



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"FUNDICION DEL COBRE Y SUS
ALEACIONES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
MARGARITA PATRICIA ORTEGA CEDILLO

ASESOR: ING. JESUS GARCIA LIRA

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

SECRETARIA DE EDUCACION
PUBLICA

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Fundición del Cobre y sus Aleaciones "

que presenta la pasante: Margarita Patricia Ortega Cedillo
con número de cuenta: 8629091-9 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de Julio de 1994

PRESIDENTE	<u>Ing. José Luis Buenrostro Rodríguez</u>	
VOCAL	<u>Ing. Enrique Cortés Gonzalez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Felipe Díaz del Castillo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Socorro Carmona Estrada</u>	

A MI HERMANO:

Adalberto Ortega Cedillo por la motivación que me dejó y por los momentos que juntos compartimos.

A MIS PADRES:

**Adalberto Ortega Urbina
Juana Cedillo de Ortega**

A MIS HERMANOS:

**Lino Miguel Angel Ortega Cedillo
María Guadalupe Ortega Cedillo
Petra Ortega Cedillo
Vicente Alejandro Ortega Cedillo
Jorge Ortega Cedillo**

Por el apoyo y la confianza brindada a mi formación profesional.

Agradezco al Ing. Jesús García Lira por la asesoría brindada a esta tesis.

CONTENIDO

	Pag.
DREAFACIO	
CAPITULO 1. METALURGIA DEL COBRE Y SUS ALEACIONES	
1.1 Generalidades	1
1.2 Clasificación y especificaciones del cobre y sus aleaciones	2
CAPITULO 2. FUNDICION	
2.1 Generalidades	8
2.2 Hornos de fundición	11
2.2.1 Hornos de crisol	12
2.2.2 Hornos de reverbero	14
2.2.3 Hornos de inducción	15
2.2.4 Hornos de arco indirecto	17
2.2.5 Materiales refractarios para hornos	18
2.3 Colada en arena	19
2.3.1 Aglutinantes y aglomerantes	22
2.3.2 Negros de fundición	25
2.3.3 Análisis granulométrico	26
2.3.4 Características técnicas de las arenas	30
2.3.5 Preparación de las arenas	32
2.3.6 Corazones	36
2.3.7 Moldeo	43
2.3.8 Teoría del diseño de coladas en general	53
CAPITULO 3. ASPECTOS PRACTICOS DE LA FUNDICION	
3.1 Materia primas, elementos de adición y ligas madres	56
3.2 Desgasificación y desoxidación de las aleaciones del cobre	61
3.3 Mermas de los metales	62
3.4 Influencia de las impurezas en las propiedades físicas y mecánicas de las piezas fundidas	62
3.5 Metales gasificados por fusión	63
3.6 Prevención y corrección	64
3.7 Reacción metal - molde	64
3.8 Aspectos positivo y negativo de los desoxidantes	65

CAPITULO 4. FUSION

4.1	Técnicas de fusión para el cobre	66
4.2	Técnicas de fusión para los broncees al estaño	67
4.3	Técnicas de fusión para los broncees al manganeso y cupro - aluminio	79

CAPITULO 5. ACABADO DE PIEZAS

5.1	Preacabado	74
5.2	Remocion de coladas y alimentadores	74
5.3	Limpieza	74
5.4	Esmerillado	75
5.5	Recuperación de piezas	75

CAPITULO 6. CONTROL DE CALIDAD

6.1	Propiedades de las arenas y equipo empleado	76
6.2	Pruebas físicas y mecánicas	78
6.3	Normas de aprobación del producto final	80

	CONCLUSIONES	81
--	---------------------	-----------

	BIBLIOGRAFIA	82
--	---------------------	-----------

PREFACIO

Indudablemente el cobre fue el metal más usado por el hombre. En muchos países se encuentra en pequeñas cantidades en estado metálico y siendo blando, fácilmente pudo formarse en ornamentos y utensilios. Además, muchos de los minerales del cobre pueden reducirse fácilmente al metal y, puesto que estos minerales contienen con frecuencia otros metales, es muy probable que las aleaciones de cobre se produjesen como resultado directo de la reducción. Se cree que el bronce se produjo accidentalmente fundiendo minerales que contenían tanto estaño como plomo.

El presente trabajo, da a conocer la metalurgia del cobre y sus aleaciones, los procesos de fundición, las técnicas de fusión, acabado de piezas y el control de calidad; a los que son sometidos para obtener los lingotes o piezas, según las necesidades que la producción requiera.

Este último llamado control de calidad, juega un papel muy importante ya que debido al avance que ha tenido la tecnología, se ha creado un sistema de supervisión y control de materiales cada vez más complejos. Lo anterior con el objeto de reducir aspectos muy importantes como son: minimizar gastos, prevención de fallas y seguridad. Para ello se han utilizado las llamadas pruebas destructivas y pruebas no destructivas, así como la inspección final.

El cobre y sus aleaciones juegan un papel muy importante en la rama industrial, ya sea en aplicaciones tales como soldaduras o en aplicaciones eléctricas, entre otras.

CAPITULO 1

**METALURGIA DEL COBRE Y
SUS ALEACIONES**

1.1 GENERALIDADES

La metalurgia es la ciencia que estudia, examina y elabora los procedimientos destinados a extraer los metales de la materia prima (mena) y la adaptación de estos con las necesidades del ser humano.

En la extracción de metales no ferrosos, la metalurgia utiliza procedimientos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos. El primero se produce mediante la fusión a altas temperaturas para extraer los metales de la mena que lo envuelve. El segundo se realiza en el agua o en soluciones acuosas de ácidos, álcalis y sales a temperaturas inferiores a 100°C, conocido como lixiviación.

La metalurgia se divide en dos grandes ramas:

a) Metalurgia extractiva, que se encarga de la extracción de los metales de la corteza terrestre.

b) Metalurgia física, que es la sección que trata principalmente de la estructura cristalina de los metales y sus aleaciones, y de su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas. Propiedades mecánicas como son la compresibilidad, dilatación, dureza, maleabilidad, ductilidad, fragilidad, etc.,

Los metales que entran en composición con el bronce son el cobre, el estaño, el zinc, el plomo y el aluminio, con proporciones más pequeñas que otros metales; también el níquel, el hierro, el manganeso, silicio, fósforo que en cantidades pequeñas confieren características especiales a las aleaciones.

El **cobre**, funde a unos 1083°C tiene buena conductividad térmica y eléctrica. Se encuentra en la naturaleza en forma de óxidos, carbonatos y sulfuros, con el nombre respectivo de cuprita, malaquita y calcoprita, que es el mineral más importante. El cobre más puro y que da mejores resultados en la fundición de los bronce es el llamado electrolítico, por ser obtenido por electrolisis.

El **estaño** funde a unos 232°C y se emplea en aleaciones con otros metales . Está menos difundido en la naturaleza que el cobre, y se encuentra en forma de óxidos, que toma el nombre de casiterita.

El **zinc** funde a unos 420°C y entra a formar parte de las aleaciones llamadas latones, muy usadas en fundición para obtener barras, planchas, etc.,. El zinc, se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuros, que toma el nombre de blenda, o de carbonato, llamado calamina.

El **plomo** funde a unos 327°C y se encuentra en la naturaleza, principalmente en forma de sulfuros (esto es, galena). Al entrar en aleaciones con el cobre y el zinc, y tiende, al solidificarse la aleación, a producir licuaciones, esto es, a separarse de los metales.

El **aluminio** no entra en las aleaciones de cobre y estaño clásicas, por ser considerada como una impureza, pues resulta muy perjudicial por la formación de óxidos (alúmina), pero sí en los llamados bronce al aluminio. Funde a 657°C y es la base de toda la vasta gama de aleaciones llamadas ligeras. Se extrae sobre todo de la bauxita, óxido hidratado de hierro y aluminio, mediante la electrolisis de un baño fundido de ésta.

El **níquel** y el **hierro** pueden entrar en las aleaciones del cobre en pequeñas proporciones, confiriendo a estas ligas una estructura más fina y, por ello mayor resistencia y maleabilidad.

El **manganeso**, el **silicio** y el **fósforo**, entran en los bronce, más que como elementos ligantes verdaderos y propios, como desoxidantes, esto es, para eliminar el oxígeno que puede ser absorbido por las aleaciones de cobre durante la fusión.

1.2 CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES DEL COBRE Y SUS ALEACIONES

Los tipos de normas son A.S.T.M., SAE, DIN, etc. Todos los bronce deben elaborarse bajo ciertas normas para esperar resultados lógicos en cuanto a propiedades físicas deseada, es lo más común aconsejado por la técnica y no decir que poseemos secretos o superaleaciones que no

elaboramos nuestros bronce bien, o elaboramos nuestros bronce mal, es decir no hay términos medios. Las normas como es natural pertenecen a países muy desarrollados.

GRUPOS DE ALEACION A BASE DE COBRE.

I. COBRES.

- a) Alta conductividad.
- b) Alta resistencia.
- c) Conductividad con tratamiento térmico.

MATERIAL	FORMA DE ELABORACION	PRODUCTOS Y USO
Cu - Electrolítico cátodo	Moldeo en arena.	piezas de alta conductividad, Industria eléctrica, Industria siderúrgica, toberas, portaelectrodos, etc.
Cu - cátodo.	Laminados, estirados, etc.	Industria eléctrica, alambre, solera, etc.
Cu - cátodo.	Moldeo en arena.	Cu - Cd, para cables.
Cu - Lingotes	Moldeo metálico.	Para uso eléctrico.
Wire bars.	Laminado o forjado.	Cu - Be. Para herramienta anticlipa, instrumentos científicos. Cu - Cr. Para dispositivos para soldar por resistencia.

II. BRONCES AL ESTAÑO CON PLOMO Y ZINC.

SAB	Cu	Sn	Pb	Zn	p	Ni	Fe	Al	Mn	Si
40	85	5	5	5	0.5	**	0.01	0.001	0.002	0
62	86	111	**	3	0.10	0.5	**	**	**	**
	64	80	10	10	**	**	**	**	**	**
	65	88	12	**	0.10	**	**	**	**	**
67	78	6	16	**	**	**	**	**	**	**
70	83	7	7	3	***	**	**	**	**	**

Notese que las impurezas de estos bronce, serán los elementos de aleación de los latones de alta resistencia.

Las normas más conocidas para estos bronce son: DIN, Alemana; B.S. Inglesa; A.S.T.M. Americana.

III. LATONES.

a) Latones comunes: (Cobre - Zinc de 5 a 46% Zn)

ALEACION	APLICACIONES.
Cu - Zn - 5	Bisuteria de fantasia.
Cu - Zn - 10	Arquitectura y cartuchería.
Cu - Zn - 15	Tornillos lamindos y tubos cambiadores de calor.
Cu - Zn - 20	Fuelles y membranas manométricas.
Cu - Zn - 28 - 30	Radiadores de automóvil y cartuchería.
Cu - Zn - 40	

b) Latones con plomo:

ALEACION	APLICACIONES
Cu - Zn - 38 - Pb - 1	Latón de corte para piezas de relojería.

c) Latones especiales:

ALEACION	APLICACIONES.
Cu - Zn - 21 - Al - 2	Latón con aluminio, se protege la pérdida del zinc con un poco de arsénico. Para tubos de condensador, evsaporadoes y cambiadores de calor .
Cu - Zn - 28 - Sn - 1	latón almirantazgo, resiste la corrosión de las aguas de río.
Cu - Zn - 38 - Sn - 1	Latón naval, resiste al agua de mar, y se utiliza en placas tubulares para condensadores. .

d) Latones de alta resistencia:

SAE	Cu%	Sn%	Pb%	Z%	Fe%	AL%	Mn%	USOS
430 A	58	**	**	39	1	1	1	Vástagos.
430 B	65-68	**	**	29	3-5	3-7	3-5	hélices.

En estas aleaciones observese que las impurezas son el estaño y el plomo los que disminuye las propiedades físicas y mecánicas de las piezas, la resistencia a la tracción disminuye drásticamente cuando el contenido de plomo y estaño sobrepasan el 0.20%.

El latón de alta resistencia S.A.E. 430 B se emplea como patines de deslizamiento en los molinos de laminación su uso también es frecuente en cazacas de bomba para uso hidráulico, etc. .

IV. CUPRONIQUELOSAS

ALEACION

APLICACIONES

Cu - Ni - 10 - Fe - 1 - Mn

Para conducir agua de mar, cuerpos de válvulas y bombas .

Cu - Ni - 20 - Mn - 1 - Fe

Para tubos de condensadores.

Cu - Ni - 25

Para acuñación de monedas.

Cu - Ni - 30 - Mn - 1 - Fe

Para tubos de condensadores, resistentes a las aguas muy contaminadas.

V. BRONCES AL ALUMINIO O CUPRO - ALUMINOSOS.

Por su contenido de aluminio se han clasificado en:

A). De 4 - 8% de aluminio. Bronces alfa (α)

B). De 8 - 12% de aluminio. Bronces beta (β)

C). De 8 - 12% de aluminio con elementos Fe, Ni, Mn.

Estas aleaciones responden al tratamiento térmico. Sin embargo, cuando los latones de alta resistencia fallan o no dan las propiedades esperadas en ese momento, son sustituidas por los bronce cupro-aluminosos teniendo las siguientes características.

a) Estas aleaciones son maleables en frío con menos de 8% de aluminio, y con más de 8% de aluminio son maleables en caliente.

b) Resistencia a la corrosión química.

- Aleaciones monofásicas. Se utiliza para tubos cambiadores de calor, refinerías de azúcar e industria alimenticia.

- Aleaciones bifásicas. (Forja o moldeo). Se utiliza para placas de tubos condensadores y cambiadores de calor .

- Contrucción naval. cuerpos de bombas, hélices, cadenas, compuertas de esclusas, etc.

- Talleres de decapado. se utiliza para cadenas, ganchos impulsores de bomba, cuerpos de bomba, resiste al ácido sulfúrico y clorhídrico.

- Industria papelera. Se utiliza para lijas de sulfito, agentes blanqueadores.

- Petroquímica. Tubería y brida para oxígeno y cambiadores de calor.

c) Resistencia al desgaste, abrasión y fricción, cadenas, equipo de dragas, escavadoras, gruas, vástagos de esclusas, cojinetes de laminadoras, engranes, levas.

d) Resistencia a la fatiga y cavitación: Cuerpos de válvulas y bombas de hidroeléctricas, propelas etc.

e) Resistencia a elevadas temperaturas: Asientos de válvulas, tuberías de escape de gas, accesorios para tubería de gas, inserciones para bloques de motor de aluminio, mordazas para máquinas de soldar por resistencia, conexiones para hornos eléctricos. Moldes para envases de vidrio, escobillas de carbón, etc.

f) Alta resistencia mecánica, alta dureza: Matrices y punzones para embutición (400 dureza brinell).

g) Propiedades anti-chispa: Refinerías de petróleo, minas de carbón, mezcladores de fábricas de pinturas, barnices, explosivos, etc.

