



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

"FUNDICION DE ALUMINIO EN
ARENA VERDE"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
A R M A N D O M O R A L E S
V I C T O R O L E G A R I O A N G E L E S I S L A S

DIRECTOR DE TESIS:
ING. ERIC PAREDES VILLANUEVA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FUNDICION DE ALUMINIO EN ARENA VERDE

I N D I C E

CAPITULO 1

1.	INTRODUCCION -----	1
1.1	GENERALIDADES SOBRE EL ALUMINIO -----	4
1.2	BOSQUEJO HISTORICO -----	5
1.3	PROPIEDADES -----	8
1.3.1	DENSIDAD -----	10
1.3.2	CONDUCTIVIDAD -----	11
1.3.3	CONDUCTIVIDAD TERMICA -----	12
1.3.4	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA -----	14
1.3.5	CORROSION -----	16
1.3.6	RESISTENCIA MECANICA -----	17
1.3.7	REFLECTIBILIDAD -----	21
1.4	METALURGIA DEL ALUMINIO -----	22

CAPITULO 2

2	MODELOS -----	30
2.1	GENERALIDADES -----	30
2.2	PROPIEDADES DE LOS MODELOS -----	32
2.3	TIPOS DE MODELOS -----	48
2.4	MATERIALES PARA MODELOS -----	64
2.5	CONSTRUCCION PARA MODELOS -----	70

CAPITULO 3

3	CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS -----	87
3.1	TOLERANCIA -----	87
3.2	CONTRACCION -----	88
3.3	EXTRACCION -----	93
3.4	ACABADO -----	97
3.5	DISTORSION -----	98

CAPITULO 4

4	ELABORACION DE MOLDES -----	99
4.1	NOCIONES GENERALES -----	99
4.2	UTILES DE MOLDEO -----	103
4.3	CAJAS DE MOLDEO -----	107
4.4	MOLDEO A MANO -----	113
4.4.1	TIPOS DE MOLDEO A MANO -----	114
4.5	MOLDEO A MAQUINA -----	126
4.5.1	TIPOS DE MAQUINAS PARA ELABORAR MOLDES -----	128

CAPITULO 5

5	ARENAS -----	133
5.1	GENERALIDADES -----	133
5.2	ARENAS DE MOLDEO -----	141
5.2.1	ARCILLAS -----	143
5.3	CLASIFICACIONES -----	145
5.4	AGLOMERANTES Y AGLUTINANTES -----	149

5.4.1	REVESTIMIENTOS -----	152
-------	----------------------	-----

CAPITULO 6

6	CONTROL DE LA ARENA VERDE -----	153
6.1	PREPARACION DE LAS ARENAS-----	153
6.1.2	PREPARACION ADECUADA -----	167
6.2	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ARENAS -----	168
6.2.1	CARACTERISTICAS DE LA ARENA VERDE -----	168
6.2.2	PROPIEDADES DE LAS ARENAS DE MOLDEO -----	170
6.3	CONTROL DE LAS PROPIEDADES DE LA ARENA VERDE-----	181
6.3.1	GENERALIDADES -----	181
6.3.2	PROPIEDADES A CONTROLAR -----	183
6.3.3	CAUSAS QUE MOTIVAN CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES -----	186
6.4	CONTROL EN EL LABORATORIO DE LA ARENA EN VERDE-----	188
6.5	EQUIPO DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE LAS ARENAS-----	201

CAPITULO 7

7.	FUSION DEL ALUMINIO -----	206
7.1	GENERALIDADES -----	206
7.2	CXIDACION -----	209
7.3	HORNOS DE FUSION -----	215
7.3.1	ELECCION DEL EQUIPO DE FUSION -----	219
7.4	HORNOS DE CRISOL -----	222
7.4.1	CONSIDERACIONES ACERCA DE SU DISEÑO -----	225
7.5	CARACTERISTICAS DEL CRISOL -----	227

7.5.1	CONSIDERACIONES ACERCA DE SU MANEJO -----	231
7.6	HERRAMIENTAS -----	233
7.7	MANEJO DEL METAL FUNDIDO -----	237
7.7.1	MÉTODOS DE BERGASIFICACION -----	239
7.7.2	MÉTODOS PARA AÑADIR SOBIO COMO MODIFICADOR -----	242
7.8	COLADO DE PIEZAS -----	244
7.9	REGLAS GENERALES DE FUSION -----	247

CAPITULO 8

8.	TRATAMIENTOS TERMICOS -----	249
8.1	GENERALIDADES -----	249
8.2	SOLIDIFICACION DEL ALUMINIO PURO -----	252
8.2.1	SOLIDIFICACION DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO -----	254
8.3	ALEACIONES EUTECTICAS -----	255
8.4	TRATAMIENTO TERMICO EN SOLUCION -----	265
8.4.1	TEMPLE -----	267
8.4.2	ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ARTIFICIAL -----	268
8.5	DESIGNACION DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS -----	271
8.6	TRATAMIENTO SUBCERO -----	274
	BIBLIOGRAFIA -----	278

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

El proceso de la economía de un país lo determina el desarrollo en la fabricación de Maquinaria, en base de la fundición.

Es sumamente importante la producción de piezas fundidas en la economía de la nación, casi todas las máquinas y aparatos tienen piezas de fundición. No hay rama en la construcción de maquinaria, la industria de fabricación de aparatos y en la construcción, donde no se empleen piezas fundidas.

La fundición es uno de los métodos más viejos utilizados, aún en la actualidad para producir artículos de metal.

El rápido desarrollo de la economía plantea ante la producción de piezas fundidas el problema de la satisfacción de las demandas de diferentes ramas de la industria en piezas fundidas y la elevación constante de su producción.

El perfeccionamiento posterior de la tecnología, la mecanización y automatización en la elevación constante de su calidad y eficacia de la producción se realiza basándose en diversas investigaciones científicas.

En muchos casos, los logros de la ciencia moderna permiten efectuar un cambio básico en el proceso Tecnológico, elevando considerablemente la productividad del trabajo, creando máquinas automáticas para fundición y como resultado mejorar la calidad de los artículos y elevar la eficiencia de la producción.

Basándose en los motivos ya antes mencionados, esas nuevas aleaciones modernas o elementos con poco tiempo de descubrimiento como el aluminio es un metal en gran auge por su amplio campo de utilización

La fundición es muy aprovechada en la industria por diversos factores que se enunciarán en el transcurso de este trabajo.

El aluminio entra en la composición de la corteza terrestre en una proporción aproximada de 8%, es decir mucho mayor que todos los demás metales de uso corriente, sin embargo sólo se le conoce como material desde hace 160 años, lo que hay que atribuir a su gran afinidad para con el oxígeno, que hace muy difícil aislarlo de su compuesto oxigenado la alúmina. Esto es debido también a que aún después de que Oersted, Wohler, Sainte-Claire Deville y otros investigadores, encontraron el procedimiento para la obtención del aluminio puro, transcurrieron muchos años antes

de que estos procedimientos alcanzaran su madurez industrial.

La importancia de el aluminio, se puede deducir de su producción mundial que en 1943 que a causa de las demandas de material bélico de guerra, alcanzó la cifra de dos millones de toneladas, por lo tanto podemos concluir que el aluminio es uno de los metales más modernos y de amplia aplicación.

1.1 GENERALIDADES SOBRE ALUMINIO.

El aluminio es uno de los metales más modernos, pues fue descubierto por el alemán Wöler en 1827; pero el procedimiento industrial se debe al francés Sainte-Claire Deville, quien en 1854, consiguió producir aluminio suficientemente puro.

El ahorro de peso en la construcción, sin modificar la capacidad de resistencia, es algo que interesa en cualquier rama de la industria y una necesidad en la construcción de vehículos terrestres, barcos y aviones, porque una disminución en el peso muerto supone un aumento en la capacidad de carga, en la autonomía o en la velocidad. De ahí el interés actual sobre este metal.

Su buena conductividad eléctrica permite emplearlo para sustituir el cobre en la fabricación de conductores eléctricos, se lo usan para cables más ligeros que resisten maravillosamente la acción de la intemperie gracias a la capa de óxido, transparente y compacta, que se forma naturalmente sobre su superficie; su elevada reflectividad para la luz y el calor aconsejan su empleo.

1.2 BOSQUEJO HISTORICO.

El aluminio, a excepción del oxígeno y del silicio, es el elemento que más abunda en la Naturaleza, pero no se presenta en estado metálico.

En forma de óxido se encuentra en el Corindón, záfiro, esmeril, rubí, etc., y el hidrato en unión del óxido en la bauxita, que es el mineral más importante para el beneficio del aluminio. En forma de sulfato hidratado se encuentra en la aluminita y como sulfato doble de aluminio y potasio en la piedra alumbre; como silicato doble con hierro, magnesio y calcio se encuentra en cantidades inmensas en los feldespatos.

El nombre de este metal procede del latín alumen aplicado por los romanos a todos los cuerpos de sabor astringente.

En 1859 Sainte Claire Deville obtuvo el aluminio por electrólisis del cloruro fundido, simplificando después la preparación del potasio. También definió las características principales de fundición de este metal en la siguiente forma: se cuela el aluminio con gran facilidad en moldes de metal o mejor de arena, en piezas complicadas, empleando arena muy porosa para facilitar la

evacuación del aire expulsado del metal. Cuando la colada es completa, es indispensable verter todavía un poco más de metal líquido para compensar la contracción, antes que se solidifique.

El emperador Napoleón III, concededor de estas investigaciones, le colocó en la factoría de Javel, proporcionándole los aparatos necesarios para continuar sus investigaciones, presentando muestras de aluminio en la Exposición de París de 1855.

Algunos años después (1833) Welton aseguró que el único método conocido para el beneficio industrial del aluminio es el de Deville, perfeccionado por Pechiney.

Muy pronto se impusieron los procedimientos de Hércult y Hall; además, los combustibles minerales no podían competir con la energía hidroeléctrica, lo que originó rápido crecimiento de la misma.

La primera factoría en que se aplicó la electricidad en la producción del aluminio se instaló en New Kensington por la Pittsburg Company que en la actualidad es la Aluminium Company of America con tres factorías en Niagara Falls, Massena y Shawington Falls. Entre las primeras fábricas europeas de aluminio hay que

mencionar la Aluminium Industrie A. G., con sus fábricas de - -
Newhausen, Rheinfelden y Gastein, la British Aluminium Company -
con sus factorías de Foyers, Kinverleven, Greenock, Larne Mitton
la Societé Electrometallurgique Francaise y la Cie. des Produits
Chimiques d'Alais y de la Camargue, las instalaciones de Bussi -
(Italia), la de Vigeland Falls (Noruega), la del Aluminio Espa--
ñol, S. A. en Sabiñanigo (Huesca) y la Empresa Nacional de Alumi-
nio, S. A., además de la ubicada en Valladolid.

1.3 PROPIEDADES

Introducción.- Para estimar las posibilidades de empleo de un material es necesario conocer sus propiedades.

Por esta razón nos abocamos a enunciar las más importantes.

Propiedades físicas del aluminio puro de 99.5%	
<u>PROPIEDADES</u>	<u>Valores</u>
Peso atómico.....	26.97
Volumen atómico.....	10.0
Estructura cristalina (cúbica de caras centradas), parámetro de la red.	$4.04 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$
Peso específico a 20°C.....	2.70 g/cm^3
Peso específico a 700°C.....	2.38 g/cm^3
Compresibilidad a 20°C.....	$1.45 \cdot 10^{-6} \text{ dv/vol.at}$
Compresibilidad a 125°C.....	$1.70 \cdot 10^{-6} \text{ dv/vol.at}$
Tensión superficial desde 700 a - - 800°C.....	520 dinas/cm
Coefficiente de dilatación lineal de 20 a 100°C.....	$24,0 \cdot 10^{-6}$
Coefficiente de dilatación lineal de 20 a 600°C.....	$28,5 \cdot 10^{-6}$
Contracción.....	1.7 a 1.9%
Aumento de volumen en el peso de sólido a líquido.....	aprox. 6.5%
Punto de fusión.....	658°C
Calor latente de fusión.....	92.4 cal/g.
Calor específico a 20°C.....	0.214 cal/g.°C
Calor específico a 100°C.....	0.223 cal/g.°C
Calor específico a 500°C.....	0.266 cal/g.°C
Calor específico medio desde 0 a - - 658°C (sólido).....	0.25 cal/g.°C
Calor específico a 700°C.....	0.25 cal/g.°C
Punto de ebullición.....	2270°C
Tensión de vapor a 659°C.....	0.00062 mm Hg
Tensión de vapor a 700°C.....	aprox. 0.001 mm Hg
Conductividad calorífica a 0°C.....	0.50 cal/cm.seg.°C
Conductividad calorífica a 100°C...	0.51 cal/cm.seg.°C
Conductividad calorífica a 200°C...	0.52 cal/cm.seg.°C
Conductividad eléctrica a 20°C.....	
blando.....	36 a $36.5 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
duro.....	35 a $35.5 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
colado.....	aprox. $33 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$

Conductividad eléctrica a 660°C -- líquido.....	0,25 m ² /mm ²
Resistencia eléctrica específica a 20°C	
blando..	0,0278 a 0,02740 mm ² /m
duro.....	0,0286 a 0,02820 mm ² /m
colado...	aprox. 0,030 mm ² /m
Resistencia eléctrica específica a 660°C..... líquido..	0,250 mm ² /m
Coefficiente de temperatura de la resistencia eléctrica (sólido)..	0,0041
Susceptibilidad magnética a 18°C..	C.F. 10 ⁻⁶
Módulo de elasticidad.....	8200 a 58000 Kg /mm ²

I.3.1 DENSIDAD

El aluminio de pureza 99.99% tiene una densidad de 2.699 Kg/m^3 a 20°C . La densidad aumenta ligeramente cuando baja la pureza del metal; por ejemplo, la densidad de un Al de 99.5% es de 2.705 Kg/m^3 a 20°C . En el punto de fusión la densidad es:

- . Densidad del aluminio sólido a 660°C = 2.55 Kg/m^3
- . Densidad del aluminio líquido a 660°C = 2.382 Kg/m^3

que corresponde a una contracción volumétrica del 6,6% durante la solidificación.

I.3.2 CONDUCTIVIDAD

Lo mismo que los metales como el cobre, aluminio, etc. puros poseen los puntos de fusión más elevados, con también los que presentan las máximas conductividades térmica y eléctrica. La adición de aleantes, el trabajo en frío y los tratamientos térmicos reducir en diferentes grados el valor de estas propiedades. Las adiciones de titanio y magnesio son las que más fuertemente las hacen decender.

Las aleaciones presentan conductividad más elevadas que las deformadas en frío o las sometidas a un tratamiento de disolución o envejecidas. Las conductividades térmica y eléctrica no varían siempre en la misma proporción, por lo que si se precisaran datos exactos es necesaria la determinación de la conductividad térmica.

I.3.3 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El aluminio de 99,5% bruto de colada presenta una conductividad térmica de 0,506 cal/cm seg°C que se eleva a 0,513 después de un tratamiento de homogeneización, y puede al contrario, descender a 0,48° por deformación en frío.

