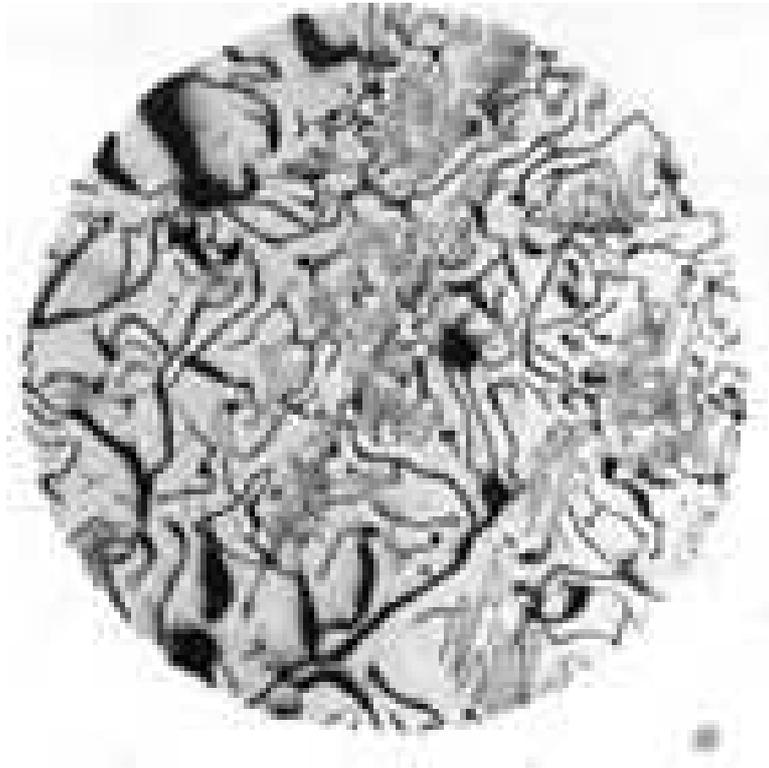


FUNDICIONES



**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
MECANICA F.I.U.B.A.**

ING. GUILLERMO CASTRO

FEBRERO 2009

FUNDICIONES DE HIERRO

Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste.

Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como autolubricantes.
- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

De acuerdo con la apariencia de su fractura, las fundiciones pueden ser grises, blancas, atruchadas, aunque también existen las fundiciones maleables, nodulares y especiales o aleadas.

MICROCONSTITUYENTES DE LAS FUNDICIONES

Las fundiciones de hierro pueden presentar los mismos constituyentes de los aceros, más el eutéctico ledeburita compuesto de austenita y cementita, el eutéctico ternario de cementita, ferrita y fosforo de hierro (esteadita) y el carbono en forma de láminas, nódulos o esferitas de grafito, su microestructura se basa en el diagrama hierro carbono estable.

Ledeburita: Es el constituyente eutéctico que se forma al enfriar la fundición líquida de 4.3% C desde 1145°C. Está formada por 52% de cementita y 48% de austenita de 2% C. La ledeburita no existe a temperatura ambiente en las fundiciones ordinarias debido a que en el enfriamiento se transforma en cementita y perlita; sin embargo en las fundiciones se pueden conocer la zonas donde existió la ledeburita por el aspecto eutéctico con que quedan las agrupaciones de perlita y cementita.

Esteadita: Es un constituyente de naturaleza eutéctica duro, frágil (300 a 350 Vickers) y de bajo punto de fusión (960°C), que aparece en las fundiciones de alto contenido en fósforo (más de 0.15 % P)

Propiedades

Es muy frágil, dureza baja de unos 80 a 100 HB, resistente al choque térmico, a la corrosión, absorbe las vibraciones, bajo costo y poco soldable comparado con el acero.

Aspecto

La superficie exterior en la fundición es de color gris oscuro, mientras que la fractura es oscura (fundición negra) o gris (fundición gris) o atruchada (puntos claros sobre fondo oscuro, o viceversa) o clara (fundición blanca); al aire libre, la superficie externa se cubre de herrumbre (óxido hidratado de hierro) de color rojo pardo que penetra lentamente en el interior.

Peso específico

El peso específico varía con la composición y por consiguiente con el aspecto de la fundición; se puede admitir, por término medio:

Fundición gris = 7 a 7.2

Fundición atruchada = 7.3 a 7.4

Fundición blanca = 7.4 a 7.6

Temperatura de fusión

Varía con la composición y el aspecto de la fundición. En promedio es:

Fundición negra gris 1200°C

Fundición blanca 1100°C

Fluidez

Es la propiedad del metal líquido de correr y de llenar bien los moldes: en igualdad de temperatura, la fundición fosforosa es más fluida que la fundición con poco fósforo.

Contracción

Como se ha visto, el metal, al solidificarse, sufre una contracción: en la fundición blanca la contracción es casi igual a la del acero (16 a 18 por 1000). En las fundiciones grises, en las cuales en el momento de la solidificación se segregan las laminillas de grafito (de peso específico - 2) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor (10 por 1000); la contracción varia también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde.

Resistencia a la tracción

La fundición gris tiene una carga de rotura a la tracción que, de cerca de 15 Kg/mm², llega a los 30 , 40 y 45 Kg/ mm². Las fundiciones aleadas y las esferidales sobrepasan este límite llegando a cargas que se pueden comparar a las de los aceros de calidad (70 y hasta 80 Kg/ mm².) en las fundiciones maleables las cargas de rotura son de por lo menos 32 Kg/ mm², generalmente en torno a 40 Kg/ mm².

La resistencia a la comprensión es mayor, y para las fundiciones grises normales resulta cerca de tres veces la de la tracción: por eso, como vemos, es aconsejable someter las piezas de fundición a esfuerzos de comprensión, más bien que a los de tracción.

Resistencia a la flexión

Puesto que en la flexión las fibras del elemento quedan tensas en la parte convexa, y comprimidas en la cóncava, la resistencia a la flexión varia según la orientacion de la sección.

Resistencia al choque

El choque y la resiliencia son sollicitaciones dinámicas, y en su confrontación la fundición se comporta de un modo particular. Las fundiciones grises, resisten no muy bien los choque y son frágiles porque no sufren deformaciones plásticas. Las fundiciones maleables, por el contrario, y las de grafito nodular (fundiciones dúctiles) resisten bien; no obstante, si los choques está

contenidos en el límite de seguridad; las fundiciones grises tienen un óptimo comportamiento, por su propiedad característica de amortiguar las vibraciones, por esto (además de por razones económicas) se ha llegado a sustituir los cigüeñales de acero tratado para compresores y para motores de combustión interna, por árboles colados con fundición gris, obteniéndose un funcionamiento más regular más suave y menos ruidoso.

Dureza

La dureza de la función es relativamente elevada. La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell, se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado, que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta, la Viruta es siempre escamosa, excepto en las fundiciones maleables y en las de grafito nodular. Las fundiciones blancas tienen una dureza superior a 350 a 400 Brinell. Hasta cerca de 550 Brinell se pueden mecanizar con herramientas de carburo; más allá, requieren la muela de esmeril

Resistencia química

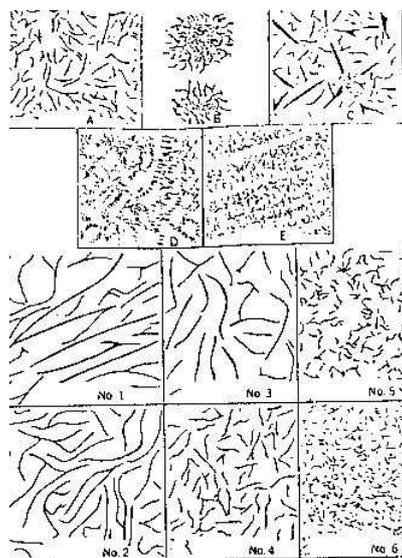
La fundición tiene una discreta resistencia química, es decir, a los ácidos, a los álcalis, a las oxidaciones y al fuego. Por esto se hacen elementos para máquinas e instalaciones químicas y elementos para máquinas e instalaciones térmicas (parrillas, por ejemplo, calderas, etc).