Los más importantes son los tratamientos térmicos con lo que se puede variar su microestructura y por tanto sus propiedades físicas y mecánicas. Estas aleaciones se pueden moldear, forjar, laminar, extruir, etc.

Los principales elementos adicionales al cobre son: Al, Fe, Mn, Si, Pb. Las impurezas son: P, Bi, Sn. Todos los cupro-aluminios son fáciles de soldar, excepto cuando hay impurezas.

CAPITULO 2

FUNDICION

2.1 GENERALIDADES

El proceso de la fundición consiste en la fabricación de moldes y corazones, preparación y fundido de metales, vaciado del metal líquido en los moldes, preparación y reacondicionamiento de arena y acabado de la pieza fundida. Al producto final de una fundición se le denomina pieza fundida, la cual puede pesar desde unos gramos hasta varias toneladas, y puede variar también en composición y características físicas de otra.

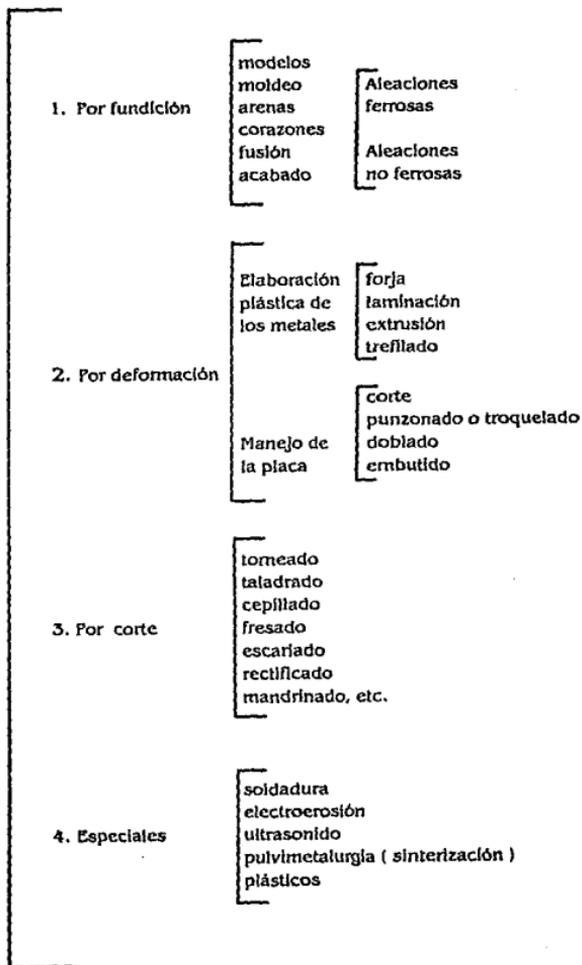
Dentro de la fundición, prácticamente se pueden trabajar o procesar todos los metales y/o aleaciones existentes.

Por lo anterior podemos entender como pieza fundida a aquella que se obtiene mediante el vaciado del metal líquido en un recipiente o cavidad, denominado molde, el cual lleva la impresión de la pieza por obtener.

Tal molde puede ser permanente o transitorio y el metal vertido puede ser una aleación (mezcla de dos o más aleaciones) o el metal puro, obteniéndose la impresión de la pieza en el molde por medio de un modelo de fundición.

Teniendo en cuenta que la fabricación de piezas se puede lograr por medio de los siguientes cuatro procesos, de tal manera que los enfocaremos en proceso de fundición:

Procesos de
manufactura



Se establecen los siguientes criterios para la utilización del proceso de fundición:

a) volumen de la piezas y su producción.- Este criterio se aplica para aquellas piezas cuyo volumen implica el uso de exceso de material por otros procesos, así como equipo de grandes capacidades, originando un menor costo de producción al utilizar el proceso de fundición para su elaboración, al igual que si es un volumen de producción de mejor escala el que se pretenda elaborar o simplemente una pieza.

b) Forma.- Conforme a la figura que se pretenda elaborar, si ésta es muy difícil, es recomendable el uso de la fundición puesto que implicará una mejor configuración al partir de una pieza semiterminada obtenida por este proceso o la obtención como pieza ya totalmente acabada.

c) Maquinabilidad.- Partiendo de la base de que un alto porcentaje de las piezas obtenidas por el proceso de la fundición requieren pasar por el proceso por corte (3), para obtener el producto terminado debe considerarse si la pieza presentará, tanto en forma como por el material que la construye, posibilidad de ser maquinada.

d) Costo de fabricación.- Si una pieza presenta dos o más alternativas de procesos (por ejemplo: fundición y maquinado), se debe escoger el más económico.

CLASIFICACION DEL PROCESO DE FUNDICION



(F) Aleaciones no ferrosas.- Son aquellas combinaciones en las que se encuentran los elementos hierro-carbono, pudiendo clasificar dichas combinaciones según el contenido de carbono en la siguiente forma:

Hierro fundido: con contenidos de 2 a 3% de carbono.

Aceros: Con contenidos de 0.008 a 2% de carbono

(NF) Aleaciones no ferrosas.- Son aquellas en las que no está presente el elemento hierro, y se divide de la siguiente manera:

ALEACIONES (NF)	Ligeras: Aluminio y magnesio.
	No ligeras: Cobre, plomo, manganeso, etc.

2.2 HORNOS DE FUNDICION

La fundición de un horno de fusión, es abastecer el metal fundido con calidad adecuada a temperatura adecuada, como y cuando se necesite, al más bajo costo posible.

En la operación de compañías pequeñas que se dedican a la producción de piezas de bronce o latón no se preve la técnica de refinación de las aleaciones de cobre. El objetivo básico de fundir metal y entregarlo a la fundición, no debe ser perdido jamas.

Recientemente se aumento la calidad del lingote que se encuentra disponible en el mercado, por lo que no existe razón válida para obtener piezas de metal fuera de la norma. De todas las piezas, se deberán hacer algunos análisis químicos y pruebas físicas para comprobar la calidad del lingote, así como de las piezas. El tamaño y tipo del hornos, deberá depender del tamaño de producción, tamaño de las piezas y de las aleaciones a emplear. La disponibilidad y el costo de los combustibles es determinante en la selección, así como la conveniencia en la fundición donde el cambio de aleación es frecuente.

Otro de los aspectos que debe tomarse en cuenta es la relación que existe entre el tamaño de las piezas o cantidad de moldes que deben ser vaciados por cada horneada, y la relación que existe entre el tamaño de las piezas o cantidad de moldes que deben ser vaciados.

En el caso de los hornos de inducción con núcleo la capacidad del horno deberá ser igual al de las cucharas, multiplicada por el número de equipos empleados para el vaciado; de tal forma que el horno sea vaciado lo más rápido posible y puesto nuevamente en operación sin pérdida de tiempo.

Para las aleaciones base cobre, pueden ser calentados por combustible o por corriente eléctrica, luego se subdividen en cuatro categorías.

- a) Horno de crisol (basculante o de fosa).
- b) Horno de reverbero (hogar abierto).
- c) Horno de inducción (con o sin núcleo).
- d) Horno de arco indirecto.

La mayoría del metal fundido que se emplea en las pequeñas fundiciones, no requiere de suministrado en forma continua. Los hornos de crisol, pequeños reverberos y los de arco indirecto, pueden usarse en forma intermitente, cuando los hornos se usan para fundir pequeñas cantidades, no se deberán esperar eficiencias altas, aunque las eficiencias obtenidas, con combustibles son más bajas que las de la electricidad, los costos de los combustibles son bajos. Las cargas deben ser bajas para ser competitivas .

2.2.1 HORNOS DE CRISOL.

Son capaces de dar alta calidad del metal con baja inversión inicial se encuentra disponible en todos los tamaños.

HORNOS DE FOSA. El metal es fundido en el crisol con el inconveniente de recibir contacto directo de la flama. Al final del ciclo de fusión, el crisol debe ser extraído y usado como una cuchara, algunos de estos inconvenientes son:

- a) Baja capacidad (normalmente 150 kg máximo) es difícil adaptarlos a mecanización.
- b) El metal es susceptible a gasearse.
- c) Existe el riesgo de fractura del crisol y la duración de estos es baja por el choque térmico.
- d) El vaciado no puede ser bajo.

Ventajas:

- a) Pueden vaciarse cantidades pequeñas.
- b) Pueden cambiarse crisoles y aleaciones.
- c) Costos de instalación y mantenimiento bajos.

HORNOS BASCULANTES. Se encuentran disponibles en capacidades desde 100 kg. hasta 150 kg. de cobre. Se dividen en dos tipos que son: con eje de giro en el labio vacío y con eje de giro en el centro del horno.

Ventajas:

- a) La corriente del metal cae en una posición fija, no es necesario mover la cuchara. Usualmente se basculan con un sistema hidráulico.
- b) Los de eje central pueden usar sistema hidráulico de basculamiento, aunque no es necesario en hornos hasta de 300 kg. de cobre.

Debido a que el crisol no se saca para vaciar, la vida de éste es mayor. Los hornos que usan gas, pueden usar aire enriquecido con oxígeno. El tiempo que se gana en la operación de fusión es un ahorro efectivo en oxidación del metal en el crisol.

Además significa un incremento en la capacidad de la fundición, sin excesivo incremento en equipo adicional, lo único cuestionables es; la reducción en la vida del crisol si le ataca excesivamente la flama que va enriquecida y carbón. En la figura 2.1 y 2.2 se pueden observar los hornos de crisol fijo e inclinable.

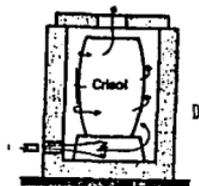


Fig. 2.1 Horno de crisol fijo

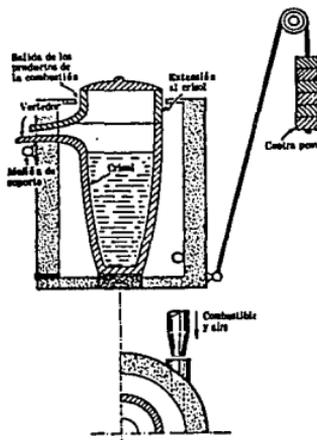


Fig. 2.2 Horno de crisol inclinable

2.2.3 HORNOS DE REVERBERO.

Son de hogar abierto, la carga es fundida por radiación de las paredes y bóvedas calientes y por convección del movimiento de los gases calientes. Se encuentran en gran variedad de diseños y tamaños.

Las capacidades van desde 25 kg. hasta 100 tons. Los reverberos de basculamiento (C) son los más comunmente usados en las fundiciones que funden aleaciones a base de cobre. La carga se hace en la artesa, y el o los quemadores se encuentran en la zona donde salen los gases, lo cual sirve para incrementar su eficiencia porque los gases de salida tienen que regresar sobre el material, el cual es sobrecalentado por convección.

El calor se transmite directamente en los hornos reverberos, además de la transferencia que hacen las paredes y la bóveda, lo hacen capaz de fundir con mayor eficiencia que los hornos de crisol. Este tipo de hornos es muy semejante al rotatorio que se emplea en la producción del lingote de bronce. En la figura 2.3 se muestra dicho horno.

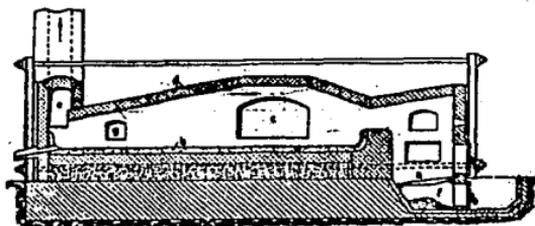


Fig. 2.3 Horno de reverbero.

2.2.3 HORNOS DE INDUCCION.

Tienen varias ventajas cuando se usan para aleaciones de base cobre. Son limpios y de control sencillo, no contaminan al metal fundido con los gases de flama y son extremadamente flexibles en su operación, las características pueden relacionarse con la cantidad de calor generado. El metal fundido puede sostenerse indefinidamente a cualquier temperatura deseada para cargas que estén 10% bajo la capacidad del horno.

La agitación electromagnética de estos hornos, asegura la homogeneidad y temperatura uniforme del metal. La principal desventaja es el alto costo de la inversión inicial.

Un horno de 500 kg. de capacidad eléctrica, cuesta de 10 a 20 veces más que un reverbero basculante de gas, de la misma capacidad. El costo de mantenimiento no es alto, pero se debe contar con personal calificado debido a que el equipo y accesorio eléctrico es complejo.

Existen dos tipos principales de hornos:

Con núcleo de baja frecuencia, con canal, y sin núcleo, que pueden usar baja frecuencia o alta frecuencia. Los de baja frecuencia de línea de 60 ciclos / seg., los de alta frecuencia reciben el suministro de corriente de motor generadores, osciladores electrónicos y rangos de frecuencia, desde 100 hasta varios miles de ciclos por segundo.

HORNOS CON NUCLEO. Cuentan con un canal lleno de metal fundido que actúa como secundario, acoplado como escalón de transformador. El calor del metal en el canal se transfiere a la carga que está sobre él. Los hornos de canal pueden ser de un canal secundario o de doble canal.

Son más eficientes que los hornos sin núcleo, para fusión de aleaciones de cobre. La mayor desventaja de los hornos de canal estriba, en que éste debe mantenerse siempre lleno de metal fundido, ya que su arranque debe fundir el metal en otro horno.

La máxima economía en utilizar el horno en forma continúa. Mínimo durante 16 horas, debe tenerse especial cuidado, en el enfriamiento de la bobina a través del hueco que hace el canal. Ordinariamente, se embeben termopares en el refractario del canal para detectar cualquier incipiente penetración o quemado del refractario.

HORNOS SIN NUCLEO. El crisol está rodeado por la bobina y está rodea a la carga, la cual como secundario se calienta. Estos hornos se encuentran disponibles en varios diseños y tamaños.

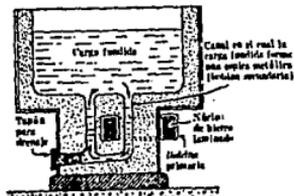


Fig.2.4 Hornos de inducción baja frecuencia

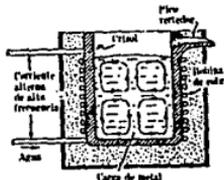


Fig. 2.5 Horno de Inducción alta frecuencia.

2.2.4 HORNOS DE ARCO INDIRECTO.

Pueden usarse en producción alta de fusión, los electrodos de grafito entran en los extremos del horno, uno de los dos es fijo, el otro es móvil. El arco eléctrico salta entre los dos extremos de los electrodos, en el centro. El calor es transferido a la carga por radiación directa y por radiación reflejada de las paredes del refractario y por conducción a la carga fundida cuando el metal fundido baña las paredes sobrecalentadas del horno, debido a la alta temperatura desarrollada, existen problemas de vaporización de elementos.