Por lo tanto podemos hacer presente que se admite:

Conductividad a 20°C = 0,52 cal / cm² seg°C

Esta cifra puede considerarse válida prácticamente hasta los -- 200°C, a bajas temperaturas la conductividad térmica crece al -- principio pero disminuye rápidamente por debajo de los -230°C -- (bajo cero).

T A B L A 1.1

TEMPERATURA °C	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Varios cm/cm ² °C
20	2.9
-100	2.5
-230	3.5
-260 (bajo cero)	1.5

El duraluminio (Al-Cu-Mg) bruto de colada posee 0.285 de con-
ductividad térmica homogeneizada 0.40% y endurecido por enveje-
cimiento 0.30% cal/cm seg.°C.

1.3.4 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

GENERALIDADES.

La resistividad del aluminio más puro (99.9999) es de $2.630 \mu\Omega \text{ cm}^2 / \text{cm}$ a 20°C .

Se puede relacionar también esta característica con la del cobre a la misma temperatura ($1.7241 \mu\Omega \text{ cm}^2 / \text{cm}$) y decir que la conductividad del aluminio es el 65.46% de la del cobre. La conductividad del aluminio comercial o de sus aleaciones es inferior a este valor. Se le puede concebir de una manera simplificada admitiendo que la conductividad eléctrica se debe a la circulación de los electrones en el metal.

Por consiguiente se encuentra en relación con el número de "electrones" y con su libertad de circulación en la masa del metal.

Los electrones son frenados por sus choques con los átomos y se puede comprender que la conductividad eléctrica resulte afectada por todo aquello que destruye la "conductividad" de la materia a cualquier escala: atómica, microscópica.

De esta manera puede explicarse que la conductividad del aluminio resulte disminuida, en primer lugar, por las impurezas que conten
ga.

Los átomos de los metales en disolución provocan deformaciones -- de la red cristalina que frenan el desplazamiento de los electrones; esta acción es mucho menos sensible si la impureza no se encuentra en disolución.

En segundo lugar, la conductividad resulta afectada por la aspereza que perturba profundamente el orden de la red cristalina, y finalmente por elevación de la temperatura, que aumenta la agitación térmica de los átomos alrededor de su posición de equilibrio.

1.3.5 CORROSION

El aluminio tiene una gran afinidad para el oxígeno, a pesar de la cual presenta una notable resistencia a la corrosión en muchos medios activos. Cables conductores de aluminio han resistido muy bien durante cincuenta años la acción corrosiva de las atmósferas marítimas y de las ciudades. Sin necesidad de protección alguna, este metal ha presentado condiciones óptimas. La razón de este comportamiento es una película de óxido que se forma inmediatamente por la acción del oxígeno atmosférico; esta película resulta impermeable a la humedad y los gases, por lo que protege el metal contra el ataque posterior. Esta capa de óxido formada sobre el metal es también causa de que su potencial electroquímico aumente. En general, sólo es posible el ataque de aluminio cuando la película de óxido se destruye mecánicamente o químicamente.

1.3.6 RESISTENCIA MECANICA

Las propiedades mecánicas esenciales del aluminio son las siguientes:

Módulo de elasticidad..... 6700 Kg/mm^2

Módulo de torsión..... 2700 Kg/cm^2

Las características mecánicas del aluminio varían mucho según la naturaleza de las impurezas y su porcentaje, así como las propiedades de la deformación y del recocido final.

Para el aluminio refinado más puro de 99,999% se ha hallado sobre hilo de 1.5 mm recocido 113 horas a 130°C :

Carga de ruptura..... 5.4 Kg/mm^2

Alargamiento..... 62%

La tabla 1.2 da las cifras comunmente admitidas para el aluminio refinado y el aluminio ordinario en productos laminados comercialmente.

T A B L A 1.2

Tipo del metal	Estado del metal	Carga de rotura Kg/cm^2	Módulo elástico (en 10^4) Kg/cm^2	Alargamiento %	Dureza Brinell
99,997	Recocido.....	5	7	40	34
	Semiduro.....	8	8	18	24
	Duro	13	9	10	31
99,5	Recocido.....	8	4	42	20
	Semiduro.....	11	10	14	29
	Duro	18	15	5	47

Recocido del Aluminio: El recocido de ablandamiento para el aluminio, después de la deformación en frío se realiza más rápido y a temperatura más baja cuanto más puro es el aluminio.

Propiedades Mecánicas en caliente.

Pueden darse las siguientes:

T A B L A 1.3

Al de 99,5 % laminado-recocido

Temperatura °C	Carga de rotura Kg/mm ²	Límite elástico en 0,24 Kg/mm ²	Alargamiento %
150	6	3	85
200	4	2,5	85
250	3	1,5	75
300	2	1	60
350	1,5	0,7	35

Propiedades Mecánicas a bajas temperaturas, pueden darse las siguientes para Aluminio refinado al 99.5%.

T A B L A 1.4

METAL Al re- finado de - - 99.5%	TEMPERATURA °C	LIMITE ELASTICO (en 0.05%) Kg/mm ²	RESISTENCIA A LA RUPURA Kg/mm ²	ALARGAMIENTO %
RECOCIDO	20	1.25	7	40
	138	2	9.5	46
	196	2.5	10	50
DEFORMA- DO	20	7.5	8	22
	138	8	11	32
	196	10	12.5	43

1.3.7 REFLECTIBILIDAD

El empleo cada vez más generalizado del Aluminio y sus aleaciones como espejo para todas las longitudes de onda, hace preciso el conocimiento amplio de su poder de reflexión R .

Como es sabido, esta magnitud está ligada con el poder de emisión E por la sencilla relación $E + R = 1$, y dependen mucho de la longitud de onda empleada. Por lo demás, la radiación reflejada se compone de una parte que sigue la ley geométrica de los espejos y otra parte que se difunde y relación entre estas dos partes está comprendida entre la correspondiente al espejo ideal y la de la superficie mate que dispersa la totalidad en todas direcciones.

El poder de reflexión de las hojas de aluminio, se aprovecha, -- por ejemplo, en el material aislante a temperaturas altas, formado por hojas de aluminio de 2.01 mm de espesor, soportado por un material textil de gran facilidad para confeccionar trajes empleados por los bomberos y trabajos en tareas expuestos al calor.

1.4 METALURGIA DE ALUMINIO

Si se considera la posición del aluminio en la serie de potenciales electroquímicos, según la tabla 1.5.

T A B L A 1.5

Tanto por ciento de los metales en la corteza terrestre, calor de combustión y potencial electroquímico frente al hidrógeno.

M E T A L	TANTO POR CIENTO EN LA CORTEZA TERRESTRE.	CALOR DE COMBUSTION EN Kcal POR ATOMO GRAMO	POTENCIAL NORMAL CONTRA EL ELECTRODO DE HIDROGENO EN VOLTIOS
Silicio	26.8	19 (crist.)	(aprox.) - 0
Aluminio	7.5	196	-1.65
Hierro	4.3	84	-0.43
Calcio	3.4	152	-2.8
Sodio	2.6	50	-2.72
Potasio	2.4	43	-2.95
Magnesio	1.9	144	-1.97
Cinc	0.02	85	-0.76
Estroncio	0.02	139 (CuO)	-2.7
Estaño	6.10 ⁻⁶	138 (SnO ₂)	-0.15
Cobre	0.01	37 (CuO)	+0.35
Oro	2.10 ⁻⁸	-	+0.99

Se observa que se encuentra entre los metales más electronegativos, por lo que en la electrólisis todos los metales que son menos electronegativos que él, como el hierro y el silicio que se hallan en grandes cantidades en los minerales, se separan antes sobre el cátodo. La electrólisis del aluminio requiere por ello una purificación previa. Como consecuencia, resulta una necesidad comercial partir de minerales lo más ricos posibles en aluminio, y entre ellos se encuentra en primera línea de importancia la bauxita, con aproximadamente 60% de Al_2O_3 (trioxido de aluminio) 22% de Fe_2O_3 (trioxido de Hierro) 3% de SiO_2 (dióxido de silicio o sílice o cristal de roca) 2% TiO_2 (dióxido de titanio) y 12% de H_2O .

Como se ve en la figura 1.2 la bauxita se halla en abundancia en los países mediterráneos y en muchas otras regiones.

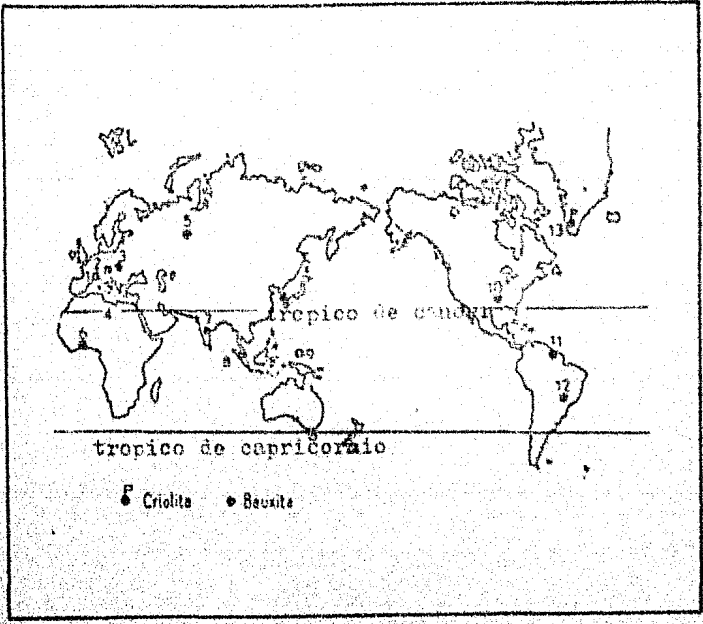


Fig. 1.2 Yacimientos más importantes de bauxita y criolita.

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1.- FRANCIA | 8.- MALASIA |
| 2.- SUIZA | 9.- GUINEA |
| 3.- ALEMANIA OCCIDENTAL | 10.- E.U.A. |
| 4.- LIBIA | 11.- GUAYANAS HOLANDESAS |
| 5.- U.R.S.S. | 12.- BRASIL |
| 6.- GHANA | 13.- GROELANDIA |
| 7.- INDIA | |

especialmente en los límites entre las zonas templada y torrida (las comprendidas entre los trópicos y los círculos polares del globo).

A pesar de que existen muchos minerales metalíferos que contienen aluminio en abundancia en la corteza terrestre, sólo la bauxita ha probado ser económicamente una fuente comercial del mineral del cual el metal puede ser obtenido. La bauxita se extrae usualmente de las minas, por el método de depósito abierto, luego se tritura, algunas veces se lava para remover arcillas y se seca. Este es refinado en el óxido de aluminio o alúmina, como es llamado en la industria.

El proceso bayer, nombrado así por el químico alemán Karl Josef Bayer, es el método que con más amplitud se usa para producir alúmina en estado metálico.

La purificación de la bauxita se realiza hoy, casi exclusivamente por el método de bayer, en el que, como se ve en la siguiente figura 1.3 la bauxita (1) después de calentar la sustancia hasta desecarla sin carbonizarla en un horno giratorio (2), se pulveriza finalmente en un molino de bolas (3).

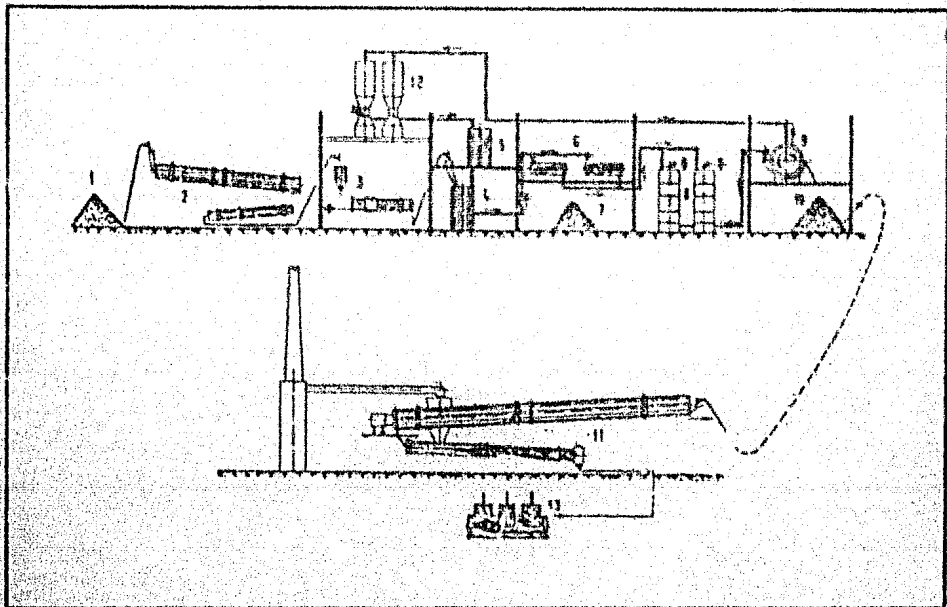


FIG. 1.3 Esquema de la obtención de la alumina, según el proceso de Bayer.

El polvo se carga en autoclaves (dispositivos que se cierran por sí mismo), (4); donde a 165°C y presión de vapor de una atmósfera, es en aluminato sódico(11). Cada 48 horas se sangra o extrae el metal recozido en el recipiente electrolizador. La pureza -- usual del aluminio obtenido por este procedimiento oscila entre el 99 y el 99.8%.

Si se necesita un metal aún más puro, se procede a una electrólisis de afino, en la forma realizada primeramente por el americano Hoppes, figura 1.6.

El aluminio, específicamente más ligero, flota sobre el electrolito. Por este método se puede obtener aluminio de 99.99% y aún más puro, que se caracteriza por su elevada resistencia química a la corrosión. Por tonelada de aluminio se necesita 2 toneladas de alúmina, se consumen unos 24 millones de Kcal (unas 8 toneladas de carbón de baja calidad) y la reducción electrolítica de esas 2 toneladas para obtener la de aluminio exige una cantidad de energía eléctrica de unos 20,000 Kw/h. En todos los países pobres en carbón, pero ricos en energía hidráulica, el único proceso económicamente realizable es la electrólisis, mientras la preparación de la alúmina debe desplazarse a regiones en las que el combustible sea barato, dadas las grandes exigencias de calor. Mientras la bauxita contiene un 60% de alúmina, el mine-

ral aluminoso más difundida sobre la tierra, la arcilla, sólo --
 tiene del 25 al 40% de alúmina y un alto porcentaje de sílice; --
 resulta de ello que, para obtener una tonelada de alúmina, se ne
 cesitaría doble cantidad de arcilla que de bauxita y, además el
 proceso Bayer, que es barato, no es apropiado para materiales --
 con alto contenido de sílice.

Ninguno de estos procesos de obtención de aluminio puede reali--
 zarse en países pobres en carbón, por lo que éstos deben limitar
 se a importar alúmina extranjera y no, como frecuentemente o --
 erróneamente hacen, realizar la importación de bauxitas.