Otras propiedades

La fundición no es dúctil, no es maleable (en el verdadero sentido de la palabra); se puede soldar al latón; en la soldadura oxiacetilénica y en la eléctrica de arco, el metal de aporte (acero o fundición) adquiere una elevada dureza y sólo con alguna dificultad puede ser trabajado. La fundición puede recibir baños galvánicos (ser niquelada, por ejemplo), ser galvanizada en caliente, estañada y esmaltada al fuego (piezas de uso doméstico y par la industria química)

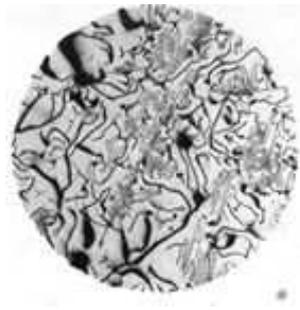
FUNDICION GRIS

La mayor parte del contenido de carbono en el hierro gris se da en forma de escamas o láminas de grafito, las cuales dan al hierro su color y sus propiedades deseables.



Clasificación de las láminas de grafito según la forma, tamaño y distribución

El hierro gris es fácil de maquinar, tiene alta capacidad de templado y buena fluidez para el colado, pero es quebradizo y de baja resistencia a la tracción.



Microestructura del hierro gris (ferrita y perlita)

El hierro gris se utiliza bastante en aplicaciones como bases o pedestales para máquinas, herramientas, bastidores para maquinaria pesada, y bloques de cilindros para motores de vehículos, discos de frenos, herramientas agrícolas entre otras.

Clase	Resistencia a la tracción-(psi)	Dureza Brinell	Estructura
20	24000	130-180	F,P
30	34000	170-210	F,P,G
40	44000	210-260	P,G
50	54000	240-280	P,G
60	64000	260-300	B,G

Clasificación de las fundiciones grises según la norma ASTM A48-41.

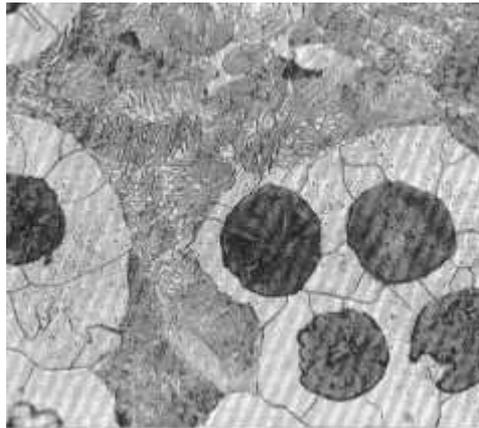
F: ferrita; P: perlita; G: grafito; B: bainita

FUNDICION NODULAR

La fundición nodular, dúctil o esferoidal se produce en hornos cubilotes, con la fusión de arrabio y chatarra mezclados con coque y piedra caliza. La mayor parte del contenido de carbono en el hierro nodular, tiene forma de esferoides. Para producir la estructura nodular el hierro fundido que sale del horno se inocula con una pequeña cantidad de materiales como magnesio, cerio, o ambos. Esta microestructura produce propiedades deseables como alta ductilidad, resistencia, buen maquinado, buena fluidez para la colada, buena endurecibilidad y tenacidad. No puede ser tan dura como la fundición blanca, salvo que la sometan a un tratamiento térmico, superficial, especial.

Este tipo de fundición se caracteriza por que en ella el grafito aparece en forma de esferas minúsculas y así la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar, esto da lugar a una resistencia a la tracción y tenacidad mayores que en la fundición gris ordinaria. La fundición nodular se diferencia de la fundición maleable en que normalmente se obtiene directamente en bruto de colada sin necesidad de tratamiento térmico posterior.

El contenido total de carbono de la fundición nodular es igual al de la fundición gris. Las partículas esferoidales de grafito se forman durante la solidificación debido a la presencia de pequeñas cantidades de magnesio o cerio, las cuales se adicionan al caldero antes de colar el metal a los moldes, la cantidad de ferrita presente en la matriz depende de la composición y de la velocidad de enfriamiento.



Microestructura de la fundición nodular ferrítico perlítica

Las fundiciones nodulares perlíticas presentan mayor resistencia pero menor ductilidad y maquinabilidad que las fundiciones nodulares ferríticas.

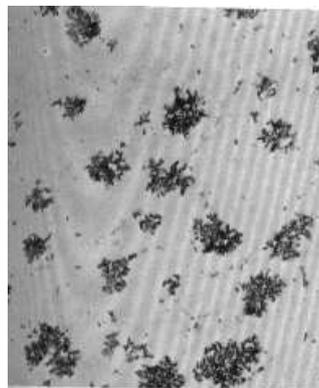
Clase	Resistencia (psix1000)	Límite de fluencia	Dureza Brinell	Alargamiento (%)
60-40-18	42000	28000	149-187	18
65-45-12	45000	32000	170-207	12
80-55-06	56000	38000	187-255	6
100-70-03	70000	47000	217-267	3
120-70-02	84000	63000	240-300	2

Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536.

Cada día se están sustituyendo muchos elementos de máquinas que tradicionalmente eran de fundición gris o acero por fundición nodular.

FUNDICION MALEABLE

Los hierros maleables son tipos especiales de hierros producidos por el tratamiento térmico de la fundición blanca. Estas fundiciones se someten a rígidos controles y dan por resultado una microestructura en la cual la mayoría del carbono está en la forma combinada de cementita, debido a su estructura la fundición blanca es dura, quebradiza y muy difícil de maquinar.

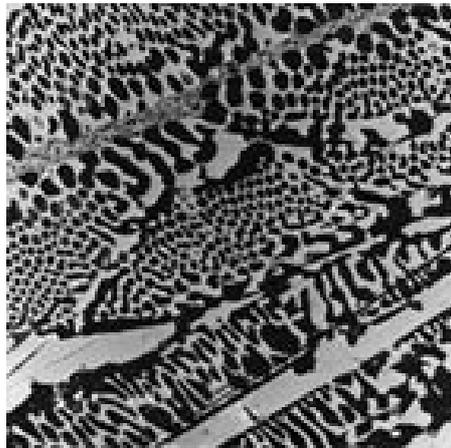


Microestructua de la fundición maleable ferrítica

La fundición blanca se produce en el horno de cubilote, su composición y rapidez de solidificación separa coladas que se transformarán con tratamiento térmico en hierro maleable. La fundición blanca también se utiliza en aplicaciones donde se necesita buena resistencia al desgaste tal como en las trituradoras y en los molinos de rodillos.

FUNDICION BLANCA

Se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, siguiendo el diagrama hierro-cementita metaestable ; durante el enfriamiento, la austenita solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. A los 1130°C el líquido alcanza la composición eutéctica (4.3%C) y se solidifica como un eutéctico de austenita y cementita llamado ledeburita. Este eutéctico aparece en su mayor parte como cementita blanca que rodea las dendritas de forma de helecho.



Microestructura de la fundición blanca

Al enfriarse las fundiciones desde 1130°C hasta 723 °C el contenido de carbono de la austenita varía de 2 a 0.8%C al precipitarse cementita secundaria que se forma sobre las partículas de cementita ya presentes, a los 723°C la austenita se transforma en perlita, el eutectoide de los aceros.

La fundición blanca se utiliza en cuerpos molidores por su gran resistencia al desgaste, el enfriamiento rápido evita la grafitización de la cementita pero si se calienta de nuevo la pieza colada a una temperatura de 870°C el grafito se forma lentamente adoptando una forma característica conocida como carbono de revenido, resultando la fundición maleable. La matriz de la fundición puede ser ferrítica o perlítica si la aleación se enfría más rápidamente a partir de los 723°C al final del tratamiento de maleabilización. Las fundiciones maleables se utilizan en la fabricación de partes de maquinaria agrícola, industrial y de transporte.

FUNDICION ATRUCHADA

Se caracteriza por tener una matriz de fundición blanca combinada parcialmente con fundición gris. El carbono se encuentra libre y combinado, siendo difícilmente maquinable.

FUNDICION ALEADA

Las fundiciones aleadas son aquellas que contienen Ni, Cr, Mo, Cu, etc., en porcentajes suficientes para mejorar las propiedades mecánicas de las fundiciones ordinarias o para comunicarles alguna otra propiedad especial, como alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la corrosión, a1 calor etc.

EFFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LAS FUNDICIONES

Los elementos de aleación modifican la microestructura de las fundiciones y con ello su dureza y resistencia, estando en ocasiones estos cambios influenciados, además, por una variación de la templabilidad.

Los elementos de aleación modifican también como en los aceros, la situación de los puntos críticos y además ejercen una acción muy importante y compleja de la grafitización.