Existe también gran dificultad para el control adecuado de la temperatura. Los hornos de arco indirecto se basculan ligeramente para acelerar la velocidad de fusión con lo que se obtiene un metal más homogéneo y reduce el desgaste del refractario.

El horno está montado en rodillo y se balancea mecánicamente. Este horno requiere mantenimiento mecánico y eléctrico muy especializado, además de fundidores muy expertos. La instalación de refractario y su mantenimiento, son caros. Con buen mantenimiento de horno, el refractario puede ser usado indefinidamente con parchado en las zonas dañadas aunque el cambio total periódico es ventajoso.

Este horno es versátil en cuanto al material a fundir, pues puede ser: desde 100% de rebabas hasta 100% lingote, y puede ser operado tan alto como sea su capacidad, y recargado conforme avance la fusión.

La fusión en las aleaciones de alto zinc no es recomendable porque están sujetas a altas pérdidas por volatilización. La fusión del bronce al aluminio, tampoco es recomendable por la excesiva formación de escorias.

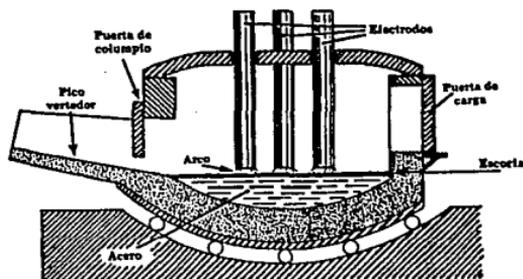


Fig. 2.6 Horno de arco indirecto.

2.2.5. MATERIALES REFRACTARIOS PARA HORNOS Y CRISOLES.

CARBURO DE SILICIO. Es el material preferente para los refractarios y para los crisoles. Tiene buena resistencia al choque térmico y a la abrasión y la erosión.

Los crisoles son fabricados con carburo de silicio ya sea apisonado o en forma de ladrillo. Esto es preferente por la alta conductividad térmica del refractario. También se encuentran fabricados en grafito. Las paredes del horno, se revisten con refractario apisonable, que es el que protege la coque de acero. Un refractario bien colado de buena calidad, causa un costo despreciable a la producción del horno.

El horno eléctrico y el reverbero, pueden construirse del refractario carburo de silicio ya sea ladrillo cerámico, siendo el ladrillo preferentemente.

La vida del revestimiento en hornos eléctricos es generalmente mayor que los calentadores con flama, a que las escorias o los fundentes protectores los disuelven, acortando la vida del refractario.

La mayoría de los crisoles están hechos de grafito o de carburo de silicio y son sinterizados y vidriados con carbón aglutinado. Estos crisoles de grafito, deberán protegerse de fracturas y deberán ser sacados y calentados antes de usarse (es decir, curarlos). Los de carburo de silicio son más resistentes al choque térmico y pueden situarse al horno para su operación sin previo " curado " .

El exterior del crisol está bañado con una capa vitrea (Glaze), la cual varía con respecto al rango de fusión. El objetivo del " Glaze " es proteger de oxidación al crisol, deberán usarse solamente crisoles protegidos con " Glaze " para fundir cobre. Por ejemplo; si se funde cobre en el crisol protegido con Glaze para fundir níquel, el Glaze no se fundirá y evitará la oxidación del crisol.

Si un crisol de grafito se oxida, la conductividad térmica se dañará severamente y se requerirá mayor tiempo de fusión. Seleccionando bien los materiales, los crisoles tendrán una vida útil de 50 fusiones o más.

De los combustibles más utilizados en fundición podemos mencionar: coque, carbón de piedra, antracita, leña, carbón de leña, fuel-oil, gas-oil, gasolina, gas de gasógeno, gas del alumbardo, gas de coquería, gas de alto horno, metano, entre otros.

2.3 COLADA EN ARENA

Una de las cualidades principales que deben tener los moldes perdidos de arena es:

- a) Tener plasticidad
- b) Tener cohesión y resistencia
- c) Tener refractaridad
- d) Tener permeabilidad
- e) Ser disgregables.

Precisamente uno de los materiales que posee estas cualidades y que además se encuentra en la naturaleza, son las arenas para fundición. Según su origen, estas arenas pueden ser naturales o sintéticas. Decimos que son naturales porque el contenido de arcilla que poseen, se extrae de ríos, mares y desiertos. Son sintéticas porque parten de granos de cuarzo; estas últimas son las que actualmente se prefieren y se utilizan.

CLASIFICACION DE LAS ARENAS.

I. POR SU CONTENIDO DE ARCILLA.

a) Arenas arcillosas o tierras negras, cuyo contenido de arcilla es superior al 18%.

b) Arenas arcillosas o tierras semigrasas, cuyo contenido de arcilla va del 8% al 18%.

c) Arenas arcillosas o tierras negras, cuyo contenido de arcilla va del 5% al 8%.

d) Arenas silíceas, cuyo contenido de arcilla es inferior al 5%. En este caso el contenido de arcilla se considera como una impureza.

II. POR SU FORMA DEL GRANO (Fig.2.7).

- a) Arena de grano esferoidal
- b) Arena de grano angulado
- c) Arena de grano compuesto



Fig. 2.7 Formas del grano de las arenas.
 a) esférico, b) angular, c) compuesto

III. POR DIMENSIONES DEL GRANO.

- a) Arena de grano grueso
- b) Arena de grano medlo
- c) Arena de grano fino

Sin embargo, no siempre se pueden emplear estas arenas tal como llegan de los depositos, sino que tienen que someterse a procesos de modificación, que son un conjunto de pruebas que tiene por objeto comprobar ciertas características del material que llega de los depositos; lo anterior lo conoceremos como comprobación de la arena.

La comprobación se hace cuando a la arena se le tiene que variar la distribución y tamaño del grano, para rebajar o reforzar la arena o bien para la adición de aglomerantes.

En base a lo anterior, podemos mencionar otro tipo de arenas para fundición: las arenas sintéticas o aglomeradas, que se obtienen a partir de arenas silíceas, a las cuales se les añade diversos porcentajes de sustancias aglutinantes.

Este tipo de arenas son las que se utilizan más frecuentemente, ya que presenta ventajas innegables respecto a las arenas naturales, pues posee características más uniformes y la base de este tipo de arena esta exenta de polvo Impalpable, ya que el aglutinante se añade con el objeto de reducir el límite de humedad y obtener una refractariedad y permeabilidad elevada.

2.3.1 AGLUTINANTES Y AGLOMERANTES

Los aglutinantes adoptados para la preparación de arenas de moldeo se clasifican en:

a) Aglutinantes inorgánicos de tipo arcilloso

- Arcillas
- Bentonitas

b) Aglutinantes inorgánicos cementosos

- Cementos
- Silicatos

c) Aglutinantes orgánicos

- Cereales
- Lignina
- Melaza
- Alquitrán
- Resina
- Aceites.

a) Aglutinantes de tipo arcilloso.

Arcillas: Las propiedades de las arcillas dependen de las dimensiones y forma de las escamas cristalinas de las que esta compuestas; si las escamas son pequeñas, las propiedades coloidales son mayores así como el poder aglutinante. Es decir, que la cohesión de una arena aglutinada, depende de la cantidad y características de la arcilla. El contenido de agua tiene influencia sobre la plásticidad; es decir, que cuando se moja una arena aglomerada con arcilla, se obtiene un valor de plásticidad correspondiente al mínimo de la densidad.

Bentonita : Es el elemento de liga, debido a que forman parte del mineral como la montmorillonita, que debe su uso en la fundición a su capacidad de hinchamiento, hasta 18 veces su volumen en agua. Tiene una capacidad de absorción muy elevada y su poder aglutinante es de 2 a 7 veces mayor que el de la arcilla. La bentonita se divide en dos clases principales: la cálcica y la sódica.

- Bentonita cálcica.- Da como propiedad resistencia en verde, buena fluidez y buena colapsibilidad.

- Bentonita sódica.- Tiene la propiedad de dar buena resistencia en caliente, resistencia en seco. regular moldeabilidad y fluidez;

La bentonita se emplea en una proporción del 2 al 4% del peso de arena, seca; se añade después del 3 al 4% de agua y se mezcla durante 5 a 15 minutos; se puede añadir un fijador de humedad del 1 al 2%.

b) Aglutinantes inorgánicos cementosos.

Mencionaremos el cemento portlan se emplea en una proporción del 8 al 10% en mezcla con arena silícea. Los moldes confeccionados con este tipo de cemento, se endurecen a temperatura ambiente por el fenómeno del fraguado del cemento, por lo tanto este tipo de arena no requiere de un secado.

Silicatos: En comparación de los cementos, los silicatos en este caso el de sodio, alteran sensiblemente la permeabilidad y el punto de sinterización o vitrificación de la mezcla. El efecto aglutinante del silicato de sodio, es debido a su descomposición y a la formación, por la acción del CO₂ del aire, de carbonato y sílice coloidal. La disgregabilidad de la mezcla se facilita añadiendo aserrín o harina de madera, en un 2%.

c) Aglutinantes orgánicos.

Este tipo de aglutinantes aumenta la cohesión de la arena en verde y arde a baja temperatura. Se adicionan a la arena silícea en cantidades que van del 1 al 3%.

Cereales: Se utilizan para impedir que la superficie del molde pierda rápidamente su humedad. Reducen la evaporación del agua. A elevadas temperaturas arden rápidamente. Pero presentan el inconveniente de obstruir los huecos de la arena disminuyendo su permeabilidad. La dextrina es uno de los aglutinantes cereales, la cual se extrae del almidón de los granos de maíz.

Lignina: Tiene características similares a las de la melaza, el cual es un subproducto de la elaboración del azúcar de remolacha. La lignina se emplea en la unión de aglutinantes arcillosos, para evitar el secado demasiado rápido y la formación de costras en la superficie de los moldes de los corazones confeccionados en verde. Se añade en proporciones de 2.5 al 3% con poca agua y obtiene cohesiones en verde de 100 k/cm², en seco 32 k/cm², se cuece a 220°C durante 1.5 a 3 hrs.

Alquitran: Es un subproducto de la destilación de la hulla, es un aglomerante que es muy resistente a la absorción de la humedad y tiene la ventaja de ser muy económico. Se añade en proporciones del 2% con la misma cantidad de agua, obteniendo cohesiones en verde de 45 g/cm² y de 25 a 50 g/cm², y se cuece de 230 a 240°C durante 2 a 4 horas.

Resinas: Las podemos encontrar naturales como el pino, que se extrae con solventes de madera o tratando al vapor la misma madera finalmente triturada. Tenemos también las resinas sintéticas, de las cuales podemos mencionar, resinas termoendurecibles, que tiene la ventaja de ablandarse con el calentamiento y endurecerse con el enfriamiento sucesivo, se endurecen de modo permanente con exposiciones a temperaturas relativamente bajas de 100 a 150°C.

Aceites: Se emplea en la preparación de arena para hoyos. El prototipo de este tipo de aceite es la linaza, que responde muy bien a las exigencias de la fundición, pero es muy caro, por lo que se tiende a sustituirlo por aceites vegetales. Los aceites tienen escasa cohesión en arenas verdes, por lo que es necesario emplearlas con otros aglutinantes.

Se añaden del 1.5 al 2%, con un 2% de agua, obteniendo cohesiones de 30 a 35 g/cm² en verde, 45 a 50 g/cm², se cuece a 220 a 240°C.

Finalmente complementaremos la clasificación de los aglutinantes basandonos en el modo de actuar:

a) Aglutinantes que producen endurecimiento a la temperatura ambiente (cemento portlan, silicato de sodio, silicato de etilo).

b) Aglutinantes que producen endurecimiento al calentarse :

- El endurecimiento tiene por efecto durante el enfriamiento que sigue al calentamiento en estufa (resinas , alquiltran).

- El endurecimiento se origina por secado durante el calentamiento (aceites vegetales).

- El endurecimiento se produce por evaporación durante el calentamiento(cereales, proteínas).

2.3.2 NEGROS DE FUNDICION.

En la preparación de arenas de moldeo, además de las arenas y aglomerantes, existen otros materiales secundarios, los llamados negros de fundición. Su principal objetivo es compensar la dilatación de la arena y crear una capa aislante entre la arena del molde y el metal líquido a fin de impedir el contacto entre el metal y la arena y que esta última pegue a la pieza aumentando las dificultades del pulimiento de las superficies. Estos a su vez se pueden dividir en:

a) Negro mineral o de mezcla

b) Negro de estufa o de recubrimiento

c) Grafito.

a) Negro de mineral o de mezcla: Se añade a la arena verde en la proporción del 3 al 6% . Este mineral es polvo de hulla pulverizado, de llama larga con muchas materias volátiles, que se mezcla a la arena en el momento de su elaboración . Este material, constituye un velo protector entre el metal y la superficie de la arena.

Al añadir negro mineral a la arena se influye, sobre sus características técnicas. La cohesión en verde aumenta de modo sensible, mientras que la permeabilidad por efecto de la dilatación de la arena queda disminuida. Es necesario dosificar cuidadosamente el negro para no alterar de un modo nocivo las características de la arena.

b) Negro de estufa o de recubrimiento. Se emplea para barnizar las superficies de los moldes y los corazones. La finalidad de su empleo y de su modo de actuar son los mismos del negro de mezcla. El negro de recubrimiento se emplea generalmente para moldes en seco y por ello se llama también negro de estufa. Esta compuesta por una suspensión fluida de grafito, negro vegetal, es decir polvo de carbón de leña y arcilla. El barniz así obtenido se extiende con un estropajo, un pincel o mejor con una brocha sobre la superficie del molde antes de someterlo al secado.

c) Grafito: Protege al molde en verde, para lo cual se emplea el garfito en polvo aplicándolo en seco sobre la superficie del molde. El valor del grafito es mayor cuando es mayor el contenido de carbono fijo; un buen grafito debe contener cerca del 70% de carbono fijo, un 25% de cenizas y un 5% de materiales volátiles. El grafito se puede sustituir por el negro vegetal.

Los negros descritos anteriormente se utilizan comúnmente en la fundición de hierro, bronce y cobre principalmente.

2.3.3 ANALISIS GRANULOMETRICO.

Sin duda algunas de las características fisicoquímicas de las arenas son el análisis químico, contenido arcilloso, dimensión de los granos y su distribución, así como la forma de los granos; para determinar estos últimos se recurre al análisis granulométrico procediendo de la siguiente manera:

a) Separación de materiales arcillosos, después de lo cual el residuo lavado compuesto solamente de granos de sílice se deja secar y se pesan. Posteriormente se hacen pasar por una serie de cedazos metálicos de mallas decrecientes, como se muestra en la figura 2.9

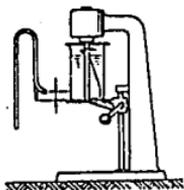


Fig. 2.8 Levigador de molinete.