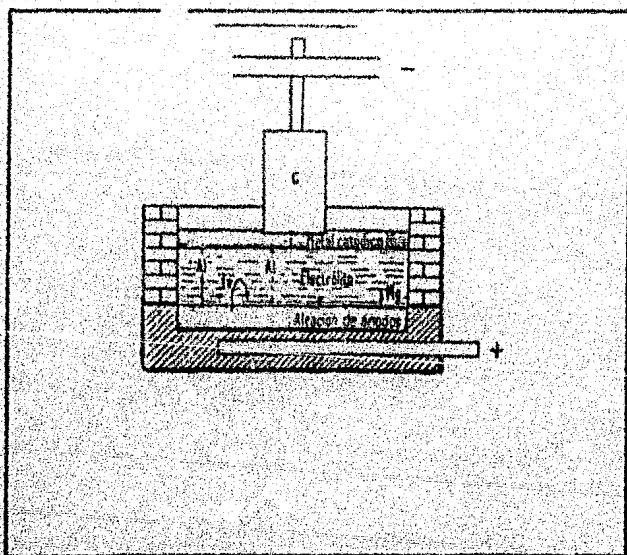


FIG. 1.4 Esquema de la electrolisis de afinado del aluminio

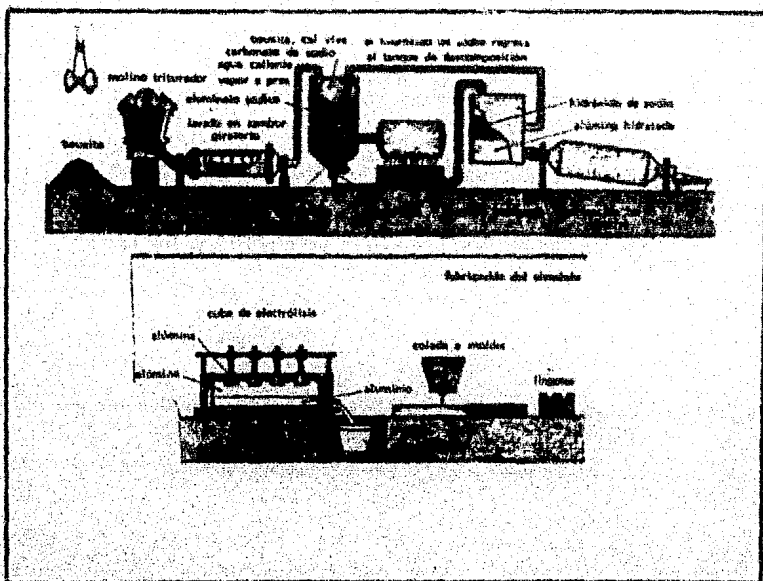


FIG. 1.6 FABRICACION ELECTROLITICA DEL ALUMINIO POR EL METODO (PECHINEY) CONTEMPORANEO.

CAPITULO 2

2. MODELOS

2.1 GENERALIDADES

Para hacer una pieza hay que preparar, con materiales adecuados, un molde o reproducción en negativo de la misma y rellenar este molde con metal fundido, el metal al enfriarse y solidificarse tiene la configuración exacta de la pieza, aunque sus dimensiones son algo menores, como se verá más adelante.

Para obtener el molde hay que emplear un modelo, que es, por regla general, una fiel reproducción de la pieza (modelo al natural). Sin embargo, en algunos casos, como en el de los modelos simplificados, no parecen tener ninguna relación (esqueletos, tarrajas, plantillas).

El modelo es factor de mucha importancia en el proceso de fabricación y transmite sus caracteres al producto final: por esta razón debe poseer unas propiedades determinadas.

Los modelos para la colada de aluminio se fabrican generalmente observando las mismas normas que rigen para los metales pesados. El coeficiente de contracción de las diversas clases de aleacio-

nes de aluminio es de 1 hasta 1.4 %, por lo general hasta considerar el 1%. Los modelos empleados deben ser limpios y lisos, - ya que todos los defectos vienen después a reflejarse en la pieza colada.

Es importante que las aristas no sean muy agudas y que tengan suficiente salida. Como el valor del aluminio es mayor que el de la fundición gris, los modelos para piezas de aluminio deberán tener una mayor precisión que los usados para fundiciones de hierro (menor exceso para mecanización).

Por lo tanto, las cajas con sus guías y todo el material de molde debe tener una construcción exacta y robusta. Los modelos fabricados para fundir metales pesados raras veces pueden ser utilizados para aluminio porque casi nunca satisfacen las exigencias relativas a alimentadoras, mazarrotas, placas de enfriamiento, etc, es por lo tanto, conveniente que el modelista y el fundidor preparen de común acuerdo el modelo, pues muchas veces sólo es posible lograr una producción económica mediante despieces especiales, pudiendo en caso contrario peligrar incluso el logro de la pieza. Tratándose de series de 50 piezas o más, vale la pena fabricar un modelo de aluminio valiéndose de un modelo barato de madera.

2.2 PROPIEDADES DE LOS MODELOS

Facilidad de desmoldado.- Hecho el modelo éste se rodea el molde de los materiales de molde, hay que abrirlo, para lo cual se hacen los modelos en dos o más partes separables por las correspondientes superficies de contacto, que se llaman superficie de desmoldado o de separación.

Una vez abierto, se extrae el modelo para retocar el molde y llenarlo después de metal líquido. Por tanto, el modelo debe ser de fácil extracción.

Fijada la dirección de abertura del molde y de extracción del modelo figuras 2.1 y 2.2 debe procurarse que este último tenga las caras paralelas al plano de separación del molde gradualmente -- decrecientes hacia el interior, es decir que sus lados sean ligeramente cónicos, para evitar que al ser extraído arrastre consigo el material del molde.

Esto se expresa igualmente diciendo que una recta paralela a la dirección de extracción del modelo trazada desde cualquier punto de su superficie debe atravesar solamente el material del molde y formar con la pared adyacente del modelo un ángulo de salida -

B;

El proyectista y el diseñador, deben tener en cuenta esta circunstancia y establecer en sus dibujos el ángulo de salida conveniente para evitar que el modelista lo establezca por sí, alterando el molde o las dimensiones de la pieza en dirección o en cantidad inadecuadas a las exigencias del proyecto. Fig. 2.15

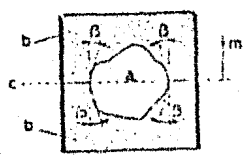


FIGURA 2.1. Significado de la salida β son las dos partes del molde; m , - la dirección de desmodelado. Para poder extraer el modelo a , éste debe presentarse en el plano de separación máxima y tener inclinadas de un ángulo β las paredes del contorno, - inclinación que se llama salida.

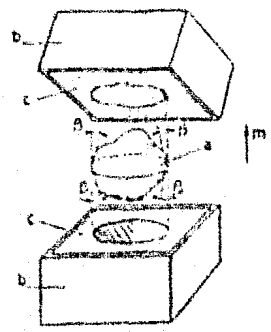


FIGURA 2.2 El molde está abierto y el modelo ha sido extraído.

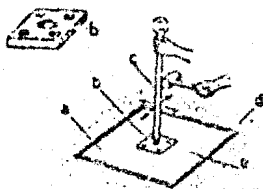


FIGURA 2.3 Desprendimiento del modelo. Golpeando con el mazo horizontalmente se crea entre el modelo a y el molde d el huelgo c, que facilita la extracción del modelo sirve para aplicarle el tirafondo e

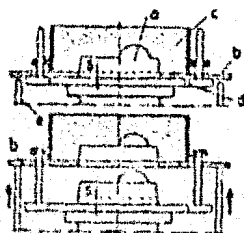


FIGURA 2.4 Empleo de las placas de pasar. Durante el desmoldeo en el sentido de las flechas, la placa de pasar b, sog tiene la caja y la arena del molde, evitando que este se estropee.

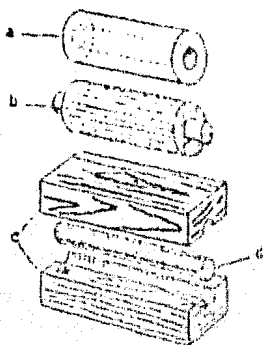


FIGURA 2.7 Pieza de fundición a, en
 del b, con macho c, realizado en
 la caja de moldes c, de un cilindro-
 hueco.

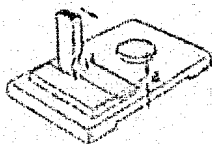


FIGURA 2.8 En la superfi-
 cie que hayo de ser ruda-
 nizada deberá dejarse un
 cierto espacio suplementario del metal.

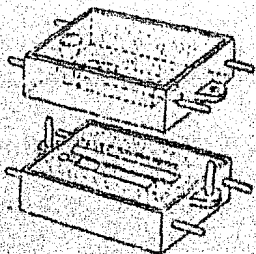


FIGURA 2.9 Moldeo de la pieza anterior a punto de
 cerrar la caja. Obsérvese la posición del macho.

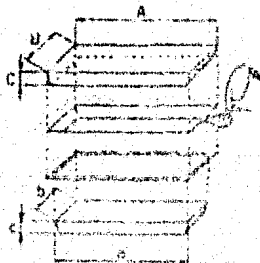


FIGURA 1.3. Significado de la contracción. Un modelo de dimensiones $A \times B \times C$ deja en la arena una huella o hueco de iguales dimensiones que el metal rellena, pero al enfriarse, por efecto de la contracción asumirá las dimensiones $a \times b \times c$, menores.

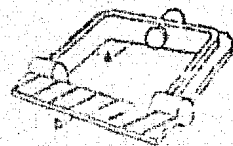


FIGURA 1.5. Los moldes delicados deben consolidarse con refuerzos (especificados mediante rayas transversales) cuya huella en la arena debe rellenarse después de sacar el modelo y antes de la colada.

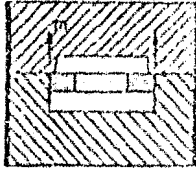


FIGURA 2.10 Significado de la contrasalida o mortaja. Siendo la dirección de desmoldeo, las partes de rayado más fino del molde obstruirá la extracción del modelo.

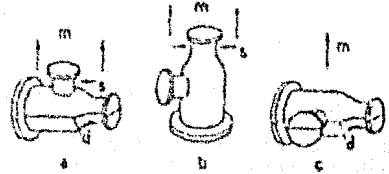


FIGURA 2.11 Algunas veces pueden evitarse las contrasalidas orientando el modelo adecuadamente en el molde. En a y en b no se puede sacar el modelo por motivo de las contrasalidas. Pero en la posición c, sí puede extraerse.

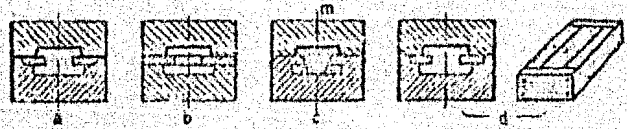


FIGURA 2.12 Modos diversos de resolver las contrasalidas en a, - Modelo en entero y moldeo con piezas; en b, modelo de despiece y moldeo en tres cajas (la intermedia se llama caja del modelo en c, modelo de despiece y extracción lateral de los elementos del modelo; en d, moldeo con machos.

En las tablas 2.1 y 2.2 están indicados los valores de la salida S en milímetros o en tanto por ciento y los ángulos de salida B aconsejables.

La salida puede reducirse en algunos casos:

- a) En los modelos metálicos con relación a los de otros materiales.
- b) En los modelos de precisión, recios y cuidadosamente acabados.
- c) Con el uso de lubricantes (petróleo o silicones para los modelos metálicos, talco o licopodio, planta cuyas espumas constituyen un polvillo fino, este protege contra la humedad para los moldes de madera).
- d) Por medio de un barnizado adecuado, que protege de la humedad al molde de madera y evite la tendencia del mismo a adherirse al material de moldeo.
- e) Por redondeamiento de las aristas salientes y entrantes con lo que se evita la fragilidad del moldeo: los redon-

deamientos y las sedias cañas responden también a una necesidad metalúrgica, como se verá una explicación más -- adelante.

- f) Percutiendo el modelo en todos sentidos del plano horizontal al objeto de crear un hualgo que facilite su extracción.

Para ésto, se dispone en el modelo en uno o más puntos -- adecuados, una pequeña placa metálica agujereada por el centro, figura 2.3. En el agujero se aplica un tirafondo que se golpea como se indica en la figura. En algunos casos, se obtienen los mismos resultados con el empleo de un vibrador eléctrico o neumático.

- f) Por la aplicación de placas de pasar, es decir de plan-- onas perforadas según el contorno del modelo, figura 2.4 que se mantienen adheridas al molde de forma que aguan-- ten el material del mismo e impidan que sea arrastrado -- con el modelo al extraer éste último. Las placas de pasar se emplean mucho en el moldeo a máquina.

En estos casos, el modelo debe ir unido a una placa modelo y au--

TABLA 2.1 Valores aconsejables de la salida s , en milímetros y - en tanto por ciento, y del ángulo de salida B para sólidos y bien construidos.

Altura del Modelo mm	SALIDA			ANGULO B DE SALIDA	OBSERVACIONES
	S				
	mm	%			
Hasta 40	0,5	1,25		15"	Para paredes o nervaduras delgadas, conviene aumentar estos valores hasta duplicarlos. Para agujeros y huecos, = 15...20% y a veces más.
40... 50	0,75	1,8...1,2		15"	
60...110	1	1,7...0,8		40"	
120...150	1,5	1,25...0,9		40"	
160...190	1,75	1,1...0,9		40"	
200...240	2	1...0,8		30"	
250...290	2,5	1...0,8		30"	
300...390	3	1...0,7		30"	
400...490	3,5	0,9...0,8		30"	
Más de		Menos de			
500	4	0,8		30"	

Los valores de esta tabla son básicos y se adoptarán preferentemente para modelos metálicos hechos a máquina, posiblemente fijados sobre planchas y bien acabados. El desmodelado deberá hacerse con vibradores y con guías, o mejor con máquina de desmodelar.

TABLA 2.2 Otros valores de la salida S en tanto por ciento, y del ángulo de salida B.

TIPO DEL MODELO	S A L I D A		A P L I C A C I O N E S
	S	ÁNGULO DE SALIDA B	
Sin salida....	0.2	9° 1'	Columnas y modelos de altura > 2° m.
	0.5	0°7'10"	
Salida mínima normal pronunciada	1	0°34'30"	Huecos en placas-modelo.
	2	1°9'	
	5	2°52'	
Portadas de macho	5	2°52'	Portadas o marcas del macho de poco diámetro (20 mm o menos). Portadas o marcas a cubrir con la caja superior, portadas normales de los filtros.
	10	5°42'30"	
	20	11°18'30"	
Huecos dentro de placas-modelo	50	26°4'	
	100	45°	

mentarse su altura en proporción al espesor de la placa de pasar.

Funcionalidad o congruencia.- Los modelos deben construirse de modo que la pieza resultante de la colada se adapte al mecanizado y al uso para el que está destinada; han de ser por consiguiente funcionales o congruentes y resultar:

- a) Prácticos.- Los modelos deben barnizarse con coloraciones diversas, según la clase de metal que se emplee en la colada.

Esto evitará errores y será una indicación de mucha utilidad para la fundición.