En la tabla I se señala la influencia que los diversos elementos aleados ejercen sobre la formación del grafito y de los carburos y sobre las características de la matriz, y en la tabla II se señala la influencia que tienen sobre los puntos críticos.

Ciertos elementos como el Silicio, aluminio, níquel y cobre, que se disuelven en la ferrita, la endurecen y la hacen aumentar su resistencia, Son elementos que favorecen la grafitización.

Otros elementos como el cromo, manganeso, y molibdeno son formadores de carburos, son elementos que tienden a formar fundición blanca en vez de gris y dificultan la grafitización.

Elemento.	Grafitización y coeficientes de grafitización.	Efecto sobre los carburos a alta temperatura.	Efecto en la estructura del grafito.	Efecto en el carbono combinado de la perlita.	Efecto que produce en la matriz.
Carbono.	Favorece	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Silicio.	Favorece +1	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Aluminio.	Favorece +0,5	Decrece estabilidad	Engruesa	Decrece fuertemente	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Titanio.	Favorece +0,4	Decrece estabilidad	Afina fuertemente	Decrece	Ablanda y favorece la formación de ferrita
Níquel.	Favorece +0,35	Decrece ligeramente estabilidad	Afina ligeramente	Decrece y estabiliza la perlita	Afina la perlita y da dureza
Cobre.	Favorece +0,20	Indiferente	Indiferente	Decrece ligeramente	Da dureza
Manganeso.	Se opone -0,25	Estabiliza	Afina ligeramente	Aumenta	Afina la perlita y da dureza
Molibdeno.	Se opone -0,30	Indiferente	Afina fuertemente	Aumenta ligeramente	Afina la perlita y da resistencia
Cromo.	Se opone -1	Estabiliza fuertemente	Afina ligeramente	Aumenta	Afina la perlita y da dureza
Vanadio.	Se opone -2,5	Estabiliza fuertemente	Afina	Aumenta	Afina la perlita y da dureza

TABLA I

Modificación Que se produce.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.	Al.	Mo.
Desplazamiento del punto eutéctico	Hacia la izquierda	Hacia la derecha	Hacia la izquierda	Hacia la izquierda		
Desplazamiento de la temperatura eutectoide	Hacia arriba	Hacia abajo	Hacia abajo	Hacia abajo	Hacia arriba	
Templabilidad		Aumenta		Aumenta	Reduce	Aumenta
Desplazamiento del punto eutectoide	Hacia la izquierda					

TABLA II

CLASIFICACION DE LAS FUNDICIONES ALEADAS

De una forma general, se pueden clasificar las fundiciones aleadas en dos grupos:

1. Fundiciones de baja y media aleación, que se caracterizan por tener pequeñas cantidades de Ni, Cr, Mo, y Cu, generalmente en porcentajes inferiores a 5%. En general, son fundiciones de alta resistencia a la tracción, de 25 a 50kg/mm², muy superior a la de las fundiciones ordinarias. Suelen ser de estructura perlítica, sorbítica, bainítica y martensítica. También pertenecen a este grupo de fundiciones de baja aleación las fundiciones con 1 a 2% de cromo resistente al calor y las fundiciones martensíticas muy resistentes al desgaste.

2. En esta familia, se suelen agrupar las fundiciones muy resistentes al desgaste, al calor y a la corrosión y cuya micro estructura suele ser austenítica o ferrítica.

FUNDICIONES DE BAJA Y MEDIA ALEACION

Estas fundiciones suelen contener cantidades de níquel, cromo, molibdeno y cobre en porcentajes generalmente inferiores al 1.5%. En estas fundiciones de gran resistencia, es frecuente que los elementos aleados estén en la proporción de una parte de cromo y dos o tres partes de níquel. El cobre y el molibdeno, en general, suelen encontrarse en cantidades relativamente pequeñas, empleándose estos elementos unas veces solos y otras con níquel o cromo, o con ambos a la vez. En ocasiones mucho menos frecuentes, estas fundiciones contienen también pequeñas cantidades de titanio y vanadio, que son añadidos principalmente para conseguir disminuir el tamaño de las láminas de grafito o para afinar la matriz, y para mejorar también la resistencia al desgaste.

FUNDICIONES DE ALTA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

En este grupo se incluyen una gran variedad de fundiciones de composiciones muy diversas y resistencia a la tracción, variables de 25 a 50 kg/mm². A este grupo pertenecen ciertas fundiciones al níquel, fundiciones al cromo, al cromo-níquel, al cobre etc.

En estas fundiciones, una de las ventajas más importantes del empleo de los elementos de aleación, es que con ellos se evita la formación de grandes laminas de grafito y se aumenta la resistencia de la matriz.

También es importante señalar que la presencia de esos elementos reducen la susceptibilidad de las fundiciones a las variaciones de sección. Es decir, se consiguen que las propiedades sean

más constantes en piezas de diferentes espesores. Además, la matriz de las fundiciones aleadas tienen más resistencia y dureza que la matriz de las fundiciones ordinarias.

Como es tan grande el número de fundiciones que pertenecen a este grupo y tan numerosas y particulares sus aplicaciones, es difícil señalar las características propias de cada composición. En algunos aspectos puede decirse que en ellas la influencia de los elementos de aleación es la misma que en la de los aceros.

FUNDICIONES MARTENSÍTICAS RESISTENTES AL DESGASTE

Para la fabricación de piezas que deban tener gran resistencia al desgaste, o que exijan muy altas durezas o deban sufrir grandes presiones, se emplean fundiciones martensíticas al níquel y al manganeso. Las fundiciones martensíticas más utilizadas son las blancas. Sin embargo, también se fabricaban fundiciones martensíticas que son de usos mas restringidos.

Fundiciones martensíticas blancas al níquel

Estas fundiciones suelen contener 4.5% de níquel, 2% de cromo, y bajo silicio, 0.50%, alcanzándose con ellas durezas variables de 500 a 700 Brinell. En América estas fundiciones martensíticas al níquel que son fundiciones blancas son conocidas con la denominación Ni-hard.

Fundiciones martensíticas grises

Estas fundiciones un bruto de colada estructura martensítica por simple enfriamiento en arena. Suelen conocerse a veces con la denominación de fundiciones autotemplables por la elevada dureza 400 a 45° Brinell que adquieren directamente de la colada sin ningún tratamiento. No pueden ser mecanizadas con herramientas ordinarias.

FUNDICIONES RESISTENTES AL CALOR CON 1% DE CROMO

Una de las dificultades del empleo de las fundiciones ordinarias para ciertos usos es el hinchamiento que experimentan cuando sufren calentamiento a temperaturas superiores a 4500 .Para muy elevadas temperaturas de servicio y en ocasiones en que no importa mucho el precio, se emplean fundiciones austeníticas con 15 o 20% de níquel. Pero cuando el calentamiento del material no pasa de los 700 °C y no se pueden emplear materiales caros, se pueden usar las fundiciones aleadas con pequeños porcentajes de cromo y bajo contenido en silicio, con las que se obtienen muy buenos resultados.

Se pueden usar de 0.6 a 1.25% de cromo que actúa como elemento estabilizador de carburos y contenidos bajos en silicio de 1.5 a 2% para limitar la grafitización, que es una de las causas del hinchamiento.

FUNDICIONES DE ALTA DUREZA CON 1 A 3% DE CROMO

Empleando contenidos de cromo variables de 1 a 2% se obtienen fundiciones blancas de dureza muy elevada. Estas fundiciones se emplean bastante poco, casi exclusivamente en casos en que interesa gran resistencia al desgaste y a la abrasión, y no importa mucho la tenacidad del material. Para la fabricación de placas de blindaje, piezas de rozamiento, zapatas de freno, guías de rodadura, son muy empleadas fundiciones blancas de 2 a 3% de cromo, con durezas variables 400 a 450 Brinell.

FUNDICIONES ALEADAS AL CROMO

Las fundiciones con alto porcentaje de cromo se pueden clasificar en dos familias:

1. Fundiciones con 6 a 25% de cromo, que son fundiciones blancas de muy elevada dureza: 400 a 550 Brinell.
2. Fundiciones de 33% de cromo, que son de estructura ferrítica.

Las primeras son de gran resistencia al desgaste y buena resistencia al calor, y las segundas tienen muy buena resistencia a la oxidación a temperaturas muy elevadas.

La influencia que ejercen diversos contenidos de cromo, así como las microestructuras y características que se obtienen en cada caso, se verán a continuación.

El cromo en porcentajes de 0.10 a 0.20% afina la perlita y el grafito de las fundiciones ordinarias.

Con 1% de cromo se provoca ya la aparición de carburos de gran dureza, que, además, son muy estables a altas temperaturas.

Con 2% de cromo desaparece el grafito. La fundición gris se convierte en blanca y la proporción de carburos de cromo aumenta.

Con 6% la matriz es perlítica y la cantidad de carburos que aparecen en la micro estructura es ya muy importante.

A partir de 12% de cromo, los carburos se afinan y se disponen en red apareciendo austenita en la microestructura.

Cuando se llega a 30% de cromo, se observa que la matriz es ya ferrítica y que en ella hay pequeñas cantidades del eutéctico (ferrita_carburo de cromo). Estas fundiciones no tienen ya puntos de transformación en el calentamiento y en su estructura aparecen carburos de cromo fino incrustados en la matriz.

Las fundiciones de muy alto porcentaje de cromo pueden resistir bien a la oxidación y a la corrosión. Se consigue buena resistencia a la oxidación cuando el contenido en cromo es por lo menos igual a 10 veces el del carbono, además resistirán también a la corrosión cuando el cromo es más de 15 veces el carbono.

FUNDICIONES ALEADAS CON ALUMINIO

Recientemente se han comenzado a fabricar y emplear ciertas fundiciones con aluminio. Sin embargo, en la actualidad todavía su empleo es muy limitado, porque su fabricación es muy difícil. La adición de cantidades de aluminio superiores al 6.5% hace desaparecer el grafito en las fundiciones y hace que aparezca la matriz formada por ferrita y carburos complejos. Esta estructura ferrítica como la de las fundiciones al silicio es muy inoxidable y refractaria al calor.

Las dos clases más importantes son:

1. Las fundiciones con 7% de aluminio que tienen buena resistencia al fuego y pueden utilizarse hasta 950 °C Se mecanizan bastante bien. Su resistencia a la tracción es de unos 18 kg/mm² y su dureza de 300 Brinell.

2. Las fundiciones con más de 8% de aluminio que tienen muy buena resistencia a la oxidación y pueden ser utilizadas a más altas temperaturas, hasta unos 1000 °C. Son difíciles de mecanizar salvo a la muela. Su resistencia a la tracción es de unos 13 kg/mm² y su dureza suele variar de 250 a 500 Brinell.

FUNDICION

Proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de **fundición** es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición es un antiguo arte que todavía se emplea en la actualidad, aunque ha sido sustituido en cierta medida por otros métodos como el fundido a presión (método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a presión en un molde o troquel de acero), la forja (proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados usando impacto o presión para formar la parte), la extrusión (es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal), el mecanizado y el laminado (es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos).

Procesos de Fundición

La realización de este proceso empieza lógicamente con el molde. La cavidad de este debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, esto permitirá la contracción del metal durante la solidificación y enfriamiento. Cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por lo tanto si la presión dimensional es crítica la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal. Los procesos de fundición se clasifican de acuerdo a los diferentes tipos de moldes.

Proceso

Se calienta primero el metal a una temperatura lo suficientemente alta para transformarlo completamente al estado líquido, después se vierte directamente en la cavidad del molde. En un molde abierto el metal líquido se vacía simplemente hasta llenar la cavidad abierta. En un molde cerrado existe una vía de paso llamada sistema de vaciado que permite el flujo del metal fundido desde afuera del molde hasta la cavidad, este es el más importante en operaciones de fundición.

Cuando el material fundido en el molde empieza a enfriarse hasta la temperatura suficiente para el punto de congelación de un metal puro, empieza la solidificación que involucra un cambio de fase del metal. Se requiere tiempo para completar este cambio de fase porque es necesario disipar una considerable cantidad de calor. El metal adopta la forma de cavidad del molde y se establecen muchas de las propiedades y características de la fundición. Al enfriarse la fundición se remueve del molde; para ello pueden necesitarse procesamientos posteriores dependiendo del método de fundición y del metal que se usa. Entre ellos tenemos:

- El desbaste del metal excedente de la fundición.
- La limpieza de la superficie.
- Tratamiento térmico para mejorar sus propiedades.

- Pueden requerir maquinado para lograr tolerancias estrechas en ciertas partes de la pieza y para remover la superficie fundida y la microestructura metalúrgica asociada.

CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN

Según el tipo de modelo

Modelos removibles

En un procedimiento simple para moldear un disco de un metal fundido para hacer un engrane, el molde para este disco se hace una caja de moldeo que consta de dos partes. A la parte superior se le llama tapa, y a la parte inferior base. Las partes de la caja se mantienen en una posición definida, una con respecto a la otra por medio de unos pernos colocados en dos lados opuestos de la base que encajan en agujeros de unos ángulos sujetos a los lados de las tapas.

El primer paso en la hechura de un molde es el de colocar el modelo en el tablero de moldear, que coincide con la caja de moldeo. Enseguida se coloca la tapa sobre el tablero con los pernos dirigidos hacia abajo. Luego se criba sobre el modelo para que lo vaya cubriendo; la arena deberá compactarse con los dedos en torno al modelo, terminando de llenar completamente la tapa. Para moldes pequeños, la arena se compacta firmemente con apisonadores manuales. El apisonado mecánico se usa para moldes muy grandes y para moldeo de gran producción. El grado de apisonado necesario solo se determina por la experiencia. Si el molde no ha sido lo suficientemente apisonado, no se mantendrá en su posición al moverlo o cuando el metal fundido choque con él. Por otra parte, si el apisonado es muy duro no permitirá que escape el vapor y el gas cuando penetre el metal fundido al molde.

Después que se ha terminado de apisonar, se quita el exceso de arena arrasándola con una barra recta llamada rasera. Para asegurar el escape de gases cuando se vierta el metal, se hacen pequeños agujeros a través de la arena, que llegan hasta unos cuantos milímetros antes del modelo.

Se voltea la mitad inferior del molde, de tal manera que la tapa se puede colocar en su posición y se termina el moldeo. Antes de voltearlo se esparce un poco de arena sobre el molde y se coloca en la parte superior un tablero inferior de moldeo. Este tablero deberá moverse hacia atrás y hacia delante varias veces para asegurar un apoyo uniforme sobre el molde. Entonces la caja inferior se voltea y se retira la tabla de moldeo quedando expuesto el moldeo. La superficie de la arena es alisada con una cuchara de moldeador y se cubre con una capa fina seca de arena de separación. La arena de separación es una arena de sílice de granos finos y sin consistencia. Con ella se evita que se pegue la arena de la tapa sobre la arena de la base.

Enseguida se coloca la tapa sobre la base, los pernos mantienen la posición correcta en ambos lados. Para proporcionar un conducto por donde entra el metal al molde, se coloca un mango aguzado conocido como clavija de colada y es colocada aproximadamente a 25 mm de un lado del modelo, las operaciones de llenado, apisonado y agujerado para escape de gases, se llevan a cabo en la misma forma que la base.

Con esto, el molde ha quedado completo excepto que falta quitar el modelo y la clavija de colada. Primero se extrae esta, abocardándose el conducto por la parte superior, de manera que se tenga una gran apertura por donde verter el metal. La mitad de la caja correspondiente a la mitad superior es levantada a continuación y se coloca a un lado. Antes de que sea extraído el modelo, se humedece con un pincel la arena alrededor de los bordes del modelo, de modo que la orilla del molde se mantenga firme al extraerlo. Para aflojar el modelo, se encaja en el una alcayata y se golpea ligeramente en todas direcciones. Enseguida se puede extraer el modelo levantándolo de la alcayata.

Antes de cerrar el molde, debe cortarse un pequeño conducto conocido como alimentador, entre la caída del molde hecho por el modelo y la abertura de la colada. Este conducto se estrecha en el molde de tal forma que después que el metal ha sido vertido el mismo en el alimentador se puede romper muy cerca de la pieza.

Para prever la contracción del metal, algunas veces se hace un agujero en la tapa, el cual provee un suministro de metal caliente a medida que la pieza fundida se va enfriando, esta abertura es llamada rebosadero. La superficie del molde se debe rociar, juntar o espolvorear con un material preparado para recubrimiento, dichos recubrimientos contienen por lo general polvo de sílice y grafito. La capa de recubrimiento del molde mejora el acabado de la superficie de colado y reduce los posibles defectos en las superficies. Antes que el metal sea vaciado en el molde, deberá colocarse un peso sobre la tapa para evitar que el metal líquido salga fuera del molde en la línea de partición.

Modelos desechables

En la fabricación de moldes con modelos desechables, el modelo, que es usualmente de una pieza, es colocado en el tablero y la base de la caja se moldea en la forma convencional. Se agregan unos agujeros para ventilación y la base se voltea completamente para el moldeo de la tapa. Casi siempre la arena en verde es el material común más usado, aunque pueden usarse arenas especiales para otros propósitos, como arena de cara que se utiliza de inmediato alrededor del modelo. La arena en la línea de partición no se aplica en la tapa de la caja y la base no puede ser separada hasta que la fundición es removida. En cambio, la tapa es llenada con arena y se apisona. En cualquiera de los casos la colada es cortada en el sistema de alimentación o ambas, como usualmente sucede, esta es una parte del modelo desechable. Se hacen los agujeros para ventilación y se coloca algo de peso para oprimir la tapa. Los modelos de poliestireno, incluyen la alimentación y el sistema de colado.

La colada es vaciada rápidamente en la pieza moldeada; el poliestireno se vaporiza; y el metal llena el resto de la cavidad. Después de enfriado la fundición es eliminada del molde y limpiada.

El metal es vaciado lo suficientemente rápido para prevenir la combustión del poliestireno, con el resultado de residuos carbonosos. En cambio, los gases, debido a la vaporización del material, son manejados hacia fuera a través de la arena permeable y los agujeros de ventilación. Un recubrimiento refractario se aplica comúnmente al modelo para asegurar un mejor acabado superficial para la fundición y le agrega resistencia al modelo. Es obligatorio a veces que los pesos para oprimir los moldes sean parejos en todos los lados para combatir la alta presión relativa en el interior del molde.

Las ventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- Para una pieza no moldeada en máquina, el proceso requiere menos tiempo.
- No requieren que hagan tolerancias especiales para ayudar a extraer el modelo de la arena y se requiere menor cantidad de metal.
- El acabado es uniforme y razonablemente liso.
- No se requiere de modelos complejos de madera con partes sueltas.
- No se requiere caja de corazón y corazones.
- El modelo se simplifica grandemente.

Las desventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- El modelo es destruido en el proceso.
- Los modelos son más delicados de manejar.
- El proceso no puede ser usado con equipos de moldeo mecánico.
- No puede ser revisado oportunamente el modelo de la cavidad.

TIPOS DE FUNDICIONES

Fundición a la arena

Existen dos métodos diferentes por los cuales la fundición a la arena se puede producir. Se clasifica en función de tipo de modelo usado, ellos son: modelo removible y modelo desechables.

En el método empleando modelo removible, la arena comprimida alrededor del modelo el cual se extrae más tarde de la arena. La cavidad producida se alimenta con metal fundido para crear la fundición. Los modelos desechables son hechos de poliestireno y en vez de extraer el modelo de la arena, se vaporiza cuando el metal fundido es vaciado en el molde.

Para entender el proceso de fundición, es necesario conocer como se hace un molde y que factores son importantes para producir una buena fundición.

Los principales factores son:

- Procedimiento de moldeo
- Modelo
- Arena
- Corazones
- Equipo metálico
- Metal
- Vaciado y limpieza

Procedimiento de moldeo

Los moldes se clasifican según los materiales usados:

Moldes de arena en verde. Es el método más común que consiste en la formación del molde con arena húmeda, usada en ambos procedimientos. La llamada arena verde es simplemente arena que no se ha curado, es decir, que no se ha endurecido por horneado. El color natural de la arena va desde el blanco hasta el canela claro, pero con el uso se va ennegreciendo. La arena no tiene suficiente resistencia para conservar su forma, por ello se mezcla con un aglutinante para darle resistencia; luego se agrega un poco de agua para que se adhiera. Esta arena se

puede volver a emplear solo añadiendo una cantidad determinada de aglutinante cuando se considere necesario.

Moldes con capa seca. Dos métodos son generalmente usados en la preparación de moldes con capa seca. En uno la arena alrededor del modelo a una profundidad aproximada de 10 mm se mezcla con un compuesto de tal manera que se seca y se obtiene una superficie dura en el molde. El otro método es hacer el molde entero de arena verde y luego cubrir su superficie con un rociador de tal manera que se endurezca la arena cuando el calor es aplicado. Los rociadores usados para este propósito contienen aceite de linaza, agua de melaza, almidón gelatinizado y soluciones líquidas similares. En ambos métodos el molde debe secarse de dos maneras: por aire o por una antorcha para endurecer la superficie y eliminar el exceso de humedad.

Moldes con arena seca. Estos moldes son hechos enteramente de arena común de moldeo mezclada con un material aditivo similar al que se emplea en el método anterior. Los moldes deben ser cocados totalmente antes de usarse, siendo las cajas de metal. Los moldes de arena seca mantienen esta forma cuando son vaciados y están libres de turbulencias de gas debidas a la humedad.

Moldes de arcilla. Los moldes de arcilla se usan para trabajos grandes. Primero se construye el molde con ladrillo o grandes partes de hierro. Luego, todas estas partes se emplastecen con una capa de mortero de arcilla, la forma del molde se empieza a obtener con una terraja o esqueleto del modelo. Luego se permite que el molde se seque completamente de tal manera que pueda resistir la presión completa del metal vaciado. Estos moldes requieren de mucho tiempo para hacerse y su uso no es muy extenso.

Moldes furánicos. El proceso es bueno para la fabricación de moldes usando modelos y corazones desechables. La arena seca de grano agudo se mezcla con ácido fosfórico el cual actúa como un acelerador. La resina furánica es agregada y se mezcla de forma continua el tiempo suficiente para distribuir la resina. El material de arena empieza a endurecerse casi de inmediato al aire, pero el tiempo demora lo suficiente para permitir el moldeo. El material usualmente se endurece de una a dos horas, tiempo suficiente para permitir alojar los corazones y que puedan ser removidos en el molde. En uso con modelos desechables la arena de resina furánica puede ser empleada como una pared o cáscara alrededor del modelo que estará soportado con arena de grano agudo o en verde o puede ser usada como el material completo del molde.

Moldes de CO₂. En este proceso la arena limpia se mezcla con silicato de sodio y es apisonada alrededor del modelo. Cuando el gas de CO₂ es alimentado a presión en el molde, la arena mezclada se endurece. Piezas de fundición lisas y de forma intrincada se pueden obtener por este método, aunque el proceso fue desarrollado originalmente para la fabricación de corazones.

Moldes de metal. Los moldes de metal se usan principalmente en fundición en matriz de aleaciones de bajo punto de fusión. Las piezas de fundición se obtienen de formas exactas con una superficie fina, esto elimina mucho trabajo de maquinado.

Moldes especiales. Plástico, cemento, papel, yeso, madera y hule todos estos son materiales usados en moldes para aplicaciones particulares.

El molde debe poseer las siguientes características:

- Debe ser lo suficientemente fuerte para sostener el peso del metal.
- Debe resistir la acción de la erosión del metal que fluye con rapidez durante la colada.

- Debe generar una cantidad mínima de gas cuando se llena con el metal fundido. Los gases contaminan el metal y pueden alterar el molde.
- Debe construirse de modo que cualquier gas que se forme pueda pasar a través del cuerpo del molde mismo, más bien que penetrar el metal.
- Debe ser suficientemente refractario para soportar la alta temperatura del metal y poderse desprender con limpieza del colado después del enfriamiento.
- El corazón debe ceder lo suficiente para permitir la contracción del colado después de la solidificación.

Maquinas para moldeo

Estas máquinas ofrecen velocidades más altas de producción y mejor calidad de los colados además de mano de obra ligera y costos más bajos.

Máquinas de moldeo por sacudida y compresión: consta básicamente de una mesa accionada por dos pistones en cilindros de aire, uno dentro del otro. El molde en la mesa se sacude por la acción del pistón inferior que eleva la mesa en forma repetida y la deja caer bruscamente en un colchón de rebote. Las sacudidas empaquetan la arena en las partes inferiores de la caja de moldeo pero no en la parte superior. El cilindro más grande empuja hacia arriba la mesa para comprimir la arena en el molde contra el cabezal de compresión en la parte superior. La opresión comprime las capas superiores de la arena en el molde pero algunas veces no penetra en forma efectiva todas las áreas del modelo.

Maquinas de sacudida y vuelco con retiro del modelo: en esta máquina una caja de modelo se coloca sobre un modelo en una mesa, se llena con arena y se sacude. El exceso de arena se enrasa y se engrapa un tablero inferior a la caja de moldeo. La máquina eleva el molde y lo desliza en una mesa o transportador. La caja se libera de la máquina, el modelo se vibra, se saca del molde y se regresa a la posición de carga. Máquinas similares comprimen y también sacuden.

Máquina lanzadora de arena: esta máquina logra un empaque consistente y un efecto de apisonado lanzando arena con alta velocidad al modelo. La arena de una tolva se alimenta mediante una banda a un impulsor de alta velocidad en el cabezal. Una disposición común es suspender la lanzadora con contrapesos y moverla para dirigir la corriente de arena con ventaja dentro de un molde. La dureza del molde se puede controlar mediante el operador cambiando la velocidad del impulsor y moviendo la cabeza impulsora. Su principal utilidad es para apisonar grandes moldes y su única función es empaquetar la arena en los moldes. Generalmente trabaja con el equipo de retiro del modelo.

Los procesos de moldes en fundición comercialmente ordinaria pueden ser clasificados como:

Moldeo en banco: Este tipo de moldeo es para trabajos pequeños, y se hace en un banco de una altura conveniente para el moldeador. En estos tipos de moldeo se producen grandes cantidades, también se utilizan placas correlativas que son modelos especiales metálicos de una sola pieza al igual que las cajas de tableros de soporte que permiten sacar con facilidad el modelo del molde de arena, el cual se puede volver a utilizar.

Moldeo en piso: Cuando las piezas de fundición aumentan de tamaño, resulta difícil su manejo, por consiguiente, el trabajo es hecho en el piso. Este tipo de moldeo se usa prácticamente todas las piezas medianas y de gran tamaño. Suelen ser muy costosos, tienen el mismo procedimiento que el moldeo en banco salvo las características ya mencionadas.

Moldeo en fosa: Las piezas de fundición extremadamente grandes son moldeadas en una fosa en vez de moldear en cajas. La fosa actúa como la base de la caja, y se usa una capa separadora encima de él. Los lados de la fosa son una línea de ladrillos y en el fondo hay una capa gruesa de carbón con tubos de ventilación conectados a nivel del piso. Entonces los moldes de fosa pueden resistir las presiones que se desarrollan por el calor de los gases, esta practica ahorra mucho en moldes costosos.

Molde en maquina: Las maquinas han sido construidas para hacer un numero de operaciones que el moldeador hace ordinariamente a mano, tales como apisonar la arena, voltear el molde completo, formar la alimentación y sacar el modelo; todas estas operaciones pueden hacerse con la maquina mucho mejor y más eficiente que a mano.

Sistema de alimentación del molde

Los conductos que llevan el metal vaciado a la cavidad de molde son llamados sistema de alimentación, generalmente están constituidos por una vasija de vaciado, comunicando a un canal de bajada o conducto vertical conocido como bebedero, y a un canal a través del cual el metal fluye desde la base del bebedero a la cavidad del molde. En piezas grandes, de fundición puede usarse un corredor el cual toma el metal desde la base del bebedero y lo distribuye en varios canales localizados alrededor de la cavidad. El propósito de este sistema es, primeramente colocar el metal dentro de la cavidad. Como quiere que sea el diseño del sistema de alimentación es importante e involucra un número de factores.

El metal debe entrar a la cavidad con el mínimo de turbulencia, y cerca del fondo de la cavidad en los casos de fundiciones pequeñas.

La erosión de los conductos o superficie de la cavidad deben ser evitadas con una regulación apropiada del flujo del metal o por el uso de arena seca de corazones.

El metal debe entrar en la cavidad así como proporcionar una solidificación direccional. La solidificación debe progresar desde la superficie del molde a la parte del metal mas caliente compensando así la contracción.

Se debe prever que no entre la escoria u otras partículas extrañas a la cavidad del molde. La vasija de vaciado, debe estar próxima a la parte superior al agujero del bebedero, facilitando el vaciado y eliminado la escoria. El metal debe ser vaciado de tal manera que la vasija de vaciado y el agujero del bebedero estén llenos todo el tiempo.

Los rebosaderos que se obtienen proporcionan en los moldes la alimentación del metal liquido a la cavidad principal de la pieza para compensar las contracciones. Estas pueden ser tan grandes en sección, así como el resto del metal liquido, tan grande como sea posible, y puede localizarse cerca de las secciones grandes que pueden estar sujetas a una gran contracción. Si estas se colocan en la parte superior de la sección, la gravedad puede ayudar a la alimentación del metal en la propia pieza fundida.

Los rebosaderos ciegos son como rebosaderos con cúpula, se localizan en la mitad de la tapa de la caja, los cuales no tienen la altura completa de la tapa. Estos están por lo normal colocados directamente sobre el canal, donde el metal alimenta dentro de la cavidad del molde y entonces complementa el metal caliente cuando el vaciado esta completándose.

Tipos de Arena

- Arena Sílica (SiO_2): se encuentra en muchos depósitos naturales, y es adecuada para propósitos de moldeo por que puede resistir altas temperaturas sin descomponerse. Esta arena

es de bajo costo, tiene gran duración y se consigue en una gran variedad de tamaño y formas de grano. Por otra parte, tiene una alta relación de expansión cuando esta sometida al calor y tiene cierta tendencia a fusionarse con el metal.

La arena sílica pura no es conveniente por si misma para el trabajo de moldeo puesto que adolece de propiedades aglomerantes. Las propiedades aglomerantes se pueden obtener por adición de 8 a 16% de arcilla. Los tres tipos de arcilla comúnmente usados son, la Caolinita, Illita y Bentonita. Esta ultima, usadas con mas frecuencia, proviene de cenizas volcánicas.

- Arenas naturales (semisintéticas): estas se han formado por la erosión de las rocas ígneas; se mezclan adecuadamente con arcillas al extraerlos en las canteras y solo se requiere agregarles agua para obtener una arena conveniente para moldeos de piezas fundidas de hierro y metales no ferrosos. La gran cantidad de materia orgánica encontrada en las arenas naturales impiden que sean lo suficientemente refractarias para usos en temperaturas elevadas, tal y como en el modelo de metales y aleaciones con alto punto de fusión.

- Arenas de moldeo sintéticas: se componen de Sílice lava de granos agudos, a lo que se añade 3 a 5% de arcilla. Con las arenas sintéticas se generan menos gas ya que se requiere menos del 5% de humedad para que desarrolle su resistencia adecuada.

A medida que aumente el tamaño de las piezas a fundir conviene elegir también arena con granos más gruesa, de mayor resistencia y refracción. La arena ideal, seria aquella que se adaptara perfectamente bien para moldes destinados a distintos trabajos.

Para la fundición de piezas cuya superficie deben presentar buen aspecto sin trabajos posteriores a la fundición, se hace necesario el empleo de moldes de arena fija.

Este tipo de arena es recomendable ya que gracias a su contenido es posible obtener mayor permeabilidad, lo que conlleva a una disminución de los defectos de la pieza.

A continuación se indican los distintos tipos de arena y la forma de empleo para construir moldes de fundición, según la naturaleza de cada metal.

- Los moldes para el cobre se hace de arena verde mojada, muy poroso, para permitir el libre escape de los gases.

- Los latones requieren arenas especiales, no muy grasosas pero de buena cohesión. Para que la superficie de las piezas fundidas resulte lisa y de buen aspecto, se aplicará arena de granos mas bien finos y con una cierta cantidad de arcilla, sin olvidar, por otro lado que esta ultima ha de estar limitada, para que no impida la salida de los gases.

- Para los bronce se pueden aplicar moldes de arena verde o los llamados desecados. Los primeros se adaptan mejor para la fundición de piezas pequeñas, mientras que los segundos se usan para piezas de mayor tamaño.

- Para el aluminio y sus aleaciones, se usa arena que no ha de ser ni muy grasosa ni demasiado fina, con un contenido de arcilla de 10 a 15% y de 7 a 8% de agua; a esta arena se le agrega un poco aceite de lino, melaza, polvo de carbono o resina para aumentar la cohesión.

- Para las aleaciones de magnesio se aplica, por lo general, los mismos moldes que para la fundición del aluminio, pero con una diferencia solamente, que consiste en agregar a la arena de 3 a 10% de azufre y de 0.25 a 1% de ácido bórico. Esta 2 sustancia tienen por objeto, formar gases durante la fundición para impedir quemaduras en la superficie del metal o agujeros.

Calidad de las arenas

Para determinar la calidad esencial de la arena de fundición se hace necesaria algunas pruebas periódicas. Las propiedades cambian por contaminación con materiales estaños, por la acción del lavado en el recocido, por el cambio gradual y la distribución de los tamaños de grano y por la continua exposición de esta a altas temperaturas. Las pruebas pueden ser tanto químicas como mecánicas, pero a parte de la determinación de los elementos indeseables en la arena, las pruebas químicas son de poco uso. Las mayorías de las pruebas mecánicas son simples y no requieren equipos elaborados. Varias de las pruebas están diseñadas para determinar las siguientes propiedades de la arena de moldeo:

Permeabilidad. La porosidad de la arena que permite el escape de los gases y vapores formados en el molde.

Resistencia. La arena debe ser cohesiva hasta el grado de que tenga suficiente ligazón, tanto el contenido de agua como el de arcilla, afecta la propiedad de la cohesión.

Resistencia en seco: es la resistencia necesaria en la arena para mantener la forma de la cavidad del molde cuando este seca.

Resistencia en verde: es la capacidad de la arena para formar grumos para retener la forma necesaria.

Refractariedad: La arena debe resistir las altas temperaturas sin fundirse.

Resistencia en caliente: Esta resistencia hace que la arena no se deteriore ni cambie sus dimensiones. Una vez que el metal se solidifica y seca las orillas del molde, la arena se calentará mucho; pero en ese momento se solidificó el metal y no es crítico el estado de la arena.

Desprendimiento: Es la facilidad de la arena para sacudirla o sacarla después que solidificó la pieza. Si la arena tiene mucho aglutinante se endurece mucho al secarlas y se hace difícil separarla de la pieza fundida.

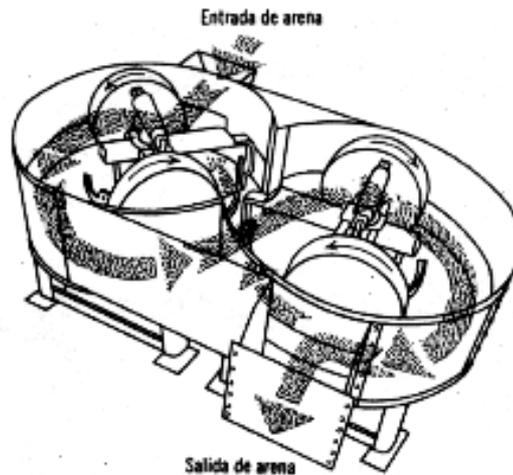
Tamaño y forma del grano. La arena debe tener un tamaño de grano dependiente de la superficie que se trate de producir, y los granos deben ser irregulares hasta tal grado que mantenga suficiente cohesión.

Equipo para el acondicionamiento de la arena

Propiamente la arena bien acondicionada es un factor importante en la obtención de una buena pieza fundida. Las arenas nuevas así como las usadas preparadas adecuadamente, contienen los siguientes resultados:

- El aglutinante esta distribuido más uniformemente en los granos de arena.
- El contenido de humedad esta controlado y además la superficie particular esta humedecidas.
- Las partículas extrañas están eliminadas de la arena.
- La arena se ventila de tal manera que no se compacta y esté en condiciones propias para el moldeo.

Por razón de que acondicionar la arena a mano es difícil la mayoría de las fundiciones tienen equipos apropiados para esta operación.



Multitrituradora continua de arena de fundición.

Tiene dos rodillos en los cuales está montada una combinación de rastras y muelas trituradoras. Las dos muelas trituradoras están dispuestas de tal manera que la arena pueda ser procesada de forma continua. Las muelas trituradoras proporcionan una acción intensa de frotamiento y amasado. El resultado es una distribución a través de los granos de arena con el material aglutinado. La arena en verdad y la de corazones ambas pueden ser preparadas en esta manera.

Pruebas de la arena: son pruebas que se realizan continuamente para verificar que cumpla con los requisitos necesarios para poder soportar el proceso, ya que es normal que después del uso prolongado de estas se deterioren sus propiedades aglutinantes.

El contenido de humedad se mide con un medidor de humedad el cual envía aire caliente a través de una muestra de arena a un volumen constante. El volumen de humedad se determina por el tiempo necesario para secar la muestra.

Las resistencias se miden con una probadora universal: se toma una muestra de arena y se somete a pruebas de tracción, compresión, esfuerzo cortante y de carga. El número de veces que cae el peso muerto y apisona la arena, determina la resistencia del núcleo.

La permeabilidad se mide con un aparato especial que registra el tiempo necesario para hacer pasar una cantidad determinada de aire a través de una muestra de arena. La arena poco permeable dejará pasar menos aire que otra más porosa.

Corazones

Cuando una pieza de fundición debe tener una cavidad o hueco, tal y como un agujero para un tornillo, debe introducirse al molde alguna forma de corazón. Un corazón se define algunas veces como cualquier proyección de arena dentro del molde. Esta proyección puede quedar formada por el molde mismo o puede ser hecha en otra parte e introducido en el molde después de extraer el modelo. Se pueden formar superficies tanto internas como externas en una pieza de fundición mediante los corazones.

Los corazones se clasifican como corazones de arena verde y corazones de arena seca.

Los de arena verde como se muestra en la figura son aquellos formados por el mismo modelo y se hacen en la misma arena del molde.

Los corazones de arena seca son los que se forman separadamente para insertarse después que se ha retirado el modelo y antes de cerrar el molde.

En general deben usarse los corazones de arena verde, siempre que sea posible para mantener el costo de los modelos y de las piezas de fundición en un mínimo. Naturalmente los corazones separados aumentan el costo de producción.

Un corazón debe ser:

- Permeable: capacidad de la arena para permitir que escapen los vapores.
- Refractario: capacidad de soportar altas temperaturas.
- Facilidad de colapso: habilidad para disminuir el tamaño conforme se enfría el colado y se contrae.
- Resistencia en seco: para que no se erosione y sea arrastrado o cambie de tamaño cuando esté rodeado del metal fundido.
- Friabilidad: facilidad para desmoronarse y eliminarse con facilidad del colado.
- Debe tener una tendencia mínima a generar gas.

Colada (vaciado)

En talleres y fundiciones de producción pequeña, los moldes se alinean en el piso conforme se van haciendo y el metal es tomado entonces en pequeñas cucharas de vaciado. Cuando se requiere mas metal o si un metal mas pesado es vaciado, se han diseñado cucharas para ser usadas, por dos hombres. En fundiciones grandes, están comprometidas en la producción en masa de piezas fundidas, el problema de manejo de moldes y vaciado de metal se resuelve colocando los moldes sobre transportadores y haciéndolos pasar lentamente por una estación de vaciado. La estación de vaciado puede ser localizada permanentemente cerca del horno o el metal puede ser traído a ciertos puntos por equipo de manejo aéreo. Los transportadores sirven como un almacén de lugar para los moldes, los cuales son transportados a un cuarto de limpieza.

El rechupe, debido a la falta de alimentación de la pieza. Las superficies internas de esta cavidad están cubiertas con cristales dendríticos y no están oxidadas.

Fundición por Inyección:

La fundición en esta forma y tratándose de gran cantidad de piezas, exige naturalmente un numero considerable de moldes. Es evidente que el costo de cada pieza aumenta con el precio del molde.

En las técnicas modernas para la fundición de pequeñas piezas, se aplican maquinas con moldes de metal, que duran mucho tiempo, pudiendo fundirse en ellos millares de piezas, el metal se inyecta en el molde a presión, por cuya razón este sistema se denomina por inyección. El peso de las piezas que se pueden fundir por inyección en moldes mecánicos, varía entre 0.5 gramos hasta 8 kilos. Por lo general se funden por inyección piezas de Zinc, Estaño, Aluminio, y Plomo con sus respectivas aleaciones.

La parte más delicada de la maquina para fundir por inyección es el molde. Este molde tiene que ser hecho con mucho cuidado y exactitud, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y las tolerancias para la construcción de las piezas, de acuerdo con el metal y la temperatura con la que se inyecta.

La cantidad de piezas que pueden fundir en un molde y con una sola maquina es muy grande, además, en una hora pueden fabricarse de 200 a 2000 piezas según su tamaño y forma, por lo tanto, repartiendo el costo del molde, de la maquina, así como también los gastos de mano de obra para la manutención del equipo y teniendo en cuenta la gran producción, a de verse que las piezas fundidas en serie por inyección resultan de bajo costos.

Fundición en Coquillas

Si se hecha un metal fluido en un molde permanente, fabricado de hierro o acero, se efectúa la fundición en coquillas. Este método tiene una ventaja importante en comparación con la fundición en arena; se puede fundir con la pieza misma, roscas exteriores mayores, agujeros, etc.

Las piezas coladas en coquillas tienen una superficie pareja y limpia por lo que, generalmente, no es necesario un trabajo posterior de acabado. La exactitud de la medida es mucho más grande que la fundición de arena; pero mucho menor que cuando se funde por inyección.

Se puede observar que la estructura de la pieza fundida en coquillas es densa de grano muy fino, por lo que las propiedades mecánicas en estas son mejores que las de piezas iguales coladas en molde de arena. Por esta razón es posible disminuir el peso de piezas fundidas en coquillas, con el consiguiente ahorro de material.

Fundición Centrífuga

La fundición centrífuga es el proceso de hacer girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrífuga para acomodar el metal en el molde. Se obtienen mayores detalles sobre la superficie de la pieza y la estructura densa del metal adquiere propiedades físicas superiores. Las piezas de forma simétricas se prestan particularmente para este método, aun cuando se pueden producir otros muchos tipos de piezas fundidas.

Por fundición centrífuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos. Los corazones en forma cilíndrica y rebosaderos se eliminan. Las piezas tienen una estructura de metal densa con todo y las impurezas que van de la parte posterior al centro de la pieza pero que frecuentemente se maquinan. Por razón de la presión extrema del metal sobre el metal, se pueden lograr piezas de secciones delgadas también como en la fundición estática.

Los moldes permanentes se han hecho frecuentemente en la fundición centrífuga de magnesio. Desde entonces las piezas de fundición de magnesio son forzadas nuevamente al molde, las piezas se enfrían mas rápidamente y el aire o gas atrapados se eliminan entre el molde y el material.

Aunque en la fundición centrífuga hay limitaciones en el tamaño y forma de piezas fundida, se pueden hacer desde anillos de pistón de pocos gramos de peso y rodillo para papel que pesen arriba de 40 toneladas, blocks de maquinas en aluminio.

Fundición

Conjunto de operaciones que permite dar forma a los materiales metálicos mediante su fusión, colado sobre molde apropiado y posterior solidificación dentro de él.

Los materiales fundidos son la alternativa de fabricación de productos metálicos, para situaciones de:

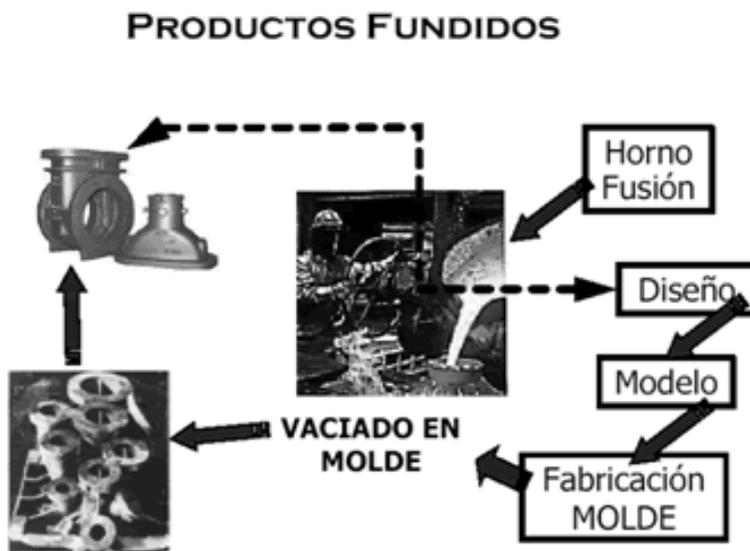
Formas complejas.

Dificultad de Procesos de Deformación plástica (en estado sólido no todas las aleaciones son deformables).

No disponibilidad de la aleación solicitada.

No elevada exigencia de tenacidad.

Para el moldeo se tienen dos tipos: moldeo en arena o en moldes permanentes.



MOLDEO EN ARENA

El método de fundición en arena es especialmente adecuado para la obtención de formas complicadas. En muchos casos este procedimiento es la única solución técnica a la que se puede recurrir para moldear piezas con machos de formas complejas.

Para la confección de los moldes (desechables), se pueden emplear diferentes materiales como: tierra sintética, arena aglomerada con aceite de lino y catalizadores, arena revestida (Shell moulding) o una combinación de los mismos. La elección de estos materiales se determina luego de haber evaluado dimensiones, forma, peso y cantidades estimadas a producir.

Ventajas:

Amplia variedad de tamaños.

Geometrías de complejidad media.

Válido para cualquier aleación media.

Piezas sin tensiones residuales*.

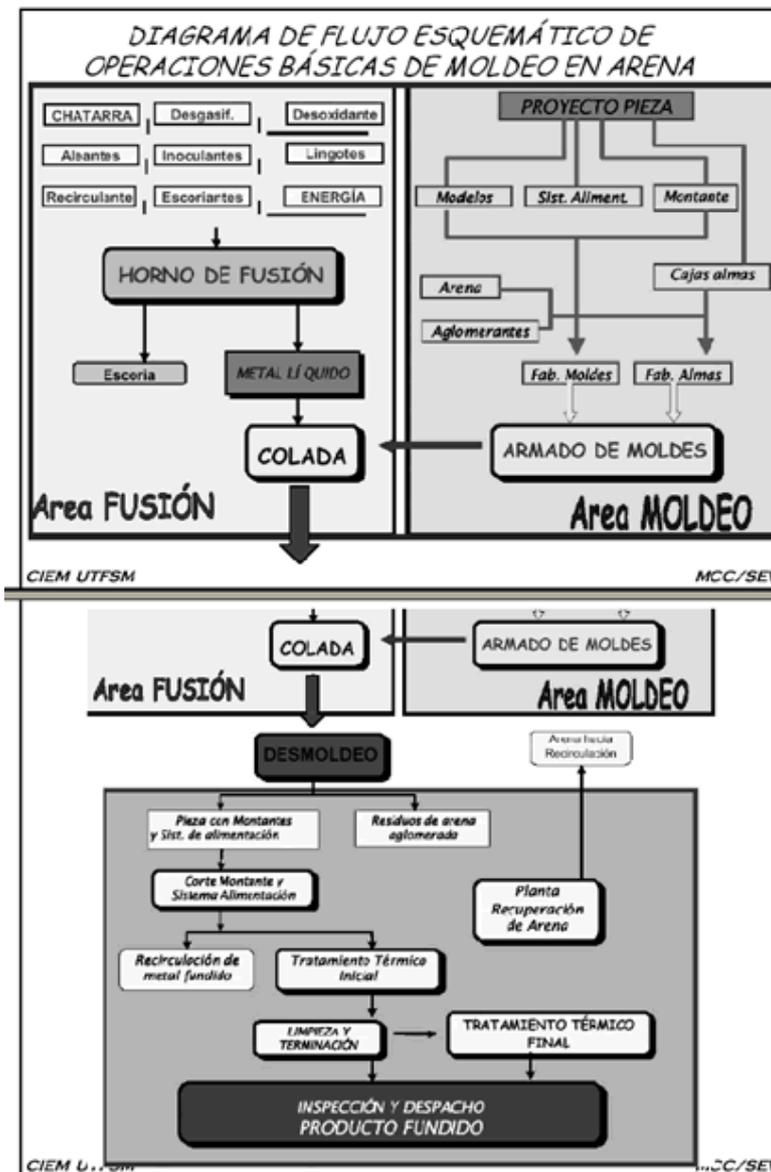
Económico: inversión en equipos reducida para series cortas o prototipos

Rápido y flexible para series cortas o prototipos.

Inconvenientes:

- Tolerancias dimensionales amplias.
- Aspecto y calidad superficial pobre.
- Piezas con resistencia mecánica reducida*.
- Cierta probabilidad de defectos.
- Mano de obra cualificada y especializada.
- Cadencias de producción bajas (artesanal).
- Almacenaje de moldes limitado (p. ej. Arcilla higroscópica)

*Arena poco conductora térmica => enfriamiento lento (más lento en arenas estufadas, más rápido)



MOLDES PERMANENTES

El método de fundición en moldes permanentes se emplea para casos de esfuerzo mecánico importante, a menudo con huecos y geometría interior intrincada. Para tales casos este sistema de trabajo es técnicamente insustituible.