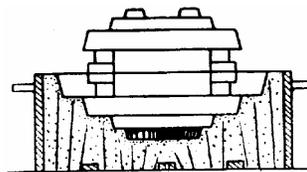
Se prepara un lecho plano de arena



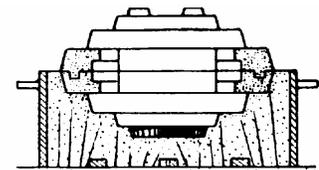
Se levanta la caja, se da vuelta y se apoya sobre el lecho de arena, adaptándola a él con movimientos en el sentido de la flechas



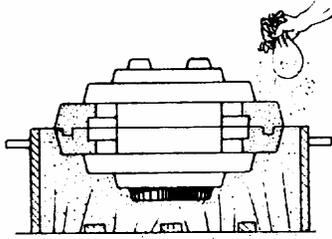
Se descubren los bordes del modelo y las contrasalidas, y se alisa el plano de separación de las piezas



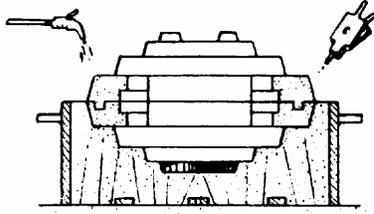
Se coloca la otra parte del modelo



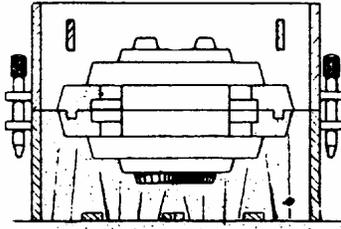
Se colocan las piezas para la contrasalida



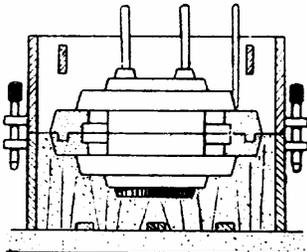
Se espolvorea con gris el plano de separación del molde



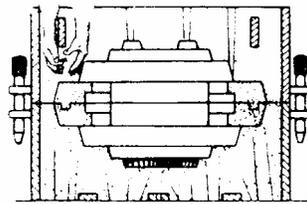
Se sopla el exceso de polvo aislante



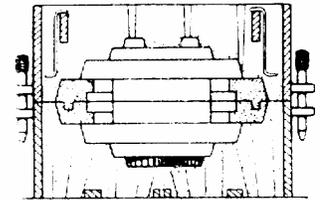
Se coloca la caja superior bien centrada mediante los pasadores



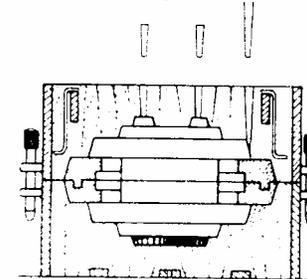
Se colocan los modelos de bebederos, cargadores, etc



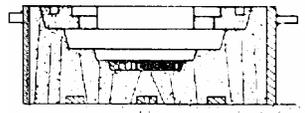
Se cubre el molde con arena fina, y se comprime con las manos



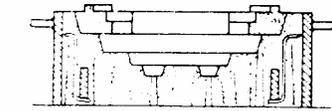
Se colocan gancho y armaduras previamente mojados en agua arcillosa



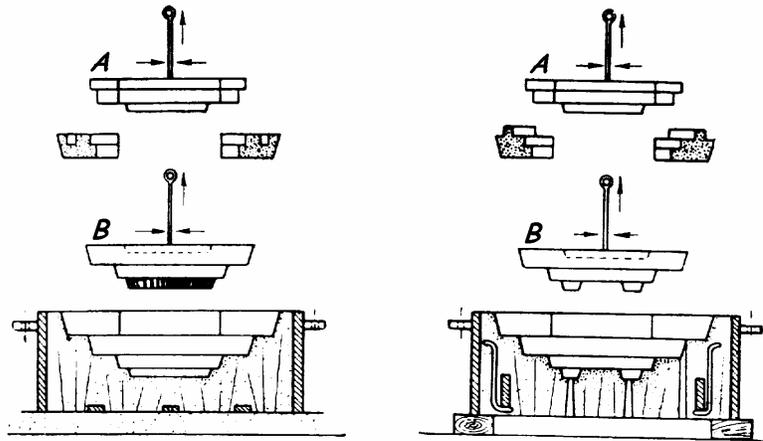
Se llena la caja con arena gruesa, se apisona, se elimina el exceso de arena, se dan gases, y se sacan los bebederos y cargadores