La tabla 2.3 da los colores unificados que se usan en forma standar.

Los modelos deben llevar, además, marcas, siglas y números que sirvan para su fácil catalogación, su ordenado almacenamiento y para una clara individualización de las piezas. Es preferible que las indicaciones estén en relieve o gravadas, de modo que no estorben a la extracción del modelo ni afeen la estética de la pieza.

b) Precisos.- Si se quieren conseguir piezas de precisión, es indispensable que los modelos sean igualmente exactos, y que conserven esta cualidad mientras estén en uso e incluso durante su almacenamiento. Los modelos de madera por ejemplo, deben construirse en madera sometida a un secado conveniente y recubrirse con barniz impermeable. Los modelos delicados deben formarse con refuerzos, nervaduras, etc. figura 2.5.

c) Duraderos.- Los criterios de proyección y construcción de un modelo son distintos según haya de servir para una pieza, para algunas decenas o para varios millares.

Las propiedades de exactitud y de duración son las que determinan el tipo de construcción y el material que a emplearse..

d) Útiles.- Los modelos deben ser adecuados a los mecanizados y al uso que habrán de darse a las piezas. Si una pieza ha de emplearse en bruto, es decir, tal como queda después de desbarbada y limpiada, el modelo no precisa una preparación especial. Pero, si la pieza ha de ser mecanizada en una o más superficies debe darse al modelo

TABLA 2.3 Colores e inscripciones en los modelos y cajas de machos.

DENOMINACION	PIEZAS FUNDIDAS EN				
	HIERRO FUNDIDO	ACERO Y HIERRO MALLABLE	BRONCE Y LATON	ALEACIO NES LEGIERAS	OTROS METALES
Superficies del modelo y de la caja de machos correspondientes a superficies grises de la pieza y eventuales superficies de los modelos (indicar en negro el perfil del macho).	Fojo cianabrio (Cromo--11%)	Azul ultramar	Amarillo	Aluminio o gris claro	Laca incolora
Superficies del modelo y de la caja de machos correspondientes a mecanizar.	Fojo con rayas amarillas	Azul con rayas amarillas	Amarillo o gris claro -- con rayas amarillas.	Aluminio o gris -- claro con rayas amarillas.	Lacado incoloro con rayas negras
partes correspondientes a porciones de la pieza que se quitan (mazarotas, probetas, etc).	Fojo con rayas negras	Azul con rayas negras	Amarillo o gris claro -- con rayas negras.	Aluminio o gris claro con rayas negras.	lacado incoloro con rayas negras.
Portadas o marcas del modelo y de las cajas de machos o correspondientes a afloramientos de los machos.	N E G R O (Cuando el macho origina en las piezas superficies que han de ser mecanizadas, acotar señalando la portada o marca con una línea longitudinal negra)				
Asientos de partes móviles.	Sin barnizar; con orla negra de contorno hacia el interior de la superficie cubierta por la parte móvil.				
Refuerzos cuyas huelas se rellenan en el modelo.	Sin barnizar, pero con trazos de líneas entrecruzadas.				
Gargantas de media	Líneas negras.				

<p>Carvantas de media caña a realizar directamente en el molde.</p>	<p>líneas negras de trazos, que limitan la zona de media caña; y mejor añadir el valor del radio de la media caña.</p>
---	--

un espesor suplementario o de mecanización, figura 2.6, - que suele estar comprendido entre los 3 y 8 mm. aunque - en las piezas de precisión puede quedar reducido a unas décimas, mientras que en las piezas grandes (especialmente de acero) pueden alcanzar a los centímetros.

Los pequeños taladros se practican siempre directamente con la máquina herramienta.

Las propiedades que deben poseer los modelos son, por lo tanto, - muy numerosas y cambian en cada caso: para obtener los mejores - resultados, es indispensable una estrecha colaboración entre el - modelista y el fundidor.

Hay un solo elemento al que no conviene dar una importancia exce- - siva; el costo. Una vez se ha escogido el tipo de construcción - según el servicio que el modelo debe prestar, no se deben hacer-

falsas economías para hacerlo perfectamente adecuado al fin; esto ahorrará trabajo al moldear y al noyero, (constructor de machos) evitará errores y piezas malas, reduciendo los espesores - mecanizado y las manipulaciones posteriores de la pieza, aumentará la duración del modelo y proporcionará piezas de mejor aspecto, calidad y peso.

2.3 TIPOS DE MODELOS

Los modelos que se mencionan a continuación, son para dar un ejemplo de sus propiedades fundamentales, estos son modelos externos por cuanto su finalidad es para dar la reproducción, de la forma exterior de las piezas que se desean obtener.

Pero si hubiese que producirse mediante fusión, la pieza de la figura 2.7 y sólo se dispusiese del modelo externo, obtendremos un molde que relleno de metal, nos daría una pieza maciza, cuando la que tendríamos que fabricar era hueca.

Claro está que, para obtener el hueco en la pieza, será necesario otro molde que se llama macho o novo (figura 2.7,d).

El molde, en este caso, tendrá el aspecto de la figura 2.8 el metal líquido rellenará solamente el espacio libre entre la huella del modelo y el macho y la pieza resultará hueca. Los modelos necesarios para obtener este tipo especial de molde o macho, se llaman cajas de machos o noyos; son éstas pequeñas cajas abiertas y desmontables, dentro de las cuales se ataca el metal de moldeo, que después es extraído figura 2.7.c. En su aspecto esencial de auténticos modelos, las cajas de machos deben tener

las mismas propiedades generales de que ya se ha hecho mención - al hablar de aquéllos; facilidad de extracción (que en este caso será negativa, por cuanto no se trata de extraer fácilmente el modelo del molde, sino el macho de la caja), aumento para compensar la contracción y espesor suplementario para la mecanización.

Además deben ser prácticas, exactas, duraderas y útiles.

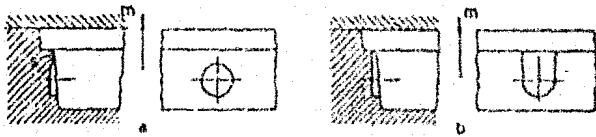


FIG. 2.13 En a, tenemos una contrasalida. Al los ajustes, resaltes, etc., se deben diseñar a la francesa como en b.

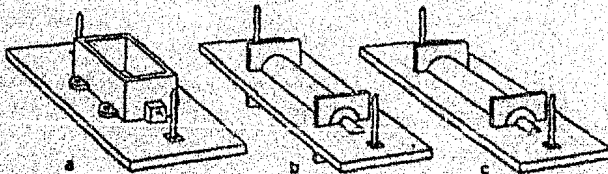


FIG. 2.9 En a, placa-modelo sencilla; en b, placa-modelo de doble cara; en c placa-modelo de una sola cara.

- 1) Modelos Externos, o modelos propiamente dichos
- 2) Modelos Internos, o cajas de machos.

Otra clasificación de los modelos se basa en el modo con que estos responden a las propiedades del patrón precedente:

- 1) La pieza a obtener es sólida y presenta una sección de dimensiones máximas respecto a cualquier otra que le sea paralela.

Tendremos entonces:

- a) Modelos al Natural, enteros, llamados también a toda vista.
- b) Modelos al natural, divididos en dos o más partes; éstos últimos son por regla general, más prácticos que los precedentes, por cuanto para obtener el molde no hace falta preparar una falsa caja que sostenga el modelo, sino que basta apoyar una parte del mismo modelo sobre un tablero o placa de moldeo (figura 2.9).

- 2) La pieza a obtener, a pesar de presentar una sección máxima - respecto a cualquier otra que le sea paralela, es hueca; en caso el modelo puede ser todavía entero o dividido en dos o más partes, pero debe comprender una o más cajas de machos, es decir -- de aquellos modelos especiales que sirven para el moldeo de la -

forma interior de la pieza.

Naturalmente, los modelos deben proveerse de huellas adecuadas - para apoyar y centrar el macho; en el modelo se disponen por consiguiente salientes llamadas portadas, plantillas, entregas o -- marcas, que dejan en el molde los huecos destinados a recibir y sostener el macho figura 2.7 y 2.8

3) La pieza a obtener, llanada hueca, no representa una sección-máxima respecto a cualquier otra que le sea paralela figura 2.10 la parte del modelo que se desvía de la dirección de extracción del modelo, es decir, externa al ángulo B de salida se llana -- Contrasalida o Mortaja.

Algunas veces las contrasalidas son sólo aparentes; por ejemplo, en la figura 2.11 puede verse que si el modelo se dispone en el molde como en "a" o en "b" se presentará en contrasalida; dándole un giro de 90° como en "c", podrá sacarse comodamente.

Otras veces la contrasalida viene imbueta por la forma de la -- pieza; es necesario entonces, emplear algún medio para resolverla contrasalida, es decir, para permitir la extracción del modelo; por ejemplo.

- a) Se recurre al moldeo por piezas figura 2.12,a usado en la fundición de piezas artificiales.
- b) Se descompone el modelo en dos o más partes que pueden sacarse en una sola dirección y se efectúa el moldeo con tres y, eventualmente más cajas, figura 2.12,b.
- c) Se descompone el modelo en dos o más partes para sacar en varias direcciones y se efectúa el moldeo en dos cajas totalmente figura 2.12,c.
- d) Se construye el modelo en una sola o muy pocas piezas, provisto de portadas o marcas y de las correspondientes cajas de machos, figura 2.12,d.

Este sistema es análogo al de moldeo por piezas, pero éstas no se moldean sobre un modelo al natural, sino en una caja de machos hecha a propósito, y se colocan en su sitio en el momento del retoque del molde, antes de la colada.

Cada uno de estos medios implica un mayor costo del modelo y un moldec más laborioso. Por ello el proyectista, hasta donde le sea posible, diseñará las piezas de modo que la extracción del

modelo sea fácil y ninguna de sus partes presente contrasalida.

En la figura 2.13 podemos ver dos ejemplos de aplicaciones en el modelo y en el molde, resueltos elegantemente en "b" de la misma figura con una ligera modificación que recibe el nombre - del molde a la francesa.

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

1) Modelos de Madera.- muy baratos, de fabricación rápida, pero muy sensibles a la acción atmosférica, deformables, poco duraderos y de fácil combustión. Son adecuados para el molde de una o pocas piezas. Los modelos grandes sólo pueden construirse de maderas por razones de economía.

2) Modelos Metálicos.- Menos deformables, más duraderos, no combustibles y muy adecuados para grandes series de piezas pequeñas o de tamaño medio, o para series repetidas en largos intervalos de tiempo.

3) Modelos de resinas sintéticas.- cemento, yeso, etc. La elección del material para el modelo se realiza teniendo en cuenta el peso, la facilidad de trabajo, la inoxidabilidad, las dispo-

siciones de materias primas, el número de piezas a obtener, el sistema de moldeo, el costo etc.

Muchas veces puede resultar oportuno no dejar el modelo suelto - sino fijarlo a una placa modelo figura 2.9; ésta sostiene al modelo, lo preserva de las deformaciones de los deterioros en la fundición o en el almacén y evita que queden al arbitrio del moldeador la disposición del modelo en el molde y la disposición y dimensiones de los elementos de colada.

Las placas-modelo pueden ser de tres tipos:

- a) De una sola cara, cuando el modelo va fijado sobre una sola cara, figura 2.9,a.
- b) De doble cara, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas a las dos caras opuestas de una misma placa, figura 2.9,b.
- c) De dos placas, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas cada una a su propia placa, figura 2.9,c.
- d) Modelos simplificados y perdidos.

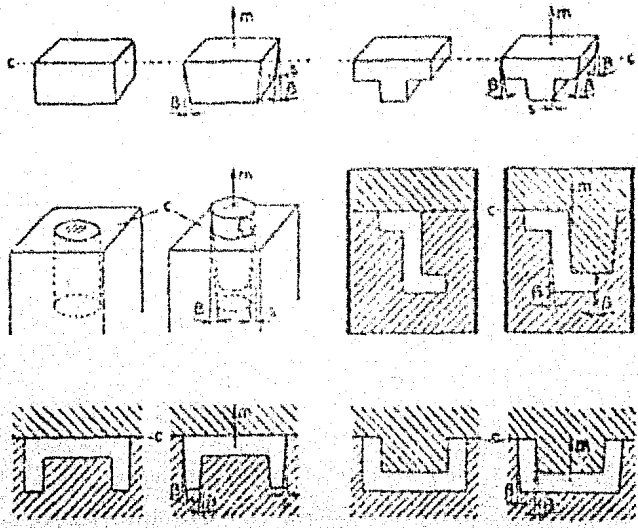


FIGURA 2.15 Manera en que el modelista debe modificar las formas geométricas para dar la salida y hacer posible la extracción de los modelos.

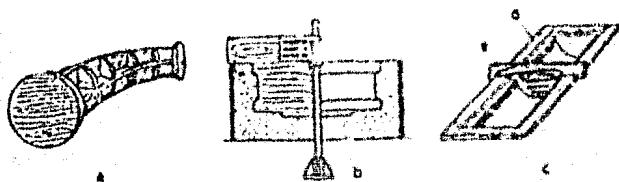


FIGURA 2.14.- Modelos reducidos. En a, modelo de armazón o esqueleto; en b modelo de terraja; en c modelo de plantilla.

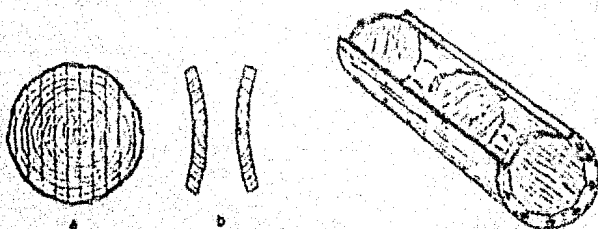


FIGURA 2.15a Cuando los troncos se asientan con cortes paralelos como en a, las tablas tienden a curvarse como en b.

FIGURA 2.16 Por razones económicas, ligereza y estabilidad, los modelos se construyen por partes o elementos debidamente orientados y enlazados entre sí la figura representa la construcción del modelo de un cilindro.

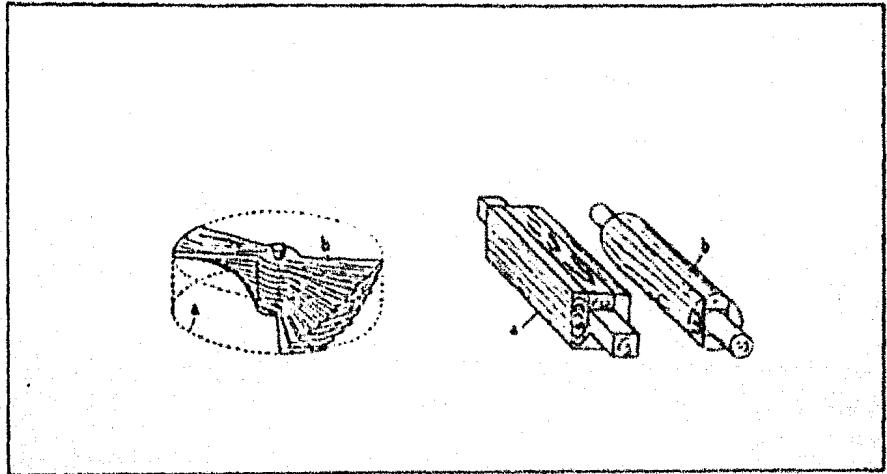


FIGURA 2.13 El modelo de una hélice se obtiene de boceto formado uniendo cierto número de tablas atravesadas por un perno y desviadas un ángulo pequeño entre sí.

FIGURA 2.14 También los modelos radiales se obtienen uniendo divergentes elementos entre sí como en "a" y completando el trabajo como en "b".

Cuando las piezas a obtener son una sola o muy pocas, o son de notable tamaño, se recurre casi siempre, por economía, a los modelos simplificados, a los cuales hemos aludido en el inciso I, o a los modelos perdidos; por lo tanto, los modelos pueden clasificarse también en:

- 1) Modelos al natural, enteros o divididos, con o sin caja de na chos.

2) Modelos simplificados, con o sin caja de machos.

3) Modelos Perdidos, con o sin caja de machos.

Los modelos simplificados pueden ser:

a) Constituidos por una armazón o esqueleto figura 2.14, a, que sirve al fundidor para construir con el material de moldeo un falso modelo, del cual se hace sucesivamente el molde definitivo, que, a su vez, cuando se trata de una pieza hueca, se adopta como caja de machos para fabricar el macho.

b) Formados por una terraja o calibre, figura 2.14, b, trazado sobre una tabla de madera aplicada a un soporte (bandera) que gira en torno a un eje, cuando la pieza es un sólido de revolución.

c) Formados por una plantilla, figura 2.14, c, trazada en una tabla de madera que corre por unas guías adecuadas.

r) Se llaman modelos Perdidos aquellos que quedan destruidos en el acto mismo de la colada, porque están hechos con materiales fusibles o combustibles y no deben extraerse del molde antes de

la colada. El material más usado para estos modelos es la cera, que da lugar al moldeo en cera perdida, muy usado en fundición de piezas artificiales y en la microfusión de piezas de precisión.

La tabla 2.4 es un cuadro ordenado de la clasificación de los modelos.

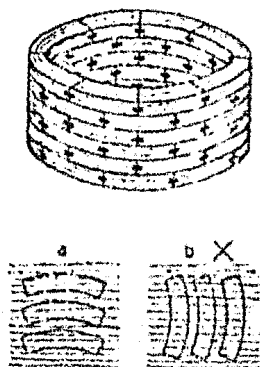


FIGURA 2.19 El modelo de una corona se obtiene con duales enlazados entre sí; las demás deben contarse de las tablas en el sentido de sus fibras como en a y no de través como en b.

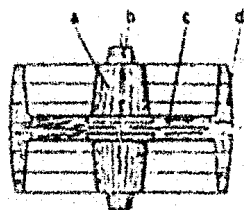


FIGURA 2.20 Sección del modelo de una rueda para motor. Se observa la composición de partes; a, núcleo de dos piezas; b, portada o marnada para el pecho del agujero; c, cartela; d, cara de la rueda.

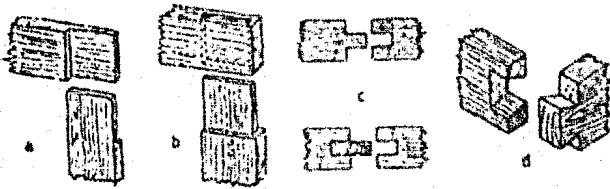


FIGURA 2.21. Diversos tipos de ensambladuras: a, de media madera; b, así también, de caja y espiga; c, de ranura y lengüeta, machihembrado (arriba) y con falsa lengüeta (abajo); d, cola de milano.

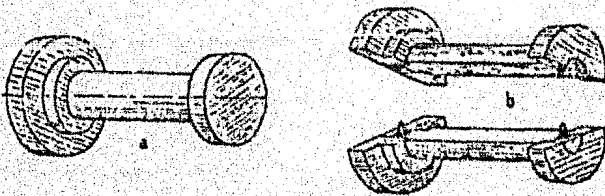


FIGURA 2.22. Cuando se muda y no periódicamente la estabilidad, conviene construir los modelos desmontables según las superficies de separación del molde. El acoplamiento exacto se asegura con pernos de madera o mejor metálicos.

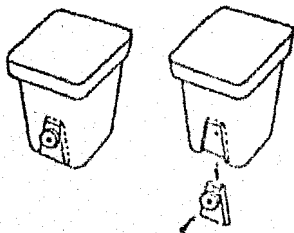


FIGURA 2.23 Algunas veces -
pequeñas partes en contrasali-
da pueden aplicarse en cola -
de milano de modo que perman-
ezcan aprisionadas en el mol-
de durante la extracción del
modelo y ser después extraí-
das lateralmente.

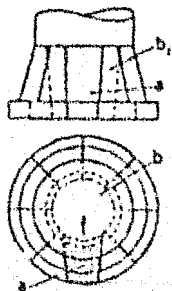


FIGURA 2.24 Una plantina en-
contrasalida, puede extraerse -
construyendo el modelo como in-
dica la figura. Se saca hacia
arriba el macho "b" se separa -
la clave a en el sentido de la
flecha y entonces se pueden ex-
traer los restantes elementos --
que constituyen el modelo.

2.4 MATERIALES PARA MODELOS

El modelista debe realizar la tarea importantísima de dar cuerpo a la pieza diseñada en el plano, confeccionando el modelo más resistente y duradero del modo más económico y más apto para la fundición.

Por lo tanto, debe conocer:

- a) El diseño
- b) La tecnología del material empleado en la construcción del modelo.
- c) La técnica de fundición.
- d) Los sistemas de moldeo

Como ya se ha visto, los modelos pueden construirse de madera, metal, yeso, cemento, resinas sintéticas, cera, etc.

1) Madera.- La madera es una sustancia vegetal, fibrosa, heterogénea que, absorbiendo la humedad y expulsándola según el estado higrométrico (relación entre la presión efectiva del vapor de agua en el aire y la presión máxima que podría alcanzar en el mismo a idéntica temperatura) del ambiente en que se encuentra, se hincha o se contrae, pero no por igual en todas direcciones;-

T A B L A 2.4 CLASIFICACION DE MODELOS

	Desarmables	Enteros
		Partidos
Pana exteriores o modelos propiamente dichos	Al natural	De una cara
	En placa-modelo	De dos caras
		En dos placas
	Reducidos.....	De esqueleto
		De tarraja
		De plantilla
Pana interiores o cañas de machos	Perdidos.....	De cera

la madera, en estado húmedo se deforma y se tuerce.

La madera se encuentra en el comercio en forma de tablas, tablonnes, vigas y vigetas, que se obtienen aserrando el tronco con maquinaria adecuada.

Normalmente los troncos se seccionan con cortes paralelos entre sí y al eje del tronco, figura 2.15. Por esto las tablas y vigas, salvo las del centro, que comprende la medula, poco resistente, están constituidas por capas de duramen, la parte central del tronco que da la madera que se encuentra rodeada por una capa espesa de madera falsa orientadas asimétricamente y tiende a deformarse, como indica b de la misma figura.

Por este motivo, y también por razones de ligereza y economía, los modelos de tamaño medio y grande se constituyen con madera de viga revestida de tablas oportunamente orientadas y unidas entre sí, mientras que los modelos pequeños se obtienen de madera formada por varias tablas encoladas unas a otras de modo que se obtenga una compensación entre sus respectivas fibras.

Dado que sus fibras están dispuestas paralelamente al eje del tronco, la madera resiste bien en el sentido longitudinal, los

esfuerzos de tensión y de compresión, y en sentido transversal los de corte y flexión. La orientación de las vistas y de las tablas en los modelos deben tener en cuenta estas propiedades para aplicar en la construcción de modelos, sin olvidar que los clavos y tornillos no apuñalan si se aplican paralelamente a las fibras.

Las maderas mas usadas son:

El abeto, el pino y el álamo, entre las blandas.

El nogal, el alise, el haya, el roble y el alerce, entre las duras.

Conviene evitar el empleo, para las caras externas de los modelos de las maderas muy resinosas como el alerce que presenta dificultades al barnizado, o de aquellas que no se adaptan al pulimento, como el alamo, o de las que son muy escamosas, como el roble.

En nuestro país se prefiere el abeto y el pino entre las maderas blandas y el nogal y el alise entre las duras.

El pino, también muy ligero pero más homogéneo, se destina a las

partes que deben quedar a la vista y que han de ser trabajadas en la máquina o con la cubia (herramienta para madera) y posteriormente pulimentadas y barnizadas.

El abise, ligero, robusto y resistente a la humedad, sustituye -- con ventaja el abeto y al pino de los modelos importantes.

El nogal se utiliza en modelos pequeños para una o pocas piezas y para la construcción de los detalles que han de añadirse a modelos mayores (servadunas, ajustes, piezas desmontables, etc.)

Tiene las fibras homogéneas, se trabaja con facilidad y es muy -- apto para la pulimentación y el barnizado.

2) Metales.- Los metales más usados en la construcción de modelos son el latón y las aleaciones a base de aluminio; algunas veces también se emplean el bronce y el hierro fundido.

Para los modelos que van sobre placas modelo se utiliza mucho -- una aleación de plomo, estaño y antimonio en proporciones varias llamada "metal sin contracción" ya que ésta es escasamente de un 3%.

Para construir un modelo metálico hay que preparar previamente - un primer modelo llamado de doble contracción, sobre el cual se calculan dos contracciones: la del metal del modelo y la de la - pieza definida. Además, hay que prever los espesores suplementarios de mecanización para uno y otro.

3) El yeso y el cemento se emplean, sobre todo el primero, para la confección de placas-modelo en el moldeo a máquina y para la falsa caja o caja soporte.

4) La cera de abejas, sola o mezclada con parafina y resina, se emplea en el modelo en cera perdida, en la fundición artística y en la microfundición.

5) La resina y las mezclas a base de este material (fenolíticas, acéticas, polivinílicas) son muy poco usadas en la construcción de modelos.

2.5 CONSTRUCCION DE MODELOS

1) Composición en elementos.- En general, los modelos no se hacen nunca, como se ha visto, en una sola pieza, ya que resultarían deformables, pesados, caros o de maquinado difícil. Si son voluminosos y han de hacerse de madera, se construye una armazón que se recubre con tablas. Por ejemplo el cilindro de la figura 2.16, se preparará con dos o más discos de madera contrachapada sobre los cuales se aplicará una serie de duelas oportunamente orientadas y machihembradas (Ensamblar dos tablas o maderas de modo que la espiga, lengüeta u otra parte que sobresale de una pieza penetre y ajuste en la caja, ranura o parte hueca de la otra).

La superficie exterior se trabajará al torno para darle la forma y las dimensiones requeridas.

Los modelos complicados, por ejemplo, la hélice de la figura 2.17, no se obtiene con un trabajo de labrado del tronco marcado con las líneas de puntos, sino uniéndolo en torno a un perno central cierto número de tablas dispuestas con la adecuada graduación.

Igualmente, si por su tamaño pequeño el modelo no puede ser variado, la composición en elementos resultará oportuna para evitar deformaciones y grietas. Véase como ejemplo, el modelo de la figura 2.18,

Para construir la corona de un volante, figura 2.19 se unirán varias capas de duelas, que se contarán en el sentido de las fibras y no transversalmente, y deberán machiarse.

También los modelos de las piezas sencillas acostumbran construirse en varias partes unidas entre sí por razones de economía de material y de mano de obra y para obtener una solidez, estabilidad y duración mayores. La figura 2.20 representa el modelo de la polea de un motor eléctrico, en el cual se aprecia un sostén central, formado de dos núcleos y una cara formada de duelas.

2) Uniones.- Las uniones de los elementos de un modelo merecen una atención especial. Pueden ser:

- a) Uniones estables
- b) Uniones desmontables.

Las formas de unión estables se consiguen por medio de la cola,-

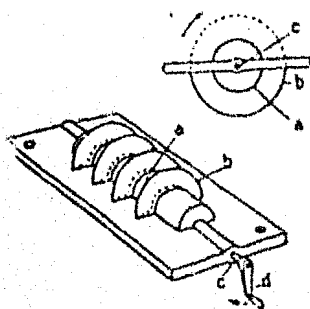


FIGURA 2.25 Para facilitar la extracción, las aletas, aldoando sobre placa, se montan sobre un árbol "c" y se le hace girar 180° con la manivela "d".

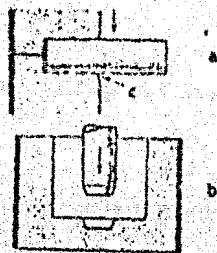


FIGURA 2.26 Las anistas "c" donde asientan los machos, deben redondearse para evitar que se desprenda la arena. Las marcas de macho, montadas axialmente (abajo), deberán ser cónicas para facilitar su introducción.

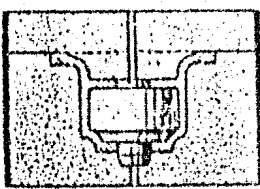


FIGURA 2.27 A menudo los machos colocados verticalmente tienen sólo la marca inferior; el retoque del molde es así menos difícil y más ligero.

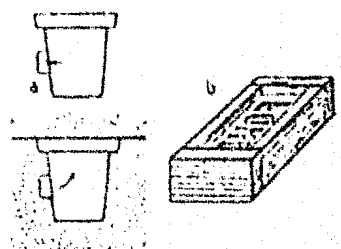


FIGURA 2.28 Los letreros en los costados del modelo, se hacen con una portada "a" y la correspondiente caja de machos "b".

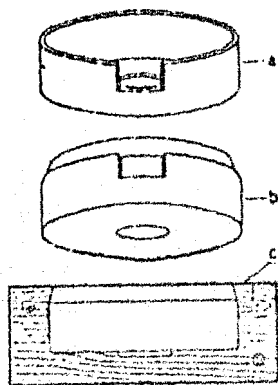


FIGURA 2.29 Los modelos de piezas delgadas y huecas "a" se hacen a menudo macizas como en "b", y en las correspondientes cajas de machos "c". El modelo resulta más sólido y se pueden obtener paredes sin salida o en contrasalida.

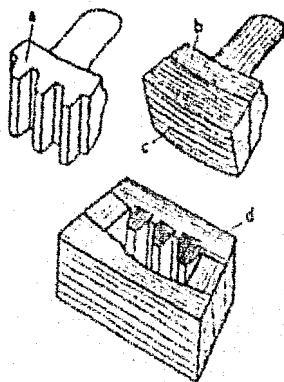


FIGURA 2.30 Para obtener en granates con dientes en bruto de fundición sin salida vertical, se construye el modelo "b" con la portada "c" y la caja de machos "d" para cierto número de dientes.

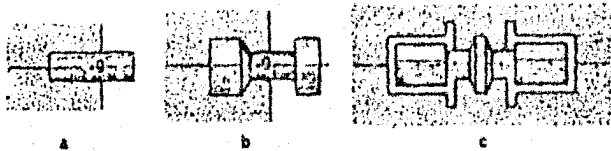


FIGURA 2.31 Para sostener los machos previstos de una sola portada, conviene que el centro de gravedad "x" se apoye en la portada; cuando se puede, se hacen dos modelos semejantes de modo que el macho resulte equilibrado, como en "c".

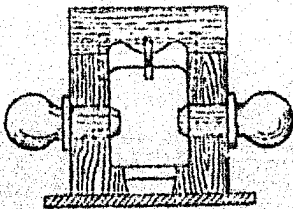


FIGURA 2.32 Caja de macho con bastes desmontables -- (pernos y nervaduras) para facilitar la apertura de la caja y la extracción -- del macho.

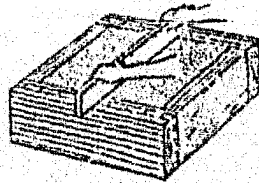


FIGURA 2.33 Refuerzos de chapa en los bordes de una caja de machos para evitar el desgaste.

los clavos, las clavijas y las lengüetas de madera, las grapas - metálicas onduladas, las ensambladuras, etc.

Las uniones desmontables se consiguen con tornillos de madera, - pernon, varillas fileteadas y ensamble de cola de milano.

La cola, lo mismo si se trata de cola de hueso en caliente que - de cola de resina en frío, debe considerarse solamente como un - material auxiliar lo mismo que cualquier otro tipo moderno de pe - gamento adecuado al propósito de pegar.

Es conveniente asegurar las piezas encoladas con algunas puntas - o tornillos, ya que la humedad del molde puede reblandecer la co - la o pegamento y estropear las uniones simplemente encoladas.

En vez de los clavos o los tornillos, que pueden agristar y dete - riorar la madera, está indicada el uso de clavijas de madera dura - encoladas e hinchadas y ensambladas a base de martillo en agujer - os taladrados a propósito en las piezas del modelo.

Cuando dos partes del modelo forman ángulo, para dar solidez a - la unión es conveniente recurrir a una de las varias formas de - ensambladura.

Estas pueden ser:

Ensambladura a media madera, figura 2.21, a.

Ensambladura a caña y espiga, figura 2.21, b.

Ensambladura a ranura y lengüeta, figura 2.21, c.

Ensambladura a cola de milano, figura 2.21, d.

Las partes que han de entrar algo forzadas, después de encoladas y acopladas, deben permanecer durante unas horas (según la calidad de la cola o pegamento empleado) sometidas a prensado.

3) Descomposición.- Algunas veces las uniones deben ser desmontables, para poder:

- Disponer una parte del modelo sobre el tablero de moldear.
- Extraer del modelo las partes que presentan contrasalida, figura 2.12, b.
- Extraer, sucesivamente, las partes del modelo que por sus características pudieran deteriorar el molde, figura 2.12, c.

Cuando el molde debe ser desmontable para su moldeo sobre un tablero con objeto de evitar el empleo de una falsa caja, debe - - construirse en dos o más partes, cada una de las cuales se adapta con la advacante por medio de pernos especiales para modelos, figura 2.22, dispuestos de manera que esa adaptación sólo pueda realizarse en la forma prevista para hacer más fáciles las operaciones de moldeo y desmoldeo.

Si el moldeo a de ser desmontable para resolver las contrasali-- das, las conexiones se realizan valiéndose de pernos, de guías, - prismáticas o en cola de milano, figura 2.23 y se aseguran con - tornillos que se quitan durante el moldeo y se vuelven a fijar - cuando hay que devolver el modelo al almacén.

Conviene tener bien presente, en el momento de deshacer el modelo, la dirección de desmodelado de cada una de sus partes. Los rebordes de sección redonda, platinas, figura 2.24 o similares - en contrasalida se constituyen en varias partes, una de las cuales (que es la primera que se extrae del modelo) recibe el nombre de llave o clave. Cuando se realizan modelos desmontables - para evitar el deterioro del molde, las partes desmontables se - constituyen de madera dura y mejor de metal aunque el modelo sea de madera. Algunas veces se proyectan dispositivos especiales -

para facilitar el moldeo y desmoldeo.

En la figura 2.25 el modelo del tubo con aletas "a" se fija a la placa-modelo mientras que la aleta "b", montada sobre el eje "c" se extrae en primer lugar mediante la rotación de la manivela -- "d".

4) Cajas de Machos.- Cuando el modelo deba completarse con alguna caja de machos, hay que disponer en él portadas o marcas. Es conveniente que las portadas del modelo y de la caja de machos -- sean algo cónicas o piramidales cuando el macho haya de ser cola do a lo largo del eje, y las del modelo unas décimas de milíme-- tro algo mayores que las de la caja de machos y más anchas, para facilitar su colocación, figura 2.26.

Si el agujero o el hueco de la pieza es pasante no siempre es ne cesaria una doble marca, figura 2.27; algunas veces se puede -- aplicar al modelo una marca única, la inferior, de modo que, al cerrar el molde, no se tenga preocupación de que el macho mal -- centrado pueda deteriorar la caja de moldeo superior.

Es conveniente redondear el modelo, figura 2.28,a, en la raíz de las marcas, de forma que el molde no presente, en aquel punto, -

un canto vivo en el extremo del cilindro que podría deteriorar - en el momento de colocar el macho.

A menudo la aplicación de marcas, y por consiguiente la de macho, no responden sólo a la necesidad de crear huecos o entran- tes, sino también a la de efectuar moldes complicados con re- dios sencillos, hacer resaltar partes delicadas en los modelos - grandes, reforzar los modelos delicados que sin esta precaución- resultarían frágiles o deformables y evitar grandes salidas in- compatibles con la naturaleza de la pieza.

La figura 2.28, por ejemplo, representa un basamento sobre el -- cual debe figurar una inscripción.

El modelo se construirá con la marca de macho "a" móvil y la ca- ja "b"; el modelo será más fácil y los detalles de la inscrip- ción más cuidadosos porque el macho podrá realizarse en arena -- aglutinada y más fina.

La figura 2.29 representa una tapa delgada "a" para fundir en -- aluminio; el modelo a toda vista resultaría frágil; se construi- rá, por lo tanto, el modelo "b" macizo, y la caja de machos "c".

El modelo resultará rígido y más duradero y las piezas obtenidas serán más exactas.

La figura 2.30 representa en "a" un sector de engranaje que hay que fundir de hierro con los dientes en bruto.

Si los dientes se obtuviesen directamente con el molde, para hacer posible el desmoldado habría que darles una salida adecuada con la cual resultarían cónicos por ligeras que fuese la salida del modelo.

Para evitarlo se construirá el modelo como en "b", es decir, con la marca de macho "c", y se preparará la caja de Noyos o machos-"d" para un cierto número de dientes con objeto de obtener un --molde donde los dientes, que no tendrán salida vertical, resultarán cilíndricos.

Las marcas o portadas deben tener dimensiones adecuadas a los machos que deben sostenerse, especialmente cuando estos últimos --han de apoyarse en el moldeo en sentido horizontal, 2.31; es conveniente, para evitar el desplazamiento del macho, que la marca sea larga o mayor que aquél (como en b, marca de cazuela) de modo que el centro de gravedad caiga en la marca.

Cuando es posible, como en "e", se disponen en el molde dos piezas encaradas de manera que se puedan utilizar machos dobles, -- equilibrados.

Las cajas de machos tienen las mismas exigencias que los modelos pero pueden ser más fuertes y están menos sujetas a las acciones de los agentes externos. Casi siempre pueden abrirse para extraer el macho y están agujeradas al menos por un lado para ser rellenas de arena. El lado agujerado en el momento de abrir la caja para la extracción del macho, se apoya sobre una plancha de metal o una coquilla.

En las cajas de machos en dos o más partes el acoplamiento se asegura con clavijas metálicas como las que se usan en los modelos, colocadas de manera que eviten todo posible desajuste de las partes, figura 2.29.

También las cajas de machos pueden tener partes desmontables, en madera dura o en metal, sea para resolver las contrasalidas, sea para evitar deterioros durante el desmoldeo, figura 2.32.

Cuando la caja de machos está llena de arena, se elimina con una raedera el exceso de arena, figura 2.33. Sobre las superficies-

de apoyo de esta raedera conviene atornillar chapas de refuerzo para el desgaste.

5) Placas-modelo.- Los modelos sobre placa son casi siempre, metálicos; pero, por razones de economía, se emplean también de madera.

Según el tipo de la pieza y la máquina de moldear, el modelo puede ser sobre placa a una sola cara, a dos caras o sobre dos placas distintas, figuras, 2.2, a b y c.

6) Modelos Simplificados.- Los esqueletos o armazones, figura -- 2.14,a, convienen que sean desmontables para facilitar su extracción del molde.

Las terrajas figuras 2.14,b y 2.34 son tablas de madera dura (de 25 a 40 mm) con el borde perfilado y protegido por una delgada plancha de hierro, figura 2.34,c, para reducir el desgaste.

Las partes salientes delicadas como "a", que podría romperse, se hacen de hierro y se atornillan a la terraja.

Las plantillas están constituidas por un bastidor figura 2.14,c,

sobre el cual es guiada una plantilla e: si el moldeo ha de repetirse varias veces será de gran utilidad reforzar el bañidor y los bordes de la plantilla con una delgada plancha de hierro.

En el moldeo con modelos simplificados, la disposición se completa a menudo con algunas partes como guiones, radios, etc., del modelo, lo cual simplifica el trabajo del moldeador, figura - -

2.34,c.

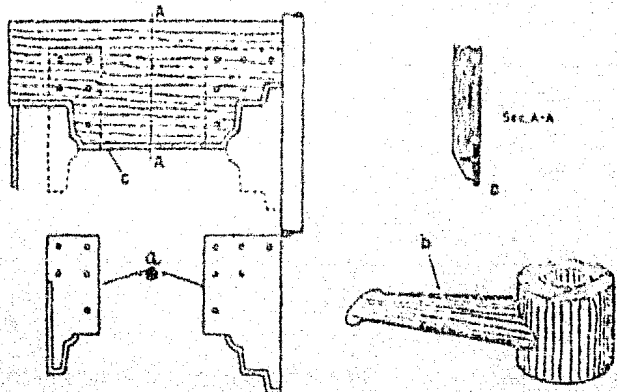


FIGURA 2.34 Modelo de la terraja para moldeo por método indirecto; con "c" (a la izquierda) se obtiene el falso modelo para el molde superior; con "a", "a", el molde inferior; a la derecha, - en "b", se observa el modelo del radio y la sección AA de la terraja.

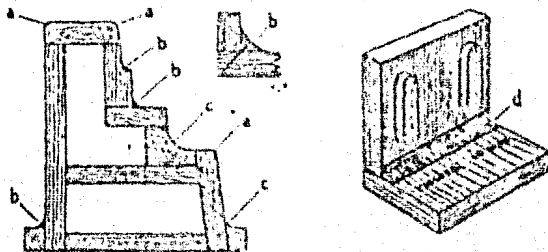


FIG. 2.36 A la izquierda: a, c, medias cañas del macizo; b, medias cañas añadidas de tierra. A la derecha se indica en el modelo una media caña de 10 mm que el volteador realizará con la espátula y los alisadores.

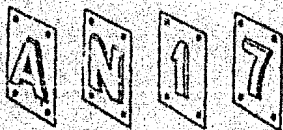


FIGURA 2.35 Letras y números de chapa estampada para el marcado de los modelos.

7) Acabado.- El modelo y la caja de machos se completan con las marcas y los números, figura 2.35 en relieve, colocados de modo que no estorben el desmoldado, con las chapas para la percusión y la extracción y las guarniciones para la aplicación de los vibradores.

Por último se efectúa el acabado propiamente dicho. Si el modelo es de madera, se espasta cuidadosamente con una mezcla de yeso y cola y se alisa dándole dos o tres pasadas con papel de lija de números decrecientes. Después de un repaso definitivo se barniza el modelo con un barniz de goma laca (300 gr. de goma laca y 1 litro de alcohol desnaturalizado); se da una primera capa de absorción y cuando está bien seca, se repasa con papel de pómez; a continuación se da una segunda capa de fondo y finalmente una última capa en color, Tabla 2.3, el barniz se colorea añadiendo una tierra colorante a la goma laca.

Los modelos al natural y las cajas de machos, deben ser redondeados en los puntos señalados en esta muestra. Fig. 2.36

CAPITULO 3

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS

3.1 TOLERANCIA

Tolerancias en el modelo.- El modelo con el cual se fabrica la cavidad del molde de colado, debe ser algo diferente en forma y dimensiones de la pieza a producir, estas diferencias intencionalmente incorporadas al modelo se llaman tolerancias del modelo.

En el trabajo de modelos la pregunta es el porqué un engrane terminado o cualquier otro objeto no puede ser usado para fabricar un modelo. En algunos casos esto se puede hacer basándose en la experiencia del personal, pero en general, el proceso no es práctico porque ciertas tolerancias van consideradas con el modelo, estas tolerancias son:

La contracción, extracción, acabado, la distorsión y el golpeo.

3.2 CONTRACCION

La compensación necesaria a la contracción de todos los metales cuando solidifican y se enfrían. Por ejemplo, si se quisiera reproducir una polea de fundición y se usara la misma polea como modelo para fabricar el molde, la cavidad en el molde sería del mismo tamaño que la polea original. Cuando se enfríase el metal colado, la nueva colada sería algo más pequeña que la cavidad del molde y por lo tanto, la nueva polea resultaría menor que la deseada. Para eliminar esta dificultad el modelo se hace un poco más grande que las dimensiones requeridas de la colada, de modo que la cavidad del molde también resulta grande, pero la colada, luego de la contracción producida durante el enfriamiento, tendrá el tamaño correcto. Fig. 3.20 y Fig. 3.3.

La tolerancia por contracción es función del tipo de metal a colar.

La contracción de los metales colados es de gran importancia en las aleaciones que se moldean por fusión y colada en moldes.

Para las aleaciones de aluminio oscila entre 1.15% para la aleación Al-si y 1.75% para el aluminio puro, comúnmente se usan los valores siguientes para contracción lineal de:

	Contracción en mm. por m.
Hierro	10
Acero	20
Aluminio	15
Estaño	7,5
Bronce	13

Al hacer un modelo de metal por fundición, debe preverse una doble tolerancia por contracción en el modelo original de madera. Esta incluye la contracción del metal con que se hace el molde, y también la contracción del metal utilizado en la colada definitiva.

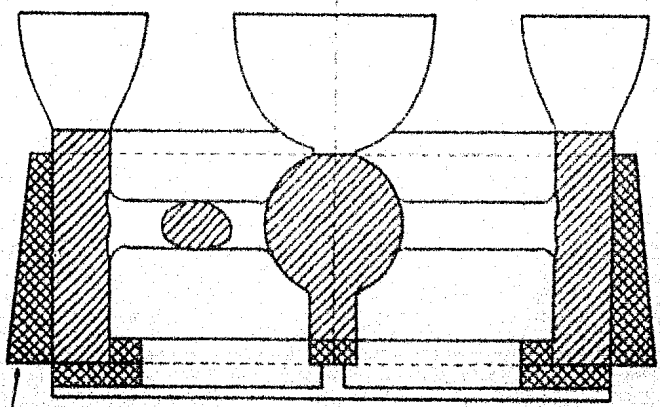
Por ejemplo la tolerancia total por contracción de un modelo de madera usado para producir un modelo de aluminio, usado a su vez para la producción de piezas de fundición de hierro, deberá ser de 25 mm/m de acuerdo con la tabla anterior.

Las placas de enfriamiento, son colocadas en sitios que no admiten el establecimiento de mazarrotas, a donde éstas no resultan suficientes por sí solas, se colocan placas de enfriamiento de fundición gris, latón, bronce o aluminio, figura 3.1. Estas im-

piden la formación de rechubos y evitan el peligro de la formación de grietas de contracción en los sitios de transición de -- una sección delgada a secciones de más espesor. Además, con el uso de las placas de enfriamiento se consigue que el granulado sea fino, resultando mejorada la compactibilidad y la resistencia de las partes afectadas. El espesor de las placas de enfriamiento oscila, por lo general, entre la quinta y la tercera parte de la sección transversal de la pared de la pieza. Sin embargo, en algunos casos, sobre todo tratándose de G Al, Si son convenientes espesores de placa de una a una vez y media la sección -

Las placas no deben empero, colocarse demasiado próximas a las mazarotas, con objeto de no disminuir el efecto de estas últimas. Se las provee en el dorso de ranchos que permiten su mejor fijación. Después de utilizadas varias veces hay que limpiarlas al chorro de arena. No es conveniente estriar el anverso de las -- placas; por un lado, aumenta con ello la adhesión entre el metal y el molde, por otro lado aumenta la superficie de refrigeración.

Las placas deben ir provistas de varias perforaciones o taladros cónicos con objeto de facilitar la evacuación de gases.



hierro de enfriamiento

FIGURA 3.1 Placas de Enfriamiento.

Al utilizarse las placas de enfriamiento a de procurarse que que den calentadas por medio del mechero a la temperatura de 100°C - para evitar golpes o empujones durante la colada a consecuencia de la existencia de humedad.

3.3 EXTRACCION

Al extraer un modelo, se debe disminuir grandemente la tendencia al desmoronamiento de las aristas del molde en contacto con el modelo, si se le da figura de huso a las superficies de éste paralelamente a la dirección en que se deba extraer. Esta inclinación de los lados del modelo se conoce como salida y se proporciona para darle al modelo un pequeño juego a medida que es extraído de la arena una vez prensada ésta firmemente a su alrededor. Todo molde debe hacerse por lo menos en dos partes de modo que pueda abrirse para permitir retirar el modelo. La superficie de la arena de cada sección del molde donde se junta con la correspondiente de la otra sección, se llama línea o superficie divisoria o separadora; está indicada en la figura 3.2

Si las superficies del modelo normales a la línea divisoria fuesen todas exactamente paralelas a la dirección del movimiento necesario para extraer el modelo de la arena, la fricción del modelo contra la arena y el menor movimiento transversal a la dirección en la que se va sacando, haría que se desprendieran partículas de arena del molde.

Esto sería especialmente crítico o los ángulos entre la cavidad-

y la superficie divisoria. Para sortear esta dificultad todas las superficies paralelas a la dirección en que se retira el modelo se hacen ligeramente cónicas.

Así, no bien se comienza a retirarlos, toda la superficie queda separada de la arena, y puede extraerse sin dañar el molde.

Por supuesto que la salida debe ser unidireccional con respecto a la línea divisoria.

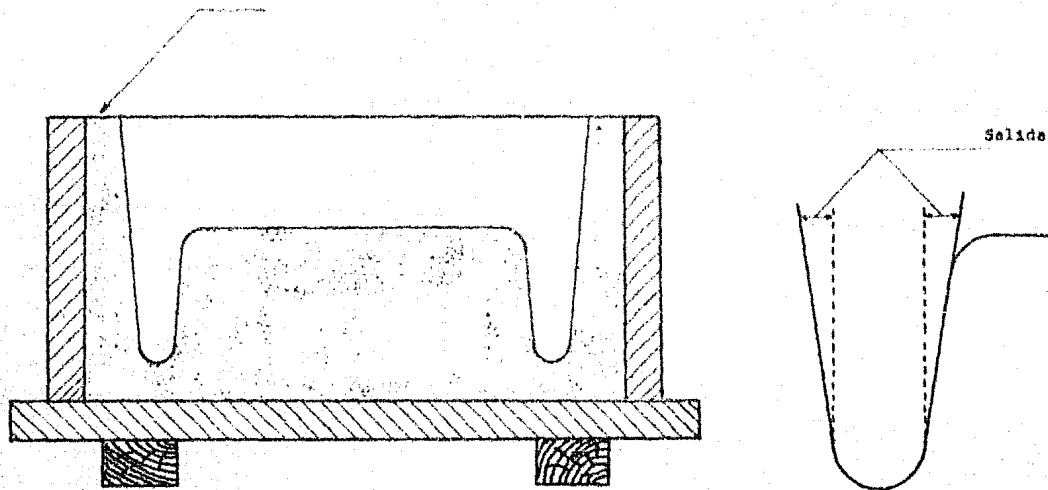
Algunas formas proveen su propia salida; una semiesfera, por ejemplo, no requiere salida. Cuanta salida debe proveerse depende en gran medida de la forma y tamaño del modelo a usar para extraer el modelo del molde.

Cuando la extracción es manual se requiere mayor salida que cuando se hace con maquinaria. Rara vez es menor que un grado o 1/8 de pulgada por pie, con un mínimo de 1/16 de pulgada para cualquier superficie.

En superficies interiores donde la abertura es pequeña, tal como un orificio en el centro de una maza, la salida debe aumentarse hasta 1/2 a 3/4 de pulgada por pie.

Al prever la salida, aumenta el tamaño del modelo, ya que éste en las secciones más delgadas debe ser un poco mayor que las dimensiones deseadas. Es obvio que la salida debe ser la mínima posible compatible con una fácil extracción del modelo, ya que a menudo el exceso de metal resultante debe eliminarse en maquinado.

FIGURA 1.- RELACION ENTRE EL CALIFA Y LA
LÍNEA DIVISORIA DEL VOLDE.
LÍNEA DIVISORIA



3.4 ACABADO

En los dibujos, estas superficies están indicadas por las marcas usuales F ó V, las superficies de fundición en arena son algo rugosas y pueden contenerse algunas imperfecciones, donde se hubiéra se arrancado partículas de arena de la superficie del molde, o donde se hubiera encerrado pequeños volúmenes de aire o gases.

De modo que para obtener una superficie bien lisa es necesario maquinar la superficie rugosa. Esto requiere que se provea un exceso de material que pueda ser eliminado para obtener la superficie acabada.

La cantidad a adicionar como tolerancia por acabado depende del tamaño y tipo de colada, de la cantidad de superficie requerida y del procedimiento de fundición, en general se provee 1/8" de pulgada, para piezas pequeñas y en piezas medianas es de 3/16" de pulgada, sin embargo, esta cantidad puede reducirse, en condiciones favorables.

En algunas superficies, la tolerancia por salida puede proveer parte de o todo el material extra que requiere el maquinado.

3.5 DISTORCION

Debe preverse la distorsión en algunos modelos de forma irregular.

En algunos casos el molde ofrece resistencia a la tracción, lo que origina la distorsión.

Un ejemplo común son las secciones en forma de U, donde la base de la U tiene libertad para contraerse mientras que las ramas se inclinan hacia afuera de la base.

En algunas secciones horizontales largas, hay tendencia a distorsionarse cerca del centro. Ya que dicha distorsión depende de la forma y las condiciones particulares involucradas, el moldeador debe poner en juego su experiencia y su capacidad de juicio para determinar la tolerancia por distorsión necesaria.

CAPITULO 4

4. ELABORACION DE MOLDES

4.1 NOCIONES GENERALES

El conjunto de elementos que mantienen en forma transitoria o permanente, el espacio vacío que ha de recibir el metal líquido se llama molde y la acción de llevar a cabo la operación anterior, se denomina moldeo.

La secuencia del moldeo se desarrolla en el siguiente orden:

Primeramente debemos contar con el modelo de la pieza, el cual es de madera debido a la exactitud dimensional. El Modelo mencionado constituirá la huella o vacío en el que se vertirá el metal y que corresponde en forma y dimensiones a la pieza que se desea obtener.

El proceso de elaboración de los moldes de fundición, denominado moldeo, se realiza en la sección de preparación de moldes del taller de fundición.

La elaboración de moldes, machos y el armado del molde son las -

etapas más importantes en la fabricación de piezas moldeadas.

Los moldes de arena se preparan con materiales que se llaman --mezclas de moldeo, y los machos se preparan con mezclas para machos.

Sin embargo, el 90% de las piezas moldeadas se obtiene por colada en los moldes de arena compuesta en lo principal de arena, - arcilla y algunos aditivos.

El molde en el que va a obtenerse la pieza debe reunir varios - requisitos, pues la calidad de la pieza obtenida estará en función de la calidad del molde; los requisitos para el molde son:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| a. PLASTICIDAD | |
| b. RESISTENCIA MECANICA | e. CAPACIDAD DE LARGO SERVICIO |
| c. PERMEABILIDAD GASEOSA | f. COLAPSIBILIDAD |
| d. REFRACTARIA | g. TERESURA |

a.- PLASTICIDAD.- La plasticidad de la arena de los moldes, caracteriza su capacidad de reproducir exactamente las formas del modelo o de la caja de machos y conservarla hasta después de sacar el modelo o quitar la caja de machos.

La plasticidad del material de los moldes se eleva al aumentar - el contenido de las sustancias arcillosas y el agua.

b.- RESISTENCIA MECÁNICA.- La resistencia mecánica de la arena - caracteriza la resistencia del molde a las cargas en forma de -- choques al armar el molde, al transportarlo y al llenarlo con me- tal líquido.

c.- PERMEABILIDAD GASEOSA.- La permeabilidad gaseosa de la arena de los moldes caracteriza la capacidad de la arena y mezclas a dejar salir los gases y depende de su porosidad. La alta permea- bilidad gaseosa, es necesaria para que desde la cavidad del mol- de que se llena con metal, se facilite la salida del aire, de -- los vapores de agua y fundamentalmente, de los gases que se des- prenden del metal cuando éste se enfría y solidifica en el mol- de.

La permeabilidad gaseosa de los materiales y mezclas para moldes depende de las dimensiones y forma de los granos, de la humedad, del contenido del componente arcilloso y del grado de compacta- ción. Los granos gruesos, que se apisonan menos que los finos, aseguran una mayor porosidad.

d.- REFRACTARIA.- La refractariedad de la arena para moldes, - caracteriza su capacidad de resistir la alta temperatura del metal que se vierte dentro del molde sin que éste se haga blando, - se funda y adhiera a la superficie de la pieza moldeada. Si la capacidad refractaria del material del molde es deficiente, en la pieza moldeada se forma una costra de óxido que hace más difícil el corte y la limpieza de las piezas.

e.- CAPACIDAD DE LARGO SERVICIO.- La capacidad de largo servicio es la propiedad de la arena para moldes de conservar sus propiedades al emplearlo repetidamente para la producción de piezas.

f.- COLAPSIBILIDAD.- Es para permitir la libre contracción del metal durante la solidificación y facilitar el desmoldeo.

g.- TERSURA.- Es para obtener apariencia de la pieza.

4.2 UTILES DE MOLDEO

En el moldeo a mano, se utilizan distintas herramientas para manejar la arena, confeccionar el molde, retocarlo y dejarlo en condiciones de recibir el metal fundido, éstas se dividen en dos grupos:

Al primer grupo pertenecen las herramientas utilizadas para llenar las cajas de moldeo, ver figura 4.1.

- . Palas
- . Cribas
- . Piscos de mano y de aire comprimido.
- . Agujas de ventilación.

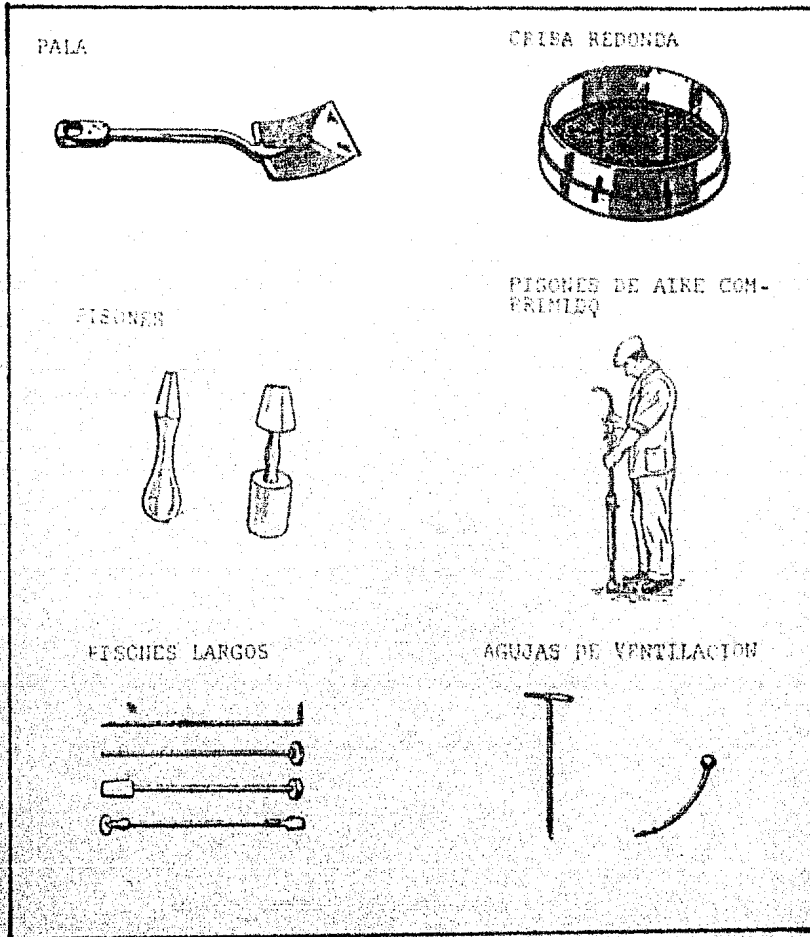


FIGURA 4.1 UTILES DE MOLDEO PARA LLENAR LAS CAJAS DE MOLDEO.

Al segundo grupo pertenecen las herramientas destinadas para extraer los modelos de los moldes y el acabado del molde, fig.4.2

- . Lancetas
- . Patillas
- . Cucharas
- . Ganchos de rosca y de tornillo.
- . Pinceles de cañamo
- . Alisadores
- . Mazo

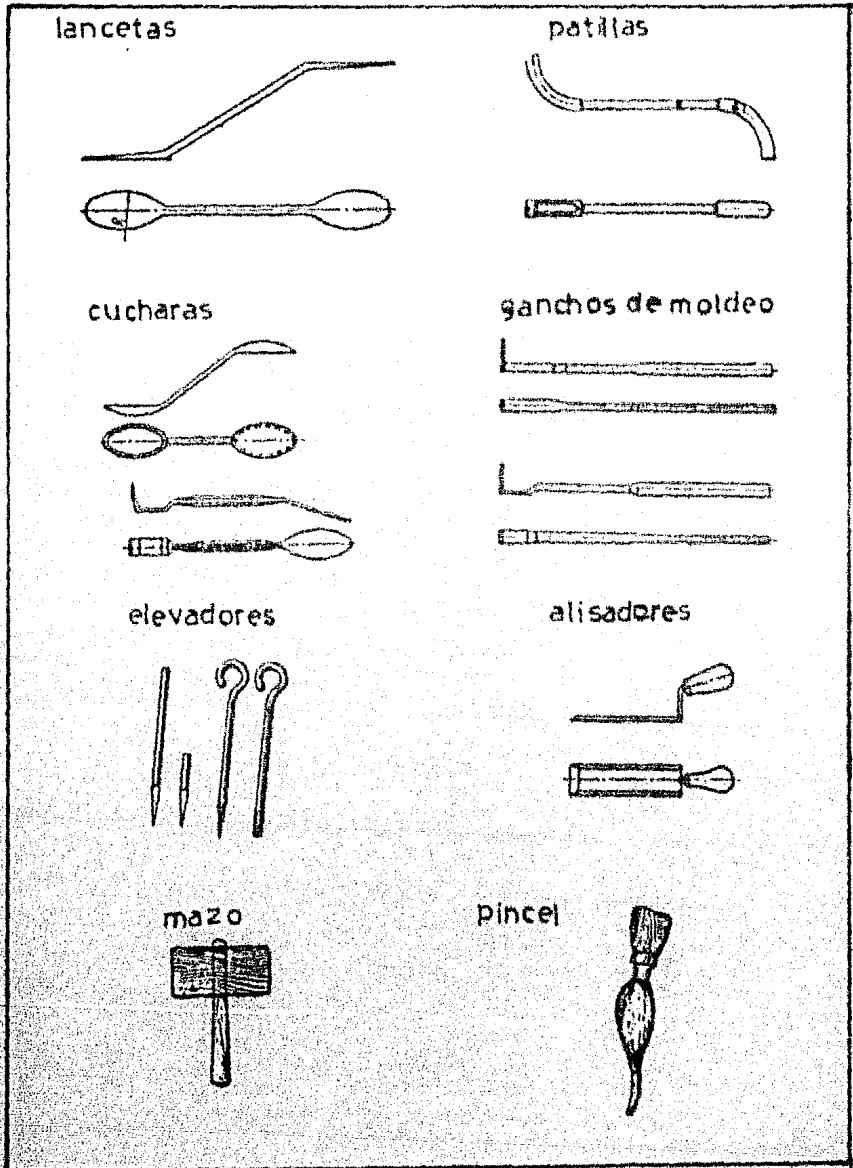


FIG. 4.2 UTILES DE MOLDEO PARA EXTRAER LOS MODELOS DE LOS MOLDES.

4.3 CAJAS DE MOLDEO

Una vez preparado el modelo y dispuesta la arena adecuada para el moldeo, puede iniciarse a la fabricación del molde, para lo cual se selecciona una caja de moldeo de tamaño adecuado.

Se llaman cajas de moldeo a los marcos rígidos, de diferente forma, que protegen el molde de arena contra su destrucción tanto durante el armado, como en transportación y la colada, ver figura 4.3.

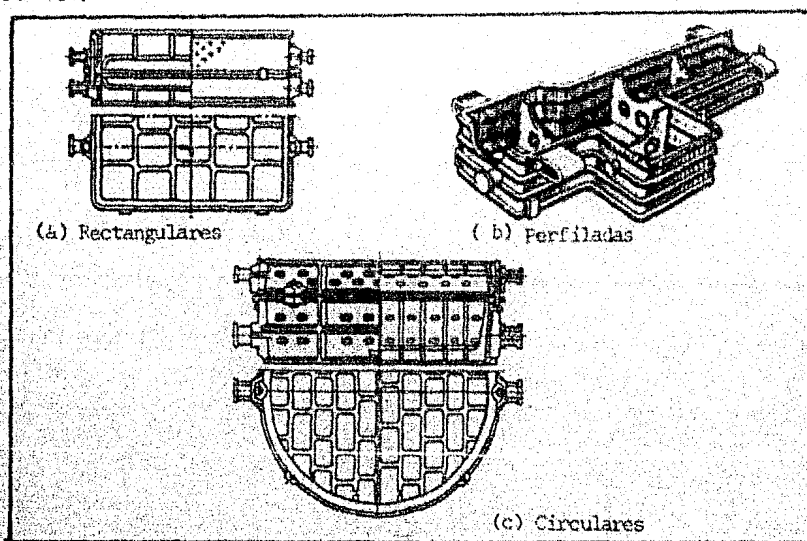


FIG. 4.3 TIPOS DE CAJAS DE MOLDEO

Cada caja se puede descomponer en dos o más partes. Una caja de

moldeo de tres partes se compone, figura 4.4:

Una parte inferior o caja inferior (a), donde se coloca el rodillo.

Una parte intermedia o caja del medio (b).

Una parte superior o caja superior (c), donde se coloca el bebedero, hazarota y tiradero.

Las cajas están compuestas por un bastidor de paredes verticales provistas de bordes para sostener la arena, de formas diversas y de tamaños muy variados proporcionados a la forma y el tamaño de los modelos y de las piezas a obtener.

Hay numerosos modelos de cajas, que se diferencian por sus características o por los materiales empleados; se utilizan:

Cajas de gran tamaño, con muñones que permiten levantarlas y volverlas fácilmente con la grúa, figura 4.5.

Las cajas pequeñas se construyen de hierro, figura 4.6, de aluminio cuando es indispensable que sean ligeras, figura 4.7 o de --

hierro fundido para la fundición del mismo metal, figura 4.4.

Cajas con pasadores móviles, figura 4.8. En este caso todas -- las cajas del mismo tipo y de las mismas dimensiones tienen solo orejas horadadas, y los pasadores son dos.

Cajas compuestas, figura 4.9, para poder aumentar o reducir su tamaño o para facilitar el retoque del molde o la introducción de machos complicados.

Las cajas de moldeo en general son de fundición de hierro, pero también se fabrican de acero, aluminio y madera.

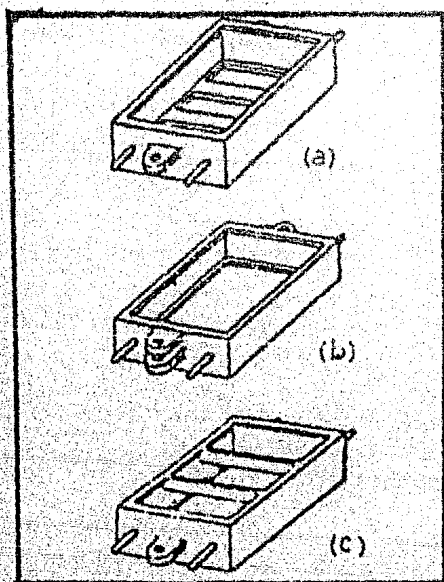


FIG. 4.4 Caja de moldeo de tres partes.

El molde se obtiene generalmente de dos cajas de moldeo, la superior y la inferior. Las superficies de las cajas de moldeo en los planos de separación se acenillan, y en algunos se rectifican para asegurar el asiento compacto de los semimoldes.

Para el transporte y manipuleo de las cajas de moldeo, se tienen unas ranijas y en las grandes mufones. En las paredes de las cajas de moldeo se practican orificios de ventilación para la expulsación de los gases, creados durante la colada.

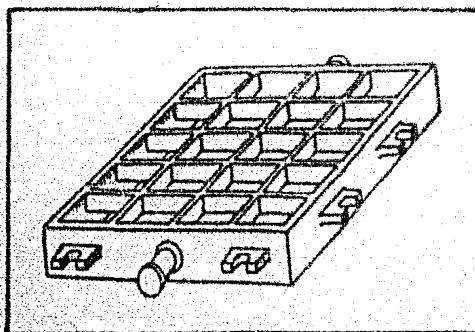


FIG. 4.5 CAJA DE GRAN TAMAÑO

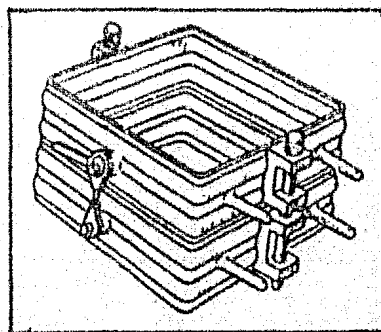


FIG.4.6 CAJA DE HIERRO DE DOS PARTES.

Hay cajas de moldeo para hacer moldes a mano, a máquina y en máquinas automáticas.

Las cajas para el moldeo a mano, tienen que tener una masa mínima. Las cajas para el moldeo a máquina y automático son útiles de precisión. Estas deben poseer una gran exactitud, rigidez y ser intercambiables. Las dimensiones de la abertura y la altura de las cajas de moldeo, los elementos de su estructura (paredes, munoñes, manijas, pasadores, bujes) están normalizados.

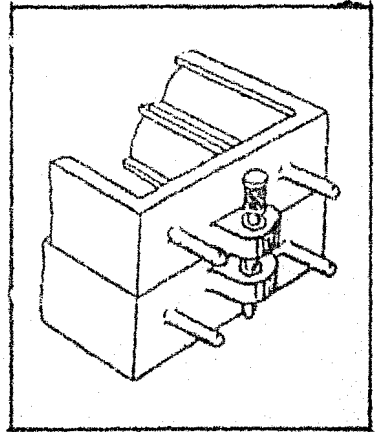
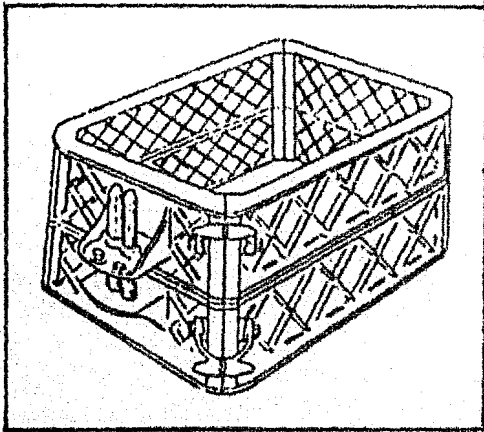


FIG. 4.7 CAJA DE AL PARA MOLDES DE BLOQUE DE ARENA.

FIG. 4.8 CAJA DE HIERRO FUNDIDO.

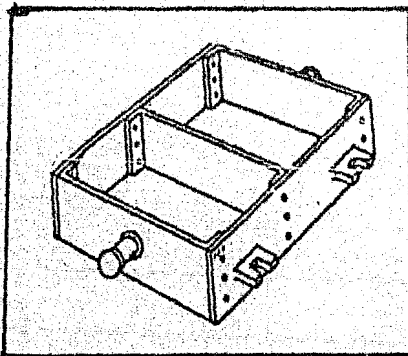
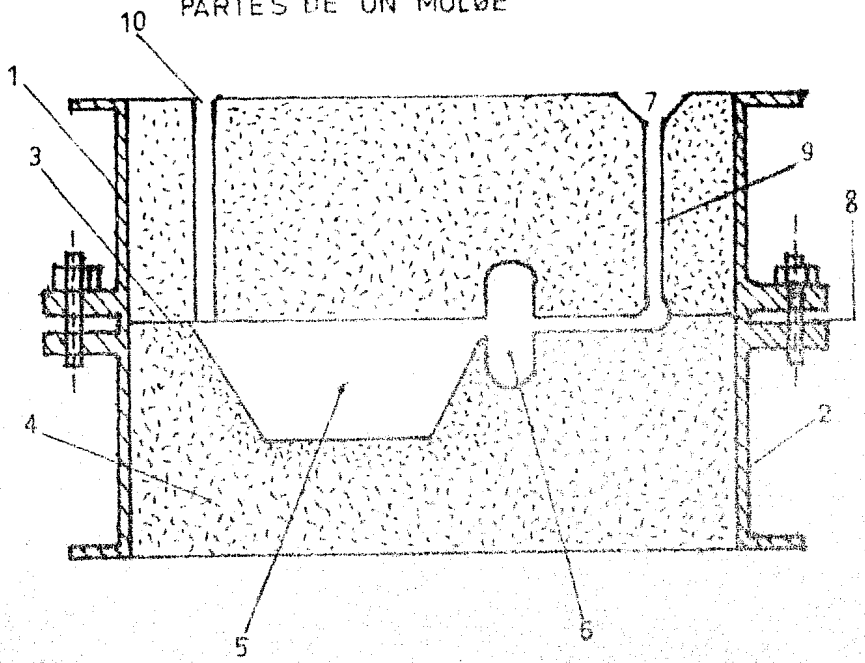


FIG. 4.9 CAJA COMPUESTA.

PARTES DE UN MOLDE



- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1 CAJA SUPERIOR | 5 MODELO |
| 2 CAJA INFERIOR | 6 MAZAROTA |
| 3 LINEA DE SEPARACION | 7 EJE CENETRADO |
| 4 ARENA | 8 PASADORES DE CENTRADO |
| | 9 CANAL DE ALIMENTACION |
| | 10 TIRADERO |

4.4 MOLDEO A MANO

El moldeo a mano se emplea para obtener una o varias piezas moldeadas, por ejemplo, en condiciones de producción experimental, al elaborar piezas únicas, como también para las piezas fundidas para reparación. Las operaciones se realizan manualmente, o bien con la ayuda eventual de medios de levantamiento o de transporte.

El moldeo a mano es el más usado para las piezas grandes o pequeñas en cantidades reducidas, y constituye la característica de las fundiciones de piezas variadas o de las que se dedican a la construcción de grandes piezas.

4.4.1 TIPOS DE MOLDEO A MANO

- a. Moldeo en fosa
- b. Moldeo en cajas
- c. Moldeo con terraja
- d. Moldeo con machos

a. Moldeo en fosa

La preparación de los moldes en fosa es uno de los tipos de elaboración a mano. El molde en fosa generalmente se utiliza en la producción unitaria y en pequeños lotes.

El moldeo en fosa se realiza en el piso de tierra del taller de fundición, revestidos con ladrillos, utilizando lechos o camas de moldeo con orificios para la evacuación de los gases.

En dependencia de la masa y la altura se emplean lechos o camas duros y blandos. Los lechos o camas blandas se utilizan para -- moldear piezas moldeadas planas de pequeña altura, los lechos o camas duros, para piezas moldeadas de gran tamaño.

Desventajas del moldeo en fosa:

- . Cavado de pozos y preparación de la cama o lecho.
- . Condiciones higiénicas desfavorables (polvo, elevada temperatura).

No obstante el método es sencillo y no requiere de maquinaria.

Moldeado en lecho blando.

En el piso del taller de fundición (6) se cava un foso de 20 cm. de profundidad, fig. 4.10, a, y se llena con la mezcla de relleno (1). Lo ancho y largo del foso es mayor que el modelo. Sobre dos barras metálicas macizas (10), niveladas con el