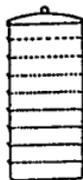


Fig. 2.9 Cedazo en columna en serie decreciente de mallas.

b) Se pesan las cantidades de arena contenidas en cada cedazo y se establece el reparto porcentual de los granos, que se puede representar en un diagrama similar al del ejemplo anterior que se muestra en la figura 2.10 y la tabla A.

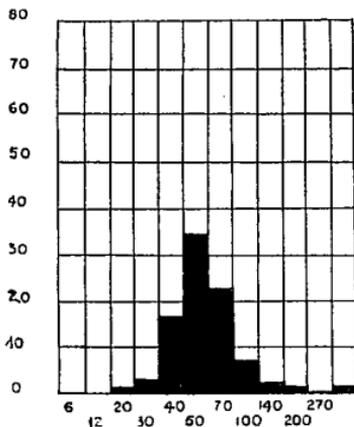


Fig. 2.10 Diagrama de análisis granulométrico correspondiente a la arena de la tabla A.

TABLA 2.1 Análisis granulométrico del diagrama de la fig. 2.10.

NUMERO	MALLA	FACTOR	RETENIDO		PRODUCTO
			Gramos	%	
6	3,360	3	0	0	0
12	1,680	5	0	0	0
20	0,840	10	0,5	1	10
30	0,560	20	1,8	3,6	72
40	0,420	30	8	16	480
50	0,297	40	17	34	1360
70	0,210	50	11	22	1100
100	0,149	70	3,5	7	490
140	0,105	100	1	2	200
200	0,074	140	0,3	0,6	84
270	0,053	200	0	0	0
fondo		300	0,5	1	300
Total Gramos			43,6	87,2	4096
Arcilloide >			6,4	12,8	
Gramos			50	100%	
Índice de finura 4096: 87,2 = 47					

c) Las series de cedazos más usadas son las AFS (American Foundrymen's Society), que consta de once cedazos, los cuales se determinan por un determinado número de mallas; y las alemanas DIN compuesta por siete cedazos.

TABLA 2.II. Características de los cedazos A.F.S. y los Fischer DIN.

SERIE A.F.S.			SERIE FISCHER (DIN)	
NUMERO DEL CEDAZO	APERTURA DE MALLA mm	FACTOR (α)	NUMERO DEL CEDAZO	APERTURA DE MALLA mm
6	3,56	5	-	-
12	1,68	5	4	1,50
20	0,84	10	6	1
30	0,59	20	10	0,6
40	0,42	30	-	-
50	0,297	40	20	0,30
70	0,210	50	30	0,20
100	0,149	70	-	-
140	0,105	100	60	0,10
200	0,074	140	-	-
270	0,053	200	100	0,06
Fondo	-	300	fondo	-

Apartir de estos datos obtenidos es posible calcular el tamaño de las clases de granos que predominan. Posteriormente calculamos el índice del grosor.

INDICE DEL GROSOR.

Se obtiene, dividiendo la suma de los productos de los porcentajes obtenidos en cada cedazo, por un factor fijo; por el porcentaje total de granos excluyendo la arcilla.

$$i = p_1 \alpha_1 + p_2 \alpha_2 + p_3 \alpha_3 + \dots / P$$

i = índice del grosor

α = factor alfa correspondiente a la tabla 2.II

p = porcentajes contenidos en cada cedazo

P = porcentaje total.

Este valor nos da el valor medio del tamaño de los granos de la muestra: Esto representa aproximadamente el número de mallas por pulgada lineal del cedazo a través de los cuales pasará toda la muestra si los granos fuesen de tamaño uniforme y es proporcional a la superficie total de los granos por unidad de peso de la arena .

Con estos datos se puede complementar la clasificación de las arenas, según el tamaño de sus granos :

- a) Arena muy gruesa: Índice A.F.S. inferior al 18
(granos comprendidos entre 1 y 2 mm.)
- b) Arena gruesa: Índice A.F.S. comprendido entre 18 y 35
(granos comprendidos entre 0.5 y 1 mm.)
- c) Arena media: Índice A.F.S. comprendido entre 35 y 60
(granos comprendidos entre 0.25 y 0.5 mm.)
- d) Arena fina: Índice A.F.S. comprendido entre 60 y 150
(granos comprendidos entre 0.10 y 0.25 mm)
- e) Arena finísima: Índice A. F. S. mayor de 150
(granos inferiores a 0.10 mm.)

2.3.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ARENAS

- a) La refractariedad;
- b) La cohesión o resistencia;
- c) La permeabilidad y;
- d) El deslizamiento.

a) Refractariedad : Se determina por la temperatura que puede someterse sin presentar signos de fusión. También la forma y el tamaño de los granos, tienen una notable influencia sobre la refractariedad: Los granos angulosos sinterizan más fácilmente que los esféricos , y los finos más que los gruesos. El grado de refractariedad que se exige de una arena de fundición depende, del metal que deba colarse. Las arenas para aleaciones no ferrosas deben resistir temperaturas de 850 a 144°C.

b) **Cohesión:** Es una consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de humedad. La cohesión se puede establecer por medio de cuatro pruebas que determinan las cargas de ruptura por compresión, por tracción, por flexión y por cortadura: la más importante es por compresión, porque indica si la arena, al moldearse, es capaz de soportar las fuerzas a que será sometido el molde durante las diversas operaciones. La resistencia a la cortadura corresponde al índice de plasticidad. También la forma de los granos influye sobre la cohesión. Una arena de granos angulosos, presenta una cohesión menor que una arena de granos redondos, porque en esta última las superficies de contacto son mayores. En general, las cohesiones más elevadas se obtienen con arenas de granos muy gruesos o muy finos. En el primer caso la superficie total de los granos es menor que la de una arena de granos finos y por lo tanto el revestimiento de arcilla de los granos resultará de mayor espesor, obteniendo con ello mayor cohesión. En el caso de la arena fina, tendrá una capa ligera de arcilla en torno a los granos, por compensación, serán mucho más numerosas las superficies de contacto.

c) **Permeabilidad:** Esta propiedad permite a la arena ser atravesada por los gases y que permite la evacuación de éstos el molde en el momento de la colada. Tiene una gran importancia, si es escasa la evacuación del gas resulta muy difícil provocar la ebullición del metal líquido y la consiguiente formación de sopladuras en la pieza. Depende de la forma, tamaño y la distribución de los granos, y es siempre mayor que una arena de granos gruesos que en la de granos finos. Una arena de granos redondos tiene, teóricamente, un número de huecos mayor que otra de granos angulosos, pero en realidad, la de granos angulosos, es más permeable ya que se comprimen unos con otros menos apretados que si fueran granos redondos. (fig. 2.11)



Fig 2.11. La arena de granos angulosos (derecha) posee mas huecos que una arena de granos redondos (izquierda) por tanto es mas permeable.

d) Deslizamiento: La movilidad de una arena de fundición, hace que se llenen todos los huecos del modelo y se deslicen hacia la superficie del mismo. Es evidente que si es mayor el deslizamiento de la arena, esta tiende a comprimirse con más facilidad en sus límites; mientras que si es poco lábil, la dureza del molde en determinados puntos es insuficiente para resistir la acción mecánica del metal líquido con posibilidad de defectos.

2.3.5 PREPARACION DE ARENAS

Estas arenas pueden dividirse en dos categorías:

a) Arenas para moldeo en verde

b) Arenas para moldeo en seco

a) Arenas para moldeo en verde: Se utiliza para confeccionar moldes en los que se efectúa la colada sin someterlos a ningún secado. Es evidente que este tipo de arena tiene la ventaja de ser más económico y permite las producciones en serie y un empleo menor de utensilios. Pero no todas las piezas pueden ser producidas con el moldeo en verde. En particular las piezas grandes son muy difíciles de realizar con este sistema.

b) Arenas para moldeo en seco: Se utiliza para confeccionar moldes que antes de la colada se someten a un secado cuya finalidad es la de aumentar la cohesión de la arena al objeto de que soporte mejor la acción mecánica del metal fundido, acrecentar la permeabilidad y reducir el volumen de los gases que se producen en el curso de la colada.

A continuación analizaremos los pasos a seguir en la preparación de arenas, según el diagrama siguiente:

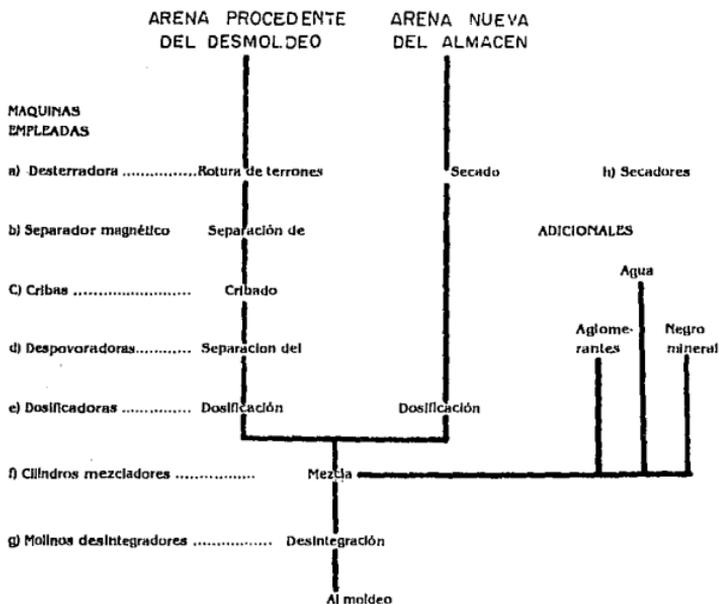


Fig. 2.12 Diagrama de preparación de arenas.

a) La arena usada procede del desmoldeo, reagrupada en terrones. Hay que reducir esta masa al estado granular, introduciendo la arena a una maquina deterradora. (fig. 2.13)

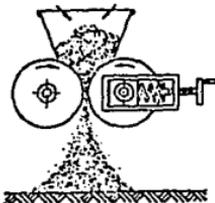


Fig. 2.13 Desterrador de cilindros: los dos cilindros nunca se tocan uno de los dos va montado en soportes corredizos y puede alejarse elásticamente para dejar paso a trozos de metal.

b) Las arenas usadas contienen rebabas, escamas y trozos de metal, por lo cual es necesario quitar esos fragmentos de hierro con un separador magnético. (fig. 2.14)



Fig. 2.14 Separador magnético de las partículas de hierro. Estas quedan adheridas al tambor giratorio mientras permanece en contacto con el imán que está fijo, posteriormente caen del otro lado de la pared.

c) Para los fragmentos metálicos no ferrosos o cuerpos extraños, el único sistema de separación es la criba. Las cuales pueden ser giratorias para grandes talleres; de sacudidas en los medianos talleres y la inclinada utilizada en pequeñas fundiciones. (fig. 2.15, fig. 2.16, fig.2.17)

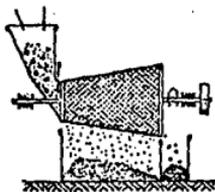


Fig. 2.15 Criba giratoria

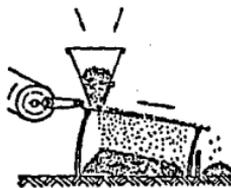


Fig. 2.16 Criba de sacudidas.



Fig. 2.17 Criba ordinaria de ple

d) Cuando hay que eliminar polvo de la arena se recurre al ventilador , en el cual la arena puede clasificarse , ya que los granos gruesos quedan en la tolva inmediata al ventilador y los granos finos en la más lejana.

e) En este punto la arena usada es granular y sin cuerpos extraños. Hay que dosificarla para introducirla en la mezcladora con otra cantidad de arena nueva.(Fig. 2.18)

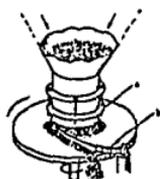


Fig. 2.18 Dosificador , se encuentra bajo una tolva y gira lentamente. La tova termina con un anillo 'a' graduable que modifica el cono de caída de la arena. La cuchilla 'b' separa la arena y la hace caer en la mezcladora.

f) La arena vieja y nueva, dosificadas se introducen en la mezcladora, con la finalidad de mezclar los diversos ingredientes de la arena y principalmente garantizar la distribución uniforme del aglutinante en la masa de modo que todos los granos queden recubiertos por igual. Mientras más eficiente sea la mezcladora, es menor la cantidad de aglutinante para determinar una cohesión determinada y por lo tanto para que la permeabilidad sea mayor.(fig. 2.19)

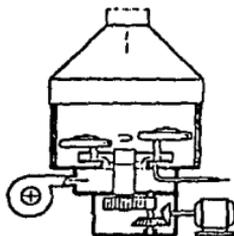


FIG. 2.19 Mezcladora rápida.

2.3.6 CORAZONES.

Los corazones son piezas de arena endurecida por procesos fisico-químicos que se arman en moldes o que por diseño conforman un molde, sin necesidad de cajas de moldeo. Su función es la de obtener las superficies interiores de las piezas. (Fig. 2.20)

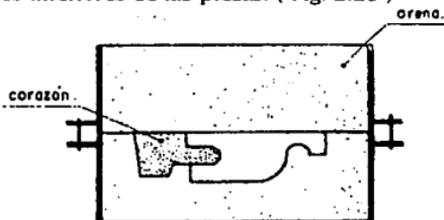


Fig. 2.20 Representación de un corazón

HERRAMENTAL.

La obtención de corazones se hace empleando moldes de madera, metal, resinas epóxicas. Son parte complementaria del modelo y junto con el constituyen el herramental.

Las cajas de corazones, se contruyen en diferentes materiales como quedo mencionado y constan de dos o más partes removibles, dependiendo de lo complicado del corazón. (Fig. 2.21)

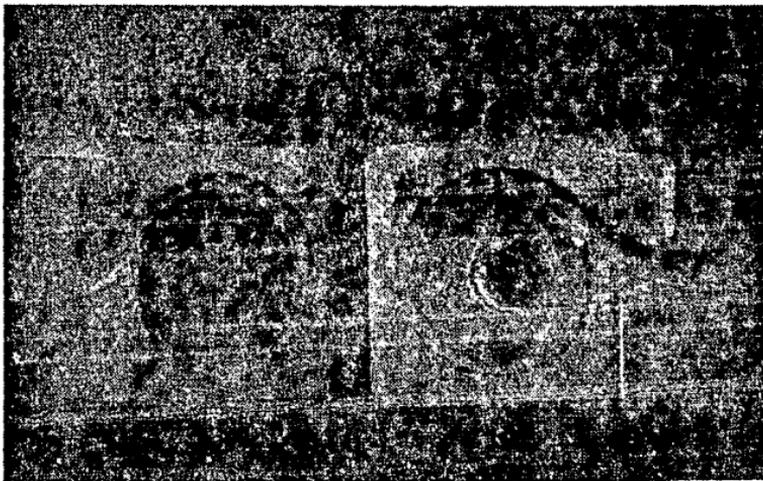


Fig. 2.21 Modelo de un corazón

CORAZONEO MANUAL.

Cuando se trabajan pequeñas series de piezas fundidas, es aconsejable obtener los corazones por medios manuales. El equipo y herramientas es de lo más sencillo:

- a) Banco de corazoneo.
- b) Aplicador de gas carbonico (proceso de silicato).
- c) Prensas-sargento.
- d) Herramientas y medios auxillares.

a) Banco de corazoneo. El diseño de un banco de corazoneo, atende en primer término a su robustez y en segundo a la protección de corrientes de aire que secarían la arena.

b) Aplicador de un gas carbonico. El aplicador de un gas carbonico, consta de una extensión de manguera dotada de una llave de paso y una campana de hule que se amolda a las plantillas del corazón evitando fugas de gas y dirigiendo el flujo del mismo al interior del corazón.

c) Prensa - sargento. La prensa o sargento, es un sujetador de las dos mitades de la caja para fijarlas en cuanto se obtiene el formado del corazón .

d) Herramientas y medios auxiliares. Son las reglas de enlace, bolsas de separador, varillas para hacer alres, hules, cañamos, embreados, alambre, alambroón y mazos.

CORAZONEO MECANICO.

Las grandes series de producción son las que justifican el empleo de máquinas para la obtención de importantes cantidades de corazones a bajo costo. Al mismo tiempo el herramental empleado en ellas, se complica en su diseño, disposición y construcción.

Al hacer un análisis de las operaciones, se encontró que el tiempo mayormente empleado en la obtención del corazón, lo consumía el llenado y aprlete del mismo. De allí se partió para diseñar las máquinas sopladoras que actuando sobre una cantidad de arena preparada, en pocos segundos pasará al interior de la cavidad de la caja, lográndose un empaquetamiento de los granos de arena contra las paredes de la caja.

EQUIPO BASICO.

El equipo básico en la producción de corazones lo constituyen las unidades de soplado o máquinas sopladoras de los más diversos diseños. Esto obedece a la naturaleza del proceso:

- a) Hot - Box - Core.
- b) Cold - Box - Core.
- c) Shell - Molding - Corazones.

a) Aquí podemos agrupar las máquinas que trabajan arenas preparadas, con resina que en condiciones de temperatura y presión, obteniéndose en 30, 40 o 50 segundos, los corazones.

b) Se agrupan las máquinas que producen corazones de aceite o de CO₂.

c) El proceso Shell - Molding o corazones también precisa de condiciones de temperatura y presión del aire.

EQUIPO AUXILIAR.

a) Hornos continuos.

b) Estufas estacionarias.

c) Equipo de soporte de corazones.

d) Equipo de manejo de materiales.

a) Hornos continuos. se emplean en el curado, secado de corazones, justificándose su instalación en grandes series de producción.

b) Estufas estacionarias. Las estufas estacionarias, se emplean también en el curado y secado de corazones de medianas y pequeñas series de producción.

c) Equipo de soporte de corazones. El equipo de soporte de corazones se emplea cuando la forma abtenida atraviesa por una etapa semiplástica, y para preservarla de deformaciones se recurre al empleo de piezas de apoyo en tanto se obtiene la resistencia en seco.

d) Equipo de manejo de materiales. Este equipo consiste en: desde charolas simples a carros-jaula de diseño específico, dotado de ruedas de hule y con comportamientos abatibles, para facilidad de manobra.

También se emplean carros con entrepaños tubulares propios para el horneado de corazones al facilitar el flujo de los gases calientes.

TERMINADO DE CORAZONES.

Los corazones obtenidos por cualquiera de las formas mencionadas, precisan de una labor determinada antes de ser usados. Este trabajo abarca las siguientes operaciones:

- a) Rebabeo.
- b) Ensamblado (cuando consta de varias piezas).
- c) Pintado.
- d) Acabado.

a) Rebabeo. Las imperfecciones o partículas que se forman en las líneas de partición, necesitan ser removidas para prevenir la erosión de las mismas en el interior del molde.

b) Ensamblado. Un corazón completo puede estar formado por varias piezas las cuales precisan ser prefijadas por medios físicos.

- Por tornillos.
- Por pegamento.
- Por tornillos y pegamento.

c) Pintado. Esta operación consiste en aplicar una fina capa de pintura al corazón con el objeto de obtener una mejor superficie de la pieza. La pintura puede aplicarse con brocha de pelo fino, por inmersión o por aspersión.

d) Acabado. Una última revisión resanando imperfecciones, así como practicar o destapar algunos conductos de ventilación, es una labor a que se somete el corazón antes de su empleo en el área de moldeo.

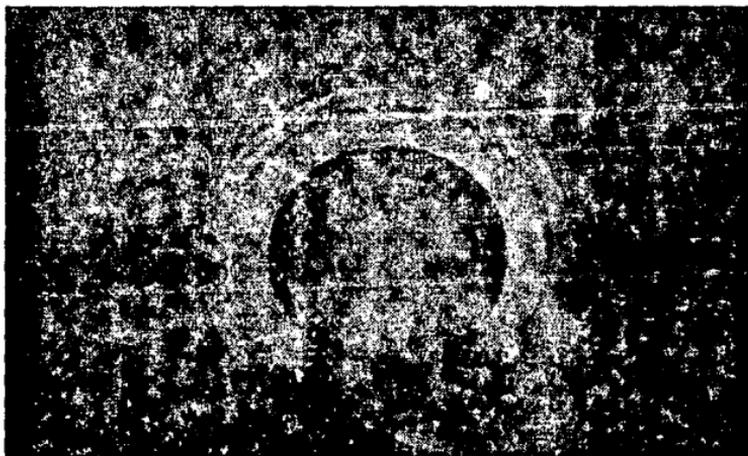
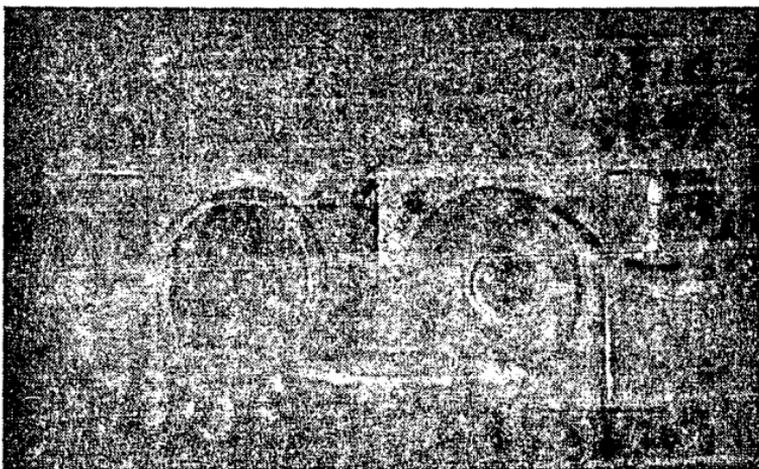


Fig. 2.22 terminado de corazones

PROPIEDADES FÍSICAS DE ARENA PARA CORAZONES.

a) Resistencia al a tracción. Es una prueba mecánica a la que se somete la arena preparada y moldeada en probetas de forma específica con sección máxima de una pulgada.

b) Permeabilidad. Esta se determina para conocer la facilidad de gaseado hacia los conductos de ventilación. En el proceso de preparación deben observarse las indicaciones en cuanto a:

- Granulometría de la arena.
- Orden de adiciones.
- Tiempo de molinda.
- Checar el PH de las resinas ya que por estar fabricada en soluciones para prevenir el envejecimiento , puede sobrevenir éste ocasionando elevados tiempos de curado.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS CORAZONES.

a) Resistencia ala compresión en seco. En general son pocas las diferencias en cuanto a los métodos y propiedades de los corazones, pero sí debe mencionarse para evitar erosiones, es aconsejable mantener valores altos en las pruebas de resistencia en seco.

b) Resistencia a la flexión. Los corazones trabajan como una viga con dos apoyos, por lo que están sometidos a esfuerzos ascensionales o flexionantes. Cuando se trata de claros grandes y el propio peso del corazón lo requiere se contruyen con amaduras de refuerzo y al armar el molde se colocan separadores o chapletes.

c) Permeabilidad. Es la capacidad de migración de los gases a través del cuerpo del corazón hacia los conductos de extracción o ventilación practicados. El número A.F.S. de la arena debe ser determinado según las necesidades y con el empleo de pinturas (core - Wash) apropiadas se previene la penetración.

d) Colapsibilidad. Los esfuerzos de construcción al sobrevenir la solidificación durante el enfriamiento precisa de cierto grado de cedencia y capacidad de desmenuzamiento del corazón como colapsibilidad del mismo.

2.3.7. MOLDEO.

El moldeo es el método más flexible y versátil de los métodos de fabricación de piezas. Consiste en obtener una reproducción en negativo de la pieza, el cual se ha de vaciar el metal líquido, que al solidificarse adquiere la forma de la pieza requerida.

HERRAMENTAL.

Para lograr la reproducción del negativo de la pieza o sea la cavidad deseada para verter el metal fundido, se precisa el empleo del herramental siguiente:

- Modelos.
- Cajas de corazones.
- Placas modelo.
- Gages o escantillones.

Los modelos son piezas hechas a semejanza de la pieza a obtener pero que son ligeramente más grandes debido a diseños para absorber la contracción lineal. Llevan además sobremedidas en ciertas partes para material de maquinado. También se construyen con unas piezas extras que reciben el nombre de 'plantillas' y que serían las cavidades dejadas por ellos durante la extracción del modelo, los apoyos del corazón al armar el molde.

Los modelos que constituyen el herramental es de acuerdo al método de moldeo y el tipo de material en que se construyen, estos e involucra el número de piezas a obtenerse. (Fig. 2.23)

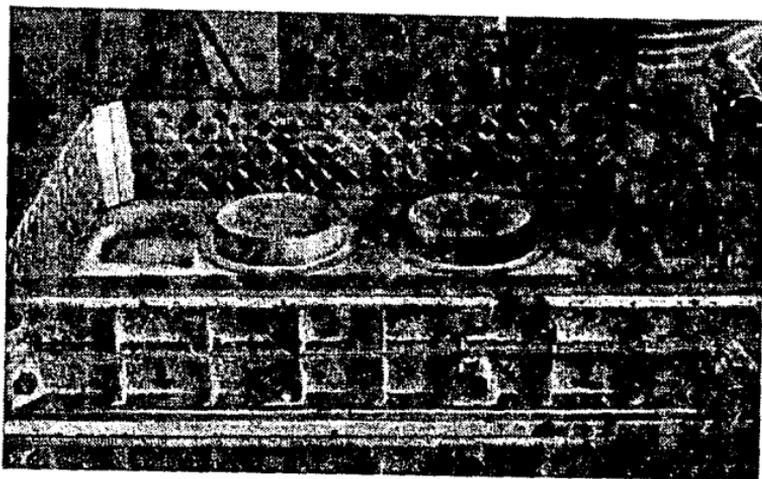


Fig. 2.23 Modelo y caja para una carcaza

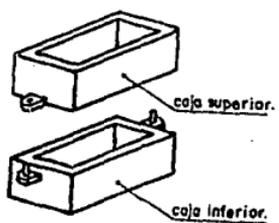


Fig. 2.24 Caja de moldeo

MOLDEO MANUAL.

Esté método se realiza en piso o en banco utilizando cualquier piso de modelo. Difiere de otros métodos en que la compactación se hace por medio de un ramo-cuña para lograr el apriete, siguiendo cierto recorrido.

Aparenta ser un método barato, su mayor inconveniente lo representa la mano de obra altamente especializada, y puede ser:

- a) Al descubierto. Apropiado para armazones de fundición, columnas, contrapesos y placas.
- b) En fosa. Apropiado para vasijas, yunques y grandes piezas.
- c) En cajas. Apropiado para piezas pequeñas, medianas y grandes.

MOLDEO MECANICO.

Abarca el empleo de herramienta neumática a fin de compactar, o sea representa un paso más en la optimización de la operación laboriosa. Requiere mano de obra experta.

MOLDEO SEMIAUTOMATICO.

La compactación se logra por sacudidas y apriete o simplemente con el empleo de máquinas con mandos de rodilla. En términos del idioma inglés, corresponde a las máquinas de JOLT SQUEEZE o SQUEEZE simplemente. Representa una gran ventaja en la producción de piezas de placa integral.

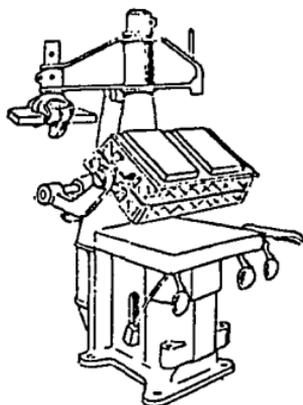


Fig. 2.25 Máquina de moldear semiautomática.

MOLDEO AUTOMÁTICO.

Este consiste en reproducir las operaciones del moldeo manual en máquinas de robusta construcción, dotadas de circuitos y servomecanismos que permiten aprovechar los desplazamientos propios y elementos de la máquina. En este tipo de moldeo, se fabrican moldes en serie de grandes dimensiones con propiedades y características constantes a altas velocidades.

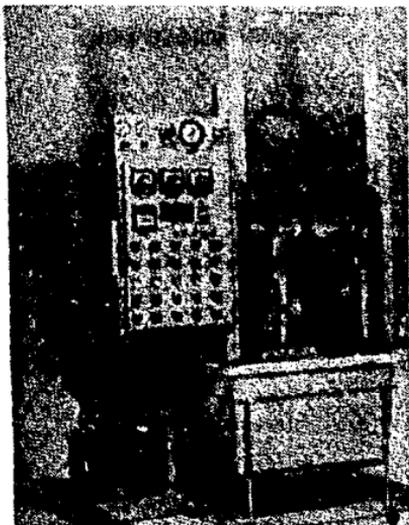


Fig.2.26 Moldeo automático.

EQUIPO BASICO.

- a) Máquinas.
- b) Pisonetas.
- c) transportadore

a) Máquinas. El aumento en la demanda de piezas y la competencia en los mercados, han hecho necesarios el estudio y empleo de máquinas especiales para preparar moldes. Con dichas máquinas se obtienen:

- a) Reduccion del tiempo empleado en el trabajo.
- b) Disminución del costo.
- c) Producciones elevadas y constantes.
- d) Mejora sensible del producto.
- e) Condiciones de trabajo mejores para los operarios.
- f) Posibilidades de empleo de procedimientos especiales.

Por tanto las máquinas de moldear han presentado, un avance decisivo para la fundición, transformandola en un proceso mecanizado.

TABLA 2.III. Clasificación de las máquinas de moldear

GRUPO	SISTEMA DE COLADA	DENOMINACIONES DE LAS MAQUINAS
I Grupo Acabado de la arena por elmpie compresión a mano o mecanico.	<ul style="list-style-type: none"> - A mano - Por aire comprimido - Hidráulico - Hidráulico y por aire comprimido 	<ul style="list-style-type: none"> - Para desmoldear - Para moldear por compresión y para desmoldear con movimientos recíprocos varios del plato de la placa modelo o de la caja.
II Grupo Acabado de la arena por sacudidas, por vibración y compresión	<ul style="list-style-type: none"> - Por aire comprimido 	<ul style="list-style-type: none"> - De sacudidas y compresión en fases distintas - De vibraciones y compresión en fases combinadas
	<ul style="list-style-type: none"> - Hidráulico y por aire comprimido. 	<ul style="list-style-type: none"> - De cabezal giratorio - Abatible, reversible, etc. - De mesa giratoria - semiautomáticas y automáticas.
DISPOSITIVOS AUXILIARES PARA DESMOLDEAR		
III Grupo Acabado de la arena por proyección centrífuga o mecanica	<ul style="list-style-type: none"> - Centrifugo 	<ul style="list-style-type: none"> - Sencillas, de manejo manual - De manejo mecánico
	<ul style="list-style-type: none"> - Por aire comprimido 	<ul style="list-style-type: none"> - Para soplar corazones
IV Grupo Moldeo para colada en coquilla	<ul style="list-style-type: none"> - Colada en coquilla fija 	<ul style="list-style-type: none"> - De coquilla sencilla - De coquilla múltiple
	<ul style="list-style-type: none"> - Colada centrífuga 	<ul style="list-style-type: none"> - Con eje de rotación dentro del molde - Con el eje de rotación fuera del molde

b) Pisonetas. Son herramientas neumáticas que operadas con una válvula manual, permiten el paso del aire a las cámaras de accionamiento que mueven un vástago en cuyo extremo hay un tacón de hule que a más de 800 golpes por minuto, compacta grandes volúmenes de arena.

c) Transportadores mecánicos. Pueden ser plataformas unidas y accionadas por un motorreductor o simplemente por rodillos o plataformas rodantes de desplazamiento manual.

EQUIPO AUXILIAR.

- a) Cajas de moldeo.
- b) Adoberas,
- c) Pernos guías.
- d) Gruas neumáticas o eléctricas.

a) Cajas de moldeo. Son piezas de construcción rígida de forma generalmente cuadrada o rectangular aunque también pueden ser redondas. Los materiales empleados en su construcción, son metales como el acero, hierro, aluminio o de maderas duras reforzadas.

Pueden emplearse por pares o de mayor número. Llevan guías que son referencias constantes para abrir o cerrar la caja en el mismo punto.

b) Adoberas. Son cajas articuladas que permiten su empleo sucesivo durante el proceso de moldeo para obtener mas moldes. Las hay de sección trapezoidal y rectas. Las rectas se diferencian de las trapezoidales en que estas emplean zunchos durante el moldeo para reforzar la línea de partición.

c) Pernos guías. Son piezas removibles y rectificadas que se emplean en alta producción de moldes, permitiendo su diseño ser retirado durante el cerrado del molde y su sucesivo empleo.

d) Guías neumáticas o eléctricas. Permiten mover grandes pesos correspondientes a los moldes de alta producción, de una manera rápida y segura.

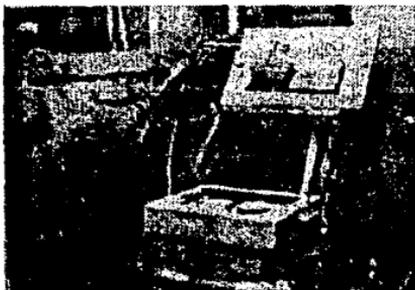
ARMADO DEL MOLDE

Obtenidos los moldes por los métodos señalados, base, tapa y corazones correspondientes, se procede al armado del molde colocando en el fondo en posición los corazones, apoyados en las plantillas correspondientes y reforzadas cuando se requiera con separadores o chaplets. Se aseguran las partes: fondo y tapa con grapas o pesas o gancho, para impedir que se levante la tapa cuando el metal líquido entra al molde.

Según el tamaño de las piezas se selecciona el proceso de moldeo en verde y en seco. Para obtener piezas de grandes dimensiones, se emplea un cordón de harina o de bentonita para garantizar un sellado de ambas partes fondo y tapa.



a)



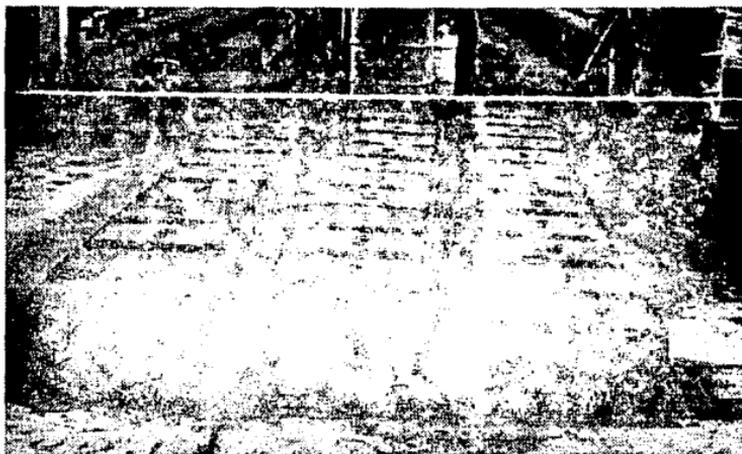
b)



c)



d)



c)

Fig. 2.27 Secuencia del armado de un molde.

ENFRIAMIENTO - SOLIDIFICACION.

El fenómeno inverso de la fusión es la solidificación en el molde, de tal manera que habrá una pérdida de calor tanto por radiación como por conducción. Durante este fenómeno se experimentan reducciones de volumen que para el caso de los bronce, permite clasificarlos según la rigidez con que se efectúa:

- a) Período de solidificación largo es decir, bronce al estaño.
- b) Período de solidificación corto es decir, bronce al manganeso.
- c) Período de solidificación intermedio es decir, bronce al silicio.

DESMOLDEO.

La consideración más importante para ejecutar esta operación, es que, un período prolongado de permanencia de la piezas provoca un crecimiento de granos mayor y una tendencia a ablandar las piezas, por la presencia del componente gama brillante. Generalmente se recomiendan 30 minutos de espera entre el colado y el desmoldeo. Pero el indicativo que la práctica aconseja es cuando el metal pierde su color rojo, señala el momento oportuno para el desmoldeo.



2.28 Desmoldeo.

En esencia, los cálculos para las coladas y alimentadores no difieren de los empleados para el hierro gris convencional. Pero ante todo, tomar en cuenta la solidificación en que cae la aleación a colar.

- Bronce al estaño (rojo) es solidificación larga.
- Bronce al manganeso (amarillo) es solidificación corta.
- Bronce al silicio es solidificación intermedia.

2.3.8 TEORIA DEL DISEÑO DE COLADAS EN GENERAL.

- a) Flujo.
- b) Cálculo de velocidad.
- c) Cuello de colada ahusado.

a) Flujo. El flujo del metal es turbulento. Por medio del diseño de coladas se trata de hacer el flujo de tipo laminar. Consideremos para aplicar lo anterior, el número de Reynolds:

$$Nr = P V d / \mu$$

Donde:

Nr = Número de Reynolds.

P = densidad del metal (Kg/dm).

V = Velocidad del metal (m/seg).

d = Diámetro del ducto (mts).

μ = Viscosidad (mts. x seg. x kg).

Los valores obtenidos son entre 2000 y 20 000.

b) Calculos de velocidad.

- calculo de la velocidad del metal

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

Donde:

Q = Régimen de flujo (gasto).

A₁ = Area del metal.

V₁ = Velocidad del metal.

- Compresión de los fundamentos del flujo.
(Teorema de Bernoulli)

$$V_1^2 / 2g + P_1 / \rho + h_1 = V_2^2 / 2g + P_2 / \rho + h_2$$

Donde:

V₁ = Velocidad del metal en el punto 1 (m / seg).

g = Aceleración de la gravedad (m / s²).

ρ = Densidad del líquido (kg. / m³).

P₁ = Presión estática del líquido en el punto 1 (kg / m²).

h₁ = Altura del líquido en el punto 1 (m).

para su estudio divide la energía en:

- Energía de velocidad, $V^2 / 2g$
- Energía de presión, P / ρ
- Energía de posición o altura, h

b) Cuello de colada ahusado. Cuando el metal desciende por el cuello, provoca un tirón de las paredes del molde, por lo que ese cuello debe ser provisto de una conicidad.

CAPITULO 3

**ASPECTOS PRACTICOS DE LA
FUNDICION**

3.1 MATERIAS PRIMAS, ELEMENTOS DE ADICION Y LIGAS MADRES.

Este tema lo podríamos desarrollar tomando en cuenta tres aspectos básicos:

a) La fundición que se dedica a recuperar metales de escorias, polvos de esmeril o chatarras.

b) La fundición que funde chatarras y con ellas vacía sus piezas sin especificaciones o esporádicamente vacía algunas piezas sin control químico. Estas fundiciones como la primera estas expuestas a contaminaciones.

c) Las fundiciones que indudablemente trabaja especificaciones. ya sea que controle químicamente sus chatarras analizándolas después de lingoteadas, o de lingote con análisis controlado o haciendo ligas vírgenes, además haciendo una cuidadosa seleccionan y apartado de sus coladas y retornos.

Las principales fuentes de materias primas es de todos conocida y incluye desde el pequeño taller mecánico que vende su rebaba o piezas de desecho. El depósito que recolecta y se dedica a la compra - venta de chatarra y metales. La fábrica grande que vende su chatarra como un sub - producto, o plantas que desmantelan equipo usado o barcos.

Indistintamente las pequeñas fundiciones hacen agregados de elementos de aleación en forma de metales, por ejemplo, algunos agregan plomo o zinc, otros agregan cobre, es o será el criterio del encargado de la fundición; volvamos a otro ejemplo, si la chatarra de bronce se ve roja, entonces se le agrega zinc, si se ve amarilla se agrega cobre, si refunde rebabeo tiene lingote y se considera requemado, entonces se le agrega cobre para refrescar o si ya esta fundiendo digamos algunas piezas que se le estan fugando, entonces se le agrega plomo para evitar esa fuga y encuentre que es peor, pero nunca se le ocurre analizar ¿ porque ? , seguramente porque en el análisis se le va la utilidad de esa carga. Si la fundición es mediana y tiene los recursos necesarios comienza a revisar su chatarra más cuidadosamente, debiendo hacer lo siguiente:

Si la fundición es mediana y tiene los recursos necesarios comienza a revisar su chatarra más cuidadosamente, debiendo hacer lo siguiente:

SELECCION DE LA MATERIA PRIMA.

De este primer paso depende que se tenga o no posteriormente muchos problemas innecesarios. La chatarra contiene muchos materiales indeseables que hay que eliminar.

- a) Impurezas no metálicas, grasas, aceites solubles.
- b) Oxidos, arenas, escorias, tierra, etc.
- c) Contaminates metálicos que pudieran ser según el caso: fierro, plomo, silicio, aluminio, antimonio, bismuto, etc.

Existen fundiciones todavía hoy en día que funden rebabas y chatarras mezcladas y todavía se están preguntando porque las piezas salen mal, señalando como culpables a horneros y moldeadores. Por tanto se debe:

a) Hacer una selección visual a mano o por color de aleación, para lingotear y posteriormente analizar, para después de los ajustes necesarios vaciar piezas.

b) secar y quemar la chatarra para quitar la grasa y aceite. Las rebabas húmedas tienen mermas altas entre 10 - 15% de su peso cargado, las grasas o solubles gasifican las rebabas contaminándolas.

c) Separación magnética.

d) Separación de metal blanco.

e) La chatarra de cobre invariablemente debiera ser quemada para resumir:

- Lingotear chatarras por selección y efectuar análisis químicos.
- Se pueden fundir chatarras y vaciar directamente a piezas si se observan ciertas reglas.

LIGAS MADRES.

Las fundiciones que funden piezas con especificaciones tanto físicas como químicas, trabajan con elementos de adición en forma de liga madre. Ejemplo:

Bronce al estaño: Cu - P - 15% P punto de fusión 1022 °C.
Cu - Ni 50%Cu - 50%Ni. punto de fusión 1310° C
Cu - Ni 70%Cu-30%Ni punto de fusión aprox.1420°C.

Bronces al Cu - Mn 60%Cu - 20%Mn punto de fusión aprox. 890°C
manganeso y Cu - Al 80%Cu - 20%Al punto de fusión aprox. 990°C
cupro-aluminios : Cu - Si 50%Cu - 50%Si punto de fusión aprox.1050°C
 Cu - Al 50%Cu - 50%Al
 Cu - Fe - Ni 60%Cu - 20%Fe - 20%Ni.

Estas ligas madre se pueden fabricar en planta o comprarse a casas especializadas con certificado de análisis.

Al iniciar una fusión es conveniente contar con estas ligas madres para agregar a nuestras cargas sin necesidad de sobrecalentar nuestras aleaciones, ni perder tiempo, ni castigar demasiado a nuestros crisoles, en un caso con aleaciones o mezclas o con parcial solubilidad pero siempre con un punto de fusión bajo, como la temperatura que necesitamos para colar nuestras piezas.

Cabe aclarar que estamos hablando de fundiciones que trabajan con hornos de diesel o gas.

FUNDENTES.

Su uso y aplicación se justifica para dos casos específicos:

- Refinación y recuperación de metales (llingoteo)
- cobertura y protección de aleaciones para colar piezas moldeadas.

Funciones:

- a) Proteger el metal de los gases durante la operación de fusión
- b) Combinar el fundente con impurezas no-metálicas formando escorias, las que serán retiradas antes de vaciar.
- c) Aglutinar y remover contaminantes metálicos.
- d) Remover gas absorbido en el metal fundido. Ejemplo: O_2 , H_2 , N_2 , etc.
- e) En algunos casos modificar la estructura del metal.

Los fundentes para aleaciones de cobre con aluminio son a base de fluoruros para bronce al Mn, sal común y carbón y para los bronce al estaño a base de carbonatos, óxidos, etc.

Los fierros los escorificamos con SiO_2 como silicatos de Fe, plomos como silicatos de plomo (líquidos) y óxidos (sólidos).

El fósforo como pentóxido de fósforo, y fosfatos ácidos de Na y K, se deben de retirar de la escoria para evitar su regreso al baño metálico.

El azufre como sulfuro de sodio, y en aleaciones con níquel se elimina como MgS .

El boro que se emplea como borox o boruros, entra al baño y sale como borato saturado de oxígeno, etc. Precisamente del uso de los fundentes se obtienen conclusiones:

- Los fundentes todos deben ser usados completamente secos. Esto quiere decir que deben salir de la estufa si fuera necesario, al horno o estar absolutamente seguros de que están secos. Si no es así a veces por este camino introducimos más H_2 al metal fundido que el que queremos sacar es decir, gasificamos más de lo que queremos gasificar.

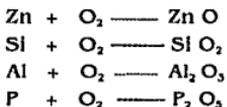
- Debemos entender el uso correcto de los fundentes. No podemos pensar que ellos son el remedio total a todos los problemas y dificultades de nuestras funciones, porque mientras unos fundidores piensan así otros fundidores piensan que el uso de fundentes es superfluo o innecesario.

- Lo que si es cierto y debe entenderse con mucha claridad es el uso indiscriminado e incorrecto de los fundentes es muy perjudicial para los metales: Un exceso de fundentes causa un severo ataque a los crisoles, tanto que a su nivel del metal los erosiona y llega a cortar al crisol en forma de anillo circular; los refractarios también muy atacados . Por otro lado un exceso de fundentes aumenta pérdidas de metal.

Los fundentes los podemos clasificar según la función que deseamos que desarrolle, por ejemplo, pueden ser:

- a) Oxidantes
- b) Reductores
- c) Neutros.

a) oxidantes. Cuando hay impurezas y para poderlas eliminar proporcionaremos oxígeno que las convertirá en sus respectivos óxidos; por ejemplo:



Todos estos óxidos pasan y flotan en la superficie junto con la escoria, posteriormente es retirada del crisol antes de vaciar. Los cuproníqueles absorben el CO, por ello funden con escorias oxidantes para expulsar el C como CO₂, esto óxida al S, que a su vez se combina con el S como MgS y el O₂ continua oxidando al CO.

b) Reductores. Cuando los elementos en carga son fácilmente oxidables si permitimos la entrada del O₂ ya sea como fundente o flamas muy oxidantes,

Usamos fundente reductor como el C (carbón de madera) que se combina primero con el O₂ antes de seguir oxidando a la carga y se eliminara el CO₂ permitiendo tener así una carga limpia sin óxidos.

En caso concreto con los cupro - aluminios ya que el Al es fácilmente oxidable, otro ejemplo clasico serían los cobres.

c) Neutros. También llamadas escorias de protección. Los cuales son fundentes a base de vidrio, algo de borax y arena sílica. Junto con otros materiales que sólo sirven como una escoria líquida protectora del metal fundido, para que el O₂ y el H₂ de los gases de combustión, no sean absorbidos por el metal.

3.2 DESGASIFICACION Y DESOXIDANTES EN ALEACIONES DE COBRE.

Todos los metales al ser fundidos se óxidan y gasifican unos más que otros, y más grave será cuanto más se sobrecalienten y más tiempo permanezcan fundidos. Por ejemplo un metal sobrecalentado que hemos sacado del horno para luego esperar a que baje la temperatura para vaciar al molde será una pieza dudosa en cuanto a su calidad y francamente el fundidor debe sentirse mal en esa inseguridad.

FUENTES DE IMPUREZAS GASEOSAS

Gases de combustión

SO₂ — 4.9 - 11%
CO — 2.0 - 6%

H₂ — 85 - 89%
N₂ — 1 - 1.2%
O₂ — 0.5%

Desgasificadores con nitrógenos o carbonatos.

FUENTES DE IMPUREZAS SOLIDAS

Gases de combustión con flamas oxidantes.

exceso de oxígeno.
Materiales oxidados.

Fundentes oxidantes.

Desoxidar.
Con Cu₃ P
Ca B₆
Mg
Li
MN
Boro - níquel

Los metales también se gasifican u oxidan en el trayecto del horno al molde y en un momento de vaclar. Por último dentro del molde puede ocurrir la reacción metal · molde que veremos adelante como ocurre y como se corrige.

3.3 MERMAS DE LOS METALES

Las mermas de los metales fundidos son inevitables. estas se originan:

- Durante la fusión el primer óxígeno se disuelve en el metal, posteriormente oxida los elementos de la aleación que flotan en la superficie.
- Fundentes oxidantes.
- Cargas muy sucias.
- Flamas muy oxidantes.
- Temperaturas muy altas y metales sobrecalentados.
- Tiempos muy largos de fusión.

Como disminuyen:

- Flamas ligeramente oxidantes.
- Fundentes controlados.
- Cargas limpias (sin aceite, que esten secos, sin arenas, ni tierra ni oxidada).
- La temperatura adecuada de vaciado aprox. 100°C arriba de su punto de fusión.

Ejemplo: si fundimos una liga nueva o aleación con análisis controlado el estaño debera agregarse al metal fundido previamente ya que de otra manera la merma por estaño será muy alta.

3.4 INFLUENCIA DE LAS IMPUREZAS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS PIEZAS FUNDIDAS.

Todas las impurezas metálicas perjudican, notablemente las propiedades mecánicas. El aluminio y el manganeso removido con fundentes adecuados abajo de 0.05%, ya no causa problemas aun en piezas sujetas a presión.

El silicio esta en identicas condiciones, 0.005% podra usarse en piezas a presión. El fierro elemento de aleación en los latones de alta resistencia y cupro - aluminio, en impurezas en bronce al estaño.

Si el silicio se encuentra como impureza en un latón de alta resistencia favorece los puntos duros. Por otro lado, el antimonio aumenta la dureza y reduce el % de alargamiento. El bismuto fragiliza la aleación.

El fundidor tiene dos enemigos a vencer:

- a) gases disueltos por acción química
- b) cantidad de impurezas gaseosa como H_2 , O_2 , S y C.

3.5 METALES GASIFICADOS POR FUSION.

Pocas fundiciones son capaces de fundir cobres y bronce sin porosidad por gas. Hay cargas fundidas que son coladas y a medida que avanza la solidificación, los bebederos y las mazarotas comienzan a inflarse, en algunos casos es tan severo que el metal llega a derramarse. Hay gases disueltos en el metal y hay hidrogeno, hay oxígeno y ya para solidificar se forma la reacción de vapor, en otros casos ocurre lo contrario o sea que tanto coladas como mazarotas presentan un rechupe característico de ausencia de gas.

Gas soluble sin formar compuestos químico - hidrógeno.

Gas soluble formando uno o más compuestos - oxígeno a expensas del metal fundido.

Gas insoluble, reacciona para formar otros gases o sólidos - Bióxido de azufre y monóxido de carbono.

Los latones comunes y latones de alta resistencia no se gasifican. En cambio los bronce al estaño si se gasifican. Y los cupro - aluminos gasifican por H_2 .

Los gases que gasifican nuestros bronce durante la fusión son producto de la combustión (aire - combustible), fundentes húmedos, utensillos húmedos, materiales húmedos,oxidados, llenos de aceite o grasa, etc.

Temperaturas de vaciado muy altas, demasiado tiempo el metal en el crisol, etc. Si unido a todo esto el metal no se desgasifica y no se desoxida correctamente no podemos obtener piezas buenas, sanas sin porosidad.

3.6 PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN.

- a) Inspeccionar las cargas: que estén secas y limpias de arena, óxidos, aceites, grasas y ningún trozo de otra aleación diferente.
- b) Corregir la flama ligeramente secos.
- c) Usar los fundentes completamente secos.
- d) Usar los crisoles y utensilios secos.
- e) Fundir rápido y no sobrecalentar los metales.

- f) Desgasificar y desoxidar según el proceso escogido.
- g) Hacer prueba de rechupe.
- h) Vaciar a la temperatura correcta escogida según la pieza, midiendo con pirómetro de inmersión.

3.7 REACCIÓN METAL - MOLDE.

Una vez que el metal líquido se recibe del horno en una cuchara perfectamente seca y al rojo para vaciar las piezas, dentro del molde, ocurre la reacción metal - molde.

La humedad del molde con el metal fundido se descompone en hidrógeno y oxígeno. El oxígeno reacciona formando óxidos metálicos y el H_2 se desprende de la solución y se vuelve a combinar con el oxígeno presente para formar vapor de agua que aparece como porosidad en la pieza.

Un exceso de fósforo aumenta la reacción metal - molde. Para las aleaciones con periodo de solidificación largo de P debe agregarse solamente el necesario, controlar a un mínimo de humedad del molde, estufar moldes y pintar a base de micas.

En las aleaciones de período de solidificación corto no hay reacción metal molde. por la película de óxido que se forma y que está en contacto con la pared del molde Si una fractura de probeta revela porosidad café oscuro, predomina el O₂ por una oxidación muy fuerte y no haber desoxidado correctamente. El silicio provoca la reacción metal - molde en los bronce con alto contenido de plomo.

3.8 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LOS DESOXIDANTES.

Los desoxidantes deben reunir las siguientes características:

- a) Debe combinarse con el oxígeno y reducir los óxidos.
- b) Fácil separación de los productos de desoxidación y salir con la escoria.
- c) El desoxidante residual, no debiera afectar las propiedades mecánicas de las piezas fundidas.

Los desoxidantes que reúnen estas condiciones son:

Cu ₃ P	Para los bronce al estaño. Para piezas delgadas hasta 0.04% para piezas gruesas hasta 0.02%. Para aleaciones de gran espesor y contenido alto en plomo 0.015%.
Ca B ₆	Boruro de calcio. Para desoxidación del Cu. Si está en exceso causa fragilidad.

Litio desoxidante energético para cobre.

Al	El aluminio como desoxidante no se emplea para bronce al estaño.
Zn	Se emplea como desoxidante.

CAPITULO 4

FUSION

Como ya hemos mencionado, los hornos de fundición tienen encomendada la misión de entregar un metal líquido sin gas, sin escorias, como aleación correcta y a la temperatura indicada para colar piezas. Como se muestra en la figura 4.1



Fig. 4.1

A continuación señalaremos las técnicas de fusión del cobre y sus aleaciones.

4.1 TÉCNICAS DE FUSIÓN PARA LOS COBRES

- a) Cobres comerciales de conductividad media (chatarras, cobre grueso).
- b) Fundir con flama ligeramente oxidante y cobertura de carbón vegetal. Se puede preparar una escoria reductora a base de carbón vegetal, arena sílica blanca y Na_2CO_3 .
 - Carbón vegetal.- No permite que el cobre se oxide.
 - Arena sílica.- Su función es escorificar trazas de fierro.
 - Na_2CO_3 . Elimina el azufre que trae el cátodo, además de escoriar y cubrir con más carbón vegetal seco.
- c) Subir la temperatura a 1250°C y con utensillos de grafito secos y al rojo hacer una desgasificación con N_2 o un desgasificante que al reaccionar libere CO_2 y arrastre al H_2 por acción mecánica.

d) El cobre desgasificado tendrá solamente oxígeno. En este momento se efectúa la desoxidación que será con Ca B_6 . Sacar probetas en arena y buscar el rechupe antes para poder vaciar.

e) En algunos casos se puede hacer una desoxidación duplex: Cu_3P y Ca B_6 o Cu_3P y litio.

- Poner Cu_3P para tener en carga 0.005% que no afecta la conductividad.
- Agregar el boruro de calcio o litio.

4.2 TÉCNICAS DE FUSION PARA LOS BRONCES AL ESTAÑO

a) Proceso de oxidación - Reducción. Se efectúa con flama oxidante y fundente oxidante (óxido cúprico y bióxido de manganeso) con ésto se evita que el H_2 se disuelva en el metal fundido.

Como no tenemos hidrógeno en el metal, pero en cambio tenemos exceso de CO_2 y óxidos metálicos disueltos, es decir la carga estará oxidada y se presentará pastosa. Debemos antes de colar desoxidar con Cu_3P .

El fósforo indicado será aquel que nos permita retirar todo el CO_2 y nos quede un fósforo residual al rededor de 0.02%, si queda menos puede captar O_2 en el trayecto al molde, si queda más puede provocar reacción metal - molde.

b) Reducción - Desgasificación. Este método se efectua con flama ligeramente oxidante y con carbón vegetal como cobertura. La carga no se oxida pero si se gasifica con hidrogeno.

Las etapas antes de colar son:

- Fundir con medio reductor (carbón).
- Como hay hidrógeno es necesario desgasificar con N_2 o un carbonato.
- Desoxidar con fósforo.

De los dos métodos anteriores el de reducción - Desgasificación se está empleando últimamente en mayor escala.

c) Ventajas y desventajas

- Con el método oxidación - reducción se pierden muchos elementos porque se oxida más aumentando las mermas.
- El método reducción - desgasificación es más sencillo más económico y no tiene mermas tan altas. Este es el método indicado para fundir bronce con P (0.10 a 0.08%).

Las temperaturas de vaciado de los bronce al estaño son muy importante y se encuentra a 1100°C.

d) Proceso.

- Precalentar el horno.
- Seleccionar la carga, cálculos, pesado de los materiales limpios y seco.
- Poner carbón de madera seco.
- Fundir lo más rápido posible. Sobrecalentar lo necesario 100°C arriba del punto de fusión aproximadamente.
- Descoriar y con más carbón seco cubrir el metal líquido.
- Con la campana de grafito iniciar la desgasificación con un carbonato.
- Dedoxidar con fósforo.
- Sacar probetas de rechazo.
- Vaciar a temperatura según pieza, tamaño y espesor.

e) Desgasificación.

La desgasificación se emplea para retirar el H₂ del metal fundido. Puede efectuarse de la siguiente manera:

- Introduciendo oxígeno (es decir, oxidando la carga).
- Extracción por arrastre mecánico con un gas inerte.
- Con un carbonato que libere CO₂ inerte, que también por arrastre mecánico lleva consigo el hidrogeno.

f) Desoxidación.

Cualquier oxidación deberá ser seguida de una desoxidación.

4.3 TÉCNICAS DE FUSIÓN DE LOS BRONCES AL MANGANESO Y BRONCES AL ALUMINIO O CUPRO - ALUMINIOS.

a) Los latones al manganeso por su alto contenido de zinc, no presentan porosidad. El zinc es un fuerte desoxidante por la formación de ZnO. Se funden en hornos de crisol con flamas ligeramente oxidantes. La fusión se lleva a cabo con un fundente reductor a base de carbón.

Este tipo de latón tiende a dar puntos duros y definitivamente éstos se atribuyen al silicio que pierde.

Debe permanecer una relación del doble de aluminio respecto al fierro para que éste entre en solución.

Otro problema que presentan es la coloración rojiza que los hace muy duros y quebradizos cuando se agregan Zn o Al estando la carga muy caliente, pasando sin querer a la fase rojiza y muy dura.

b) en los bronce tratamos el problema de la suciedad o nata que salen del maquinao.

c) Los cupro - aluminio son aleaciones que a últimas fechas están comenzando a desarrollarse. La ingeniería está requiriendo con avidez este tipo de aleaciones. Se aprovechan sus propiedades físicas y mecánicas tales como:

- Resistencia a la corrosión química.
- Alta resistencia mecánica.
- Resistencia a altas temperaturas.

ELEMENTOS DE ADICION.

Aluminio.- Este elemento debe controlarse en más o menos 0.1%, con el aluminio aumenta la dureza, la resistencia a la tracción con la disminución. Con 10.5% de Al la resistencia comienza a descender.

Fierro.- Se adiciona intencionalmente como afinador el grano. Más del 4% no tiene influencia.

Níquel.- La adición de níquel es siempre junto con el fierro. Elementos que aumentan la resistencia a la corrosión. La norma es de 5% Fe y 5% Ni para piezas de altas resistencias mecánicas, ala corrosión química y a la abrasión.

Manganeso.- Tiene menor influencia que el Fe y el Ni. Con 2% mejoran las propiedades mecánicas aumentando la cedencia y tenacidad. El manganeso también actúa como desoxidante.

Si una aleación se cuela sin Fe y Ni entonces se formara un eutectoide mas gama, quedando una aleación con baja resistencia mecánica. esta aleación deberá desmoldearse y enfriarse al aire.

Silicio.- El silicio le confiere propiedades anti - fricción. Las ligas más comunes contienen más o menos 7% Al y 2% Si.

IMPUREZAS

El estaño no deberá ser mayor de 0.2%, ya que fragiliza la aleación. El Zn es el más frecuente. Mayor de 1% ya se considera impureza. El magnesio se considera como desoxidante pero 0.01% perjudica la ductilidad.

El fósforo con 0.08% afecta las propiedades mecánicas y da fragilidad en caliente con 0.01%.

CUPRO - ALUMINIO

a) Preparación de cargas.

Las aleaciones serán con elementos virgenes, Cu cátodo y aluminio de alta pureza.

El Ni como Cu - Ni.

El Mn como Cu - Mn

El Fe como Fe - Al

Debiendo tener siempre un control exacto sobre el Al. Estas aleaciones se pueden fundir en horno de crisol con diesel o gas, ya que no presentan dificultad por el alto punto de fusión ni por colapsibilidad ya que además son excelentes para moldeo, ya sea permanente o en arena.

b) Fusión.

Existen dos maneras para fundir y colar piezas. Una es prelingotear la carga y después volver a fundir para vaciar las piezas, la otra forma es fundir y colar las piezas directamente como se menciona a continuación:

- Precalentar el crisol y agregar ligas madre. De Cu-Al y Cu-Fe-Al con el cobre cátodo o cobre limpio.
- Fundir con flama ligeramente oxidante y lo mas rápido posible. Subir la temperatura a 1200°C, siempre con cobertura de carbón de madera.
- Se puede desoxidar si se considera necesario retirando toda la escoria con carbón y poniendo en la carga CU-Mn, 0.5% Mn para que no perdamos aluminio por cobre oxidado.
- Una vez desoxidado, agregar el aluminio que falta como Cu-Al en series pequeñas.
- No poner ningún fundente ya que el aluminio al oxidarse formará una capa protectora que impedirá el paso de los gases de H₂ al metal fundido.
- No poner ningún fundente. El aluminio al oxidarse formará una capa que no dejará pasar gases de combustión al metal fundido. Si ponemos fundente la capa de aluminio se diluye y la carga se gasifica.
- Ya para vaciar se limpia el crisol y se pone criolita o un fundente a base de fluoruros solamente para retirar la escoria sin demaciado metal. Se checa la temperatura y se saca una probeta en arena para saber su grado de gasificación, si no hay se vacian las piezas. Si hay gas se gasifica con nitrógeno o con un carbonato.

c) Control del contenido de aluminio.

Si del control del 1% de aluminio depende la mayor parte de las propiedades físicas y mecánicas de la aleación, es importante entonces conocer cual es su porcentaje antes de colar piezas. Esto se logra por varios métodos, de los cuales trataremos dos:

- Por dureza, que está en razón directa del contenido de aluminio.
- Por análisis térmico, que se analizan en curvas temperatura-tiempo y curvas de enfriamiento y transformación.

d) Periodos de solidificación.

Desde el punto de vista metalúrgico, el tiempo en que una aleación de base cobre tarda en solidificarse las clasificamos en dos grupos:

* Período de solidificación largo (P.S.L.). Bronces al estaño con plomo. Con solidificación pastosa y rangos de 150 - 200°C.

* Período de solidificación corto (P.S.C.). Cobre, latones de alta resistencia y cupro - aluminio. solidificación laminar y rangos de 150°C para los cupro - aluminio.

SOLIDIFICACION DE METALES PUROS Y ALEACIONES.

Aplicación: Cobre de lata conductividad, fusión rápida, desgasificar y desoxidar.

Moldeo: Arena gruesa, alta permeabilidad, moldes secos, corazones muy colapsibles.

Vaciado: En el menor tiempo posible 4-5 kg/seg.

Alimentación: Mazarotas grandes y uso de templaderas, etc.

ALEACIONES PERIODO DE SOLIDIFICACION CORTO.

Aplicación: Cupro - aluminio. Fusión rápida, desgasificar.

Moldeo: Arena mediana, moldes en verde y estufados, corazones colapsibles.

Vaciado: lento sin turbulencia por el fondo.

Alimentación: Mazarotas grandes y uso de templaderas.

ALEACIONES PERIODO DE SOLIDIFICACION LARGO.

Aplicación: Bronces al estaño, con Pb o Zn, fusión rápida, desgasificar y desoxidar.

Moldeo: Estufados y verdes. Corazones colapsibles.

Vaciado: Sin turbulencia y lento.

Alimentación: Mazarotas normales, templaderas a piezas muy gruesas.

CAPITULO 5

ACABADO DE PIEZAS

El terminado de piezas consiste en un conjunto de operaciones a las piezas buenas, para que les sean aplicadas las operaciones de maquinado y cerrar así su ciclo.

5.1 PREACABADO

En esta primera operación se procede a extraer los corazones por vibrado, así como recuperar las armaduras que pueden ser reutilizadas.

Las piezas deben estibarse en los equipos de manejo de materiales asignados, para ser llevados a la siguiente operación.

5.2 REMOCION DE COLADAS Y ALIMENTADORES

Dado que las aleaciones de cobre son tenaces, no es posible fracturarlas por impacto. la remocion se hace:

- a) Manual.- Que es el método tradicional manual con cincel y martillo o tajadera. Su alto costo salta a la vista.
- b) Mecanica.- Puede ser un troquel de cincel o el corte con sierra cinta o con disco abrasivo.

5.3 LIMPIEZA

Consiste en despojar a las piezas de arenas pegada en la superficie. puede hacerse por los métodos manuales o mecánicos.

- a) Manual.- Es el cepillo de alambre, puede ser una cerda impulsora con motor eléctrico.
- b) Mecánico.- Se emplean chorros de granilla o arena.

5.4 ESMERILADO

Consiste en reducir en las líneas de partición las rebabas, hasta dimensiones señaladas por el cliente. Es aconsejable usar discos abrasivos ya que debido a su blandura, tapa las las ruedas del esmeril. Las rebabas mayores pueden removerse con martillos neumáticos.

5.5 RECUPERACION DE PIEZAS

Conforme a estandares de aceptación, normados por el control de calidad de las piezas, tanto en los lugares susceptibles de llevarse acabo la recuperación, como la extensión de la misma, esta pueden recuperarse por alguno de los siguientes métodos: soldadura, impregnación, oxidación y moleteado.

CAPITULO 6

CONTROL DE CALIDAD

Muchas fundiciones trabajan exitosamente sin un chequeo constante de análisis químicos para antes de vaciar, o para el chequeo de todas las piezas y materias primas. La causa principal es la rapidez del moldeo, fusión y vaciado; por lo que los resultados de laboratorio salen ya demasiado tarde.

Para compensar un poco lo anterior existen algunas pruebas prácticas de taller, que sirven para sostener el control de calidad constante.

6.1 PROPIEDADES DE LAS ARENAS Y LA DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO PARA SU DETERMINACIÓN

Humedad.- Es mediante el método llamado Spedy, consiste en agregar carburo de calcio (Ca_2C) a una determinada cantidad de arena. La mezcla colocada dentro de un recipiente hermético en donde se agita con el objeto de que se efectúe la reacción entre el carbono y el agua, formándose de inmediato gas acetileno (C_2H_2). El acetileno como todo gas, ejerce una presión la que es registrada en un manómetro del que está provisto el aparato. Este manómetro está calibrado para leer directamente el porcentaje de humedad contenido en la arena sujeta a prueba.

Permeabilidad.- En el caso de las arenas de moldeo, es la propiedad que éstas tienen, de permitir el flujo de los gases que se generan en su seno, cuando éstos se forman al reaccionar la humedad y los materiales que forman parte de la combustión con el calor del metal fundido.

Resistencia a la compresión en verde.- Es la forma que las arenas aglomeradas, presentan ante cargas de trabajo. Dicha fuerza depende de la composición de las mismas y se mide en un aparato calculado en función las dimensiones de la probeta de arena preparada.

Resistencia a la compresión en seco.- De un valor adecuado de esta propiedad, depende el alto grado la producción sana de piezas de gran volumen. Debemos considerar la importancia de éstos pues imaginemos

que sucedería si al entrar el metal fundido al molde, las paredes que están sufriendo la radiación del calor no resistieran y cediesen.

Densidad.- Es la relación peso/volumen de una muestra de arena previamente elaborada cuya composición incluye arena virgen y aglutinantes. Esto en relación a la arena virgen pura cuyo peso específico es de 1.4.

Compactabilidad.- Es la propiedad que tienen las arenas de moldeo para acomodarse en mayor o menor grado en una caja de molde y depende de su contenido de aglomerantes y aditivos.

Fluidez.- Esta propiedad es una función de las dos anteriores ya que, una arena, mientras más fluya o escurra será más moldeable y más compactable.

Moldeabilidad .- Propiedad que poseen las arenas de moldeo, para todas las cavidades y superficies de un molde o matriz, depende de su contenido de aglutinante y aditivo.

Arcilla efectiva.- Es la propiedad que presentan las arenas a los esfuerzos continuados de cortes y compresión en verde, propiedad que es conferida por su contenido de arcilla.

Corte en verde.- Es el esfuerzo que presentan las arenas al recibir una carga en sentido longitudinal.

Arcilla activada.- Se define como el poder de aglutinamiento entre granos de arena ocasionado por la acción ejercida por el contenido de bentonitas. Se dice que esta arcilla es la que realmente trabaja en la arena.

Arcilla latente.- Es aquella que se encuentra en la arena, pero que todavía no ha alcanzado a ser activada ya sea por falta de agua o mezclado.

Materia volátil.- Todos aquellos compuestos orgánicos susceptibles de quemarse.

6.2 PRUEBAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

En una fundición por pequeña que sea, desde la fusión se esta controlando físicamente a los metales, ya que desde antes estamos suponiendo resultados finales que esperamos obtener según la aleación de que se trate.

a) Probetas de rechupe.

- Cobre de alta conductividad.- Se utiliza para examinar su grado de oxidación.
- Bronces al estaño.- Para ver su contenido de gas.
- Bronces al aluminio.- Para ver su contenido de gas.

b) Probetas de fractura.

- Bronces al estaño.- Para conocer el origen de la porosidad, si es que se presenta.
- Cupro - aluminios.- Gasificación u oxidación

c) Probetas para resistencia a la tracción.

- Bronces al estaño.- La probeta de estos bronce es cilíndrica con alimentación en los extremos.
- Cupro - Aluminios.- Esta probeta es en forma de cuña.

d) Dureza.- La dureza se toma a probetas a directamente a la pieza, pudiendo ser:

- Brinell
- Rockwell
- Vickers
- Esclerómetro de Shore.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Esta prueba nos sirve de indicador en cuanto a:

- Módulo de elasticidad
- Resistencia a la cedencia
- Porcentaje de alargamiento
- Reducción de área

e) Prueba de impacto.- Indica la tenacidad de un material y la resistencia al choque. Esta prueba es definitiva para los latones de alta resistencia, es decir, bronce al manganeso, que si no ha tenido una buena práctica de fusión, adquieren una coloración rojiza.

También es para los cupro - aluminio si tienen un tratamiento térmico incorrecto para un porcentaje de Al.

f) Prueba de fatiga.- La fatiga se refiere a las fallas bajo la acción de esfuerzos alternos repetidos.

Todas estas pruebas físicas efectuadas a las diferentes aleaciones de base cobre son señaladas en normas rigurosas editadas por la SAE, ASTM, DIN, etc.

Someter las aleaciones a estas especificaciones no es nada fácil, al contrario, es muy difícil ya que se requiere mucha tecnología y preparación de muchos años de experiencia metalúrgica.

No debemos olvidar que los resultados de dichas normas son obtenidos por ellos con equipo muy especializado. La industria requiere cada vez más de aleaciones más complejas con propiedades más específicas como:

- Conductividad eléctrica y térmica
- Resistencia a la corrosión química
- Resistencia a la presión
- Resistencia al desgaste
- Resistencia a la cavitación
- Resistencia a la oxidación en caliente
- Resistencia a la compresión, etc.

6.3 NORMAS DE APROBACION DEL PRODUCTO FINAL

a) Examen visual.- Probeta.

b) Checado dimensional.- Piezas, según planos y dibujos.

c) Pruebas no destructivas.- Radiografía, ultrasonido, líquidos penetrantes y partículas magnéticas.

d) Pruebas destructivas.- Se utiliza en probetas para el comprador que necesita comprobar resultados obtenidos en planta. Para piezas que son necesarias para seccionar y ver espesores o defectos internos.

CONCLUSIONES

Como conclusión se dice que la fundición está considerada a nivel mundial como una industria primordial, para el desarrollo tecnológico y económico de un país. Debido a esto se ha tenido que recurrir a la investigación y desarrollo de nuevos procesos de manufactura con la finalidad de adaptarlos a las necesidades actuales de calidad, nuevos productos, costos de fabricación mínimos por unidad fabricada.

De manera particular en México el crecimiento en la industria de la fundición ha sido elevada ya que la tendencia como en todas las diversas ramas industriales, es la de reducir costos de fabricación al optimizar recursos humanos, materiales y económicos a fin de ser competitivos dentro de un mercado ya sea interno o externo.

Es por ello que en este documento debido a la gran aplicación que tiene el cobre y aleaciones a nivel industrial, se ha dado un enfoque práctico acerca de la fabricación de piezas, y de los diversos procedimientos para la fabricación de las mismas.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-Metals hand book
Society for metals, Euclid Avaneue, Ohio
- 2.- The aluminium bronzes C.D.A. Publicación 31-1966
Macken, P.J. and Smith, A.A.
- 3.- FundicIÓN de los metales no ferrosos
A.J. Murphy.
- 4.- Ingeniería metalúrgica tomo I
Raymon A. Higgins.
- 5.- Tratado práctico de la fundición
D. Howard.
- 6.- Metalurgia física para Ingenieros
Alberto G. Guy
- 7.-Procesos de manufactura y materiales para Ingenieros
Doyle, Lawrence E.
- 8.- Metalurgia no ferrosa
Szczgieł Jordens.
- 9.- Metalurgia
Carl G. Johnson
- 10.- Inst. Metals
N.P. Allen J.