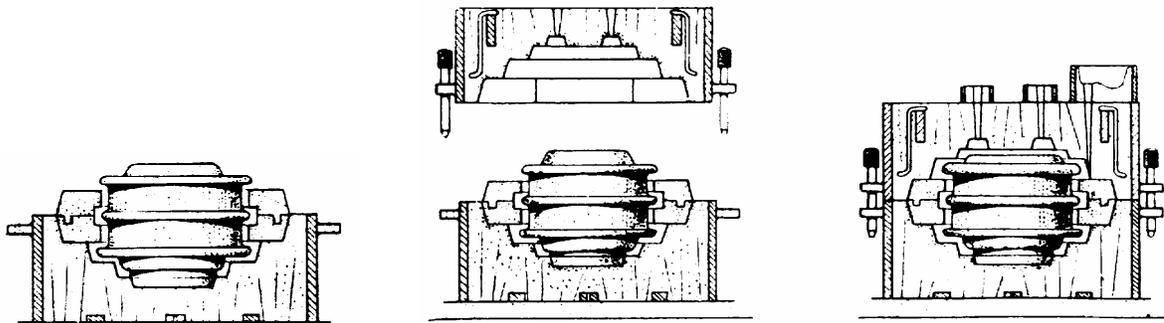
Se levanta la caja superior



Se da vuelta la caja superior y se coloca al lado de la inferior



Se sacan las partes A y B del modelo y se extraen las contrasalidas. Se repasa las paredes del molde, y se barniza mediante soplete la forma con negro de estufa



Se coloca el noyo, y se procura la junta de las dos cajas

Se cierra el molde introduciendo lentamente la caja superior, y se realzan los bebederos y cargadores

Se asegura la unión de las cajas mediante grampas o bulones, y se cargan con pesos para contrarrestar la presión metalostática. Luego se realiza la colada.-

Fusión del Metal

La fusión del metal consiste en hacer pasar los metales y sus aleaciones del estado sólido al estado líquido, generando determinada cantidad de calor, bien definida y característica para cada metal o aleación.-

Como se comprende fácilmente, después que se ha alcanzado la temperatura o punto de fusión es necesario generar más calor para poder transformar el metal o la aleación de sólido a líquido. Durante es período, la temperatura no aumenta, y la cantidad de calor generada se llama calor latente de fusión.-

Si, cuando toda la masa es líquida, se continúa generando calor, la temperatura vuelve a aumentar y el metal se recalienta.-

El objeto de los hornos de fundición es el de proporcionar al metal el calor necesario para fundirlo y recalentarlo hasta el punto de que adquiera la fluidez necesaria para adoptar la forma del molde.-

Los hornos se pueden dividir en tres clases:

- *Hornos de combustible, que se subdividen en dos categorías; hornos en los cuales el metal y el combustible están separados, y hornos en los cuales el metal y el combustible están en contacto.-*
- *Convertidores, estos utilizan como fuente de calor la combustión de alguno de los elementos de la aleación.-*
- *Hornos eléctricos, que a su vez, se subdividen en tres categorías; hornos eléctricos de arco, hornos eléctricos de resistencia, y hornos eléctricos de inducción.-*

Los hornos hasta aquí nombrados sirven para fundir los metales y las aleaciones para fundición, o sea para hacerlos pasar por medio de calor del estado sólido al líquido, a fin de hacer posible la colada.-

Colada

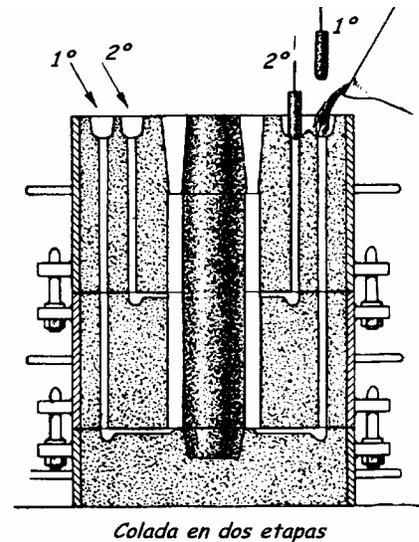
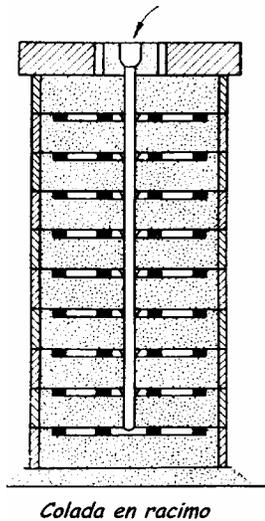
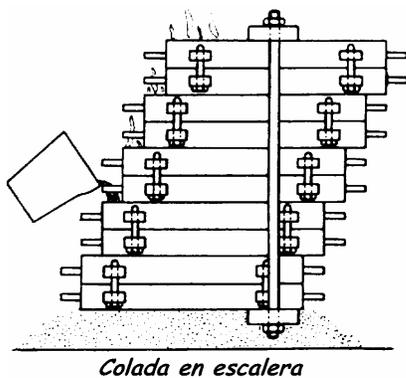
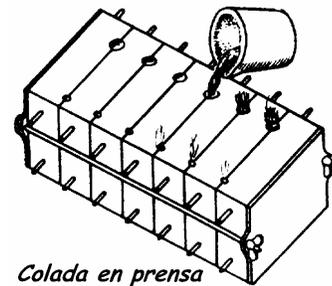
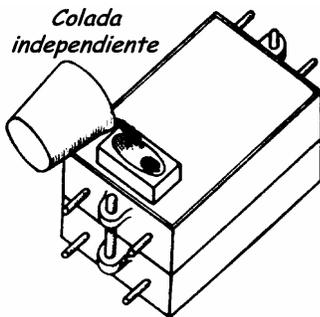
Una vez realizadas todas las operaciones de acabado y cerrado del molde, se procede a la colada. La colada puede ser hecha:

- A través de un bebedero en las cajas pequeñas
- A través de dos o más bebederos en las piezas grandes, y también las medianas, si son de forma compleja y delgadas

De ordinario, la caja está apoyada sobre el suelo o sobre un transportador, por consiguiente en posición horizontal; otras veces la caja es moldeada horizontalmente, pero antes de la colada se dispone con una ligera inclinación de modo que los gases y las impurezas sean obligados a salir a través de los cargadores, que, naturalmente deben ser aplicados en la parte de la pieza que resulte más alta; la caja moldeada horizontalmente puede ser también ser girada 90° y colada verticalmente.-

En el molde mecánico, y también en el molde a mano, se puede colar independientemente cada forma o caja, o bien agruparlas convenientemente para ahorrar tiempo, o espacio, o cajas; se tiene así:

- Colada independiente
- Colada en prensa
- Colada en escalera
- Colada en racimo



Solidificación y Enfriamiento

Después de fundidas, las piezas se dejan solidificar y enfriar, luego se les da un acabado para hacerlas comerciales y adaptables a las eventuales sucesivas operaciones.-

La duración del enfriamiento depende, sea de la naturaleza del molde, sea de las dimensiones y de los espesores de las piezas.-

El moldeo en coquilla acelera el enfriamiento porque, siendo ésta buena conductora, sustrae rápidamente calor a la pieza, por esto las pequeñas piezas, de aleaciones de aluminio, o de cobre, o de zinc, fundidas en coquilla se desmoldan en poco instantes. Las grandes piezas de fundición fundidas en coquilla requieren naturalmente duraciones de enfriamiento proporcionales a su peso.-

En los moldes de arena, por el contrario, malos conductores del calor, las piezas deben permanecer más largo tiempo en el molde.-

Las piezas pequeñas y delgadas, el enfriamiento puede ser acelerado haciendo pasar el molde después de la colada a través de galerías de enfriamiento; en los talleres de fundición de piezas medianas, los moldes colados son de ordinario dejados en reposo hasta el día siguiente, es decir 15 a 30 horas; las piezas grandes y macizas requieren también tiempos parecidos para solidificarse y enfriarse.-

Desmolde

Cuando se determina que puede ser manejada la pieza, se procede al desmolde, que consiste en abrir el molde y quitar las piezas.-

Si el molde es de coquilla, actuando sobre palancas adecuadas, a mano o mecánicamente, la coquilla se abre y la pieza puede ser extraída.-

Si el molde es en cajas, es preciso antes que nada librar a éstas de los pesos con los cuales han sido cargadas, y aflojar los tirantes y tornillos que las unen; luego, abiertas las cajas a mano o con la grúa, se extraen las piezas desprendidas de la arena.-

Enseguida después del desmolde, se separan de las piezas los bebederos y cargadores. En las piezas de fundición pequeñas o medianas, basta un golpe de martillo o de maza; en las piezas grandes es preciso emplear el cincel. En las aleaciones de latón o bronce se pueden usar tenazas, sierras de cintas, o tijeras de mano. Las piezas de acero requieren las sierras o soplete oxiacetilénico.-

Limpieza y Acabado

Libres de estas partes ahora inútiles, las piezas pueden ser acabadas, es decir, limpiadas a mano con el cepillo, con chorro de arena, y luego rebarbadas.-

En los talleres las piezas son llevadas a una sección, generalmente con aspiración de aire, donde están las herramientas y maquinaria para el acabado.-

Si los objetos son pequeños y macizos se introducen en tambores, juntos con estrellas de puntas de fundición dura; después de unos minutos de rotación se paran las cubas y se descargan las piezas, ya completamente limpias.-

A las piezas medias y grandes, es preciso quitarles la arena de los hoyos. Esto se hace a mano con cinceles, o puntas, o barras vibratorias.-

Si la pieza es grande y pesada se deposita en el suelo o en un banco de parrilla, a ser posible con aspiración del polvo por debajo; aquí frecuentemente la pieza es cepillada con cepillos metálicos.-

Libre de la arena de moldeo, la pieza normalmente es sometida al chorro de arena. Existen para ello máquinas arenadoras, provista de un vidrio para la visibilidad. El operario, a través de dos aberturas introduce las manos protegidas por guantes de tela y caucho, y trabaja la pieza con el chorro de arena. La caja está provista de un aspirador.-

Hay limpiadoras de chorro de arena de cámara, destinada particularmente a las piezas medianas y grandes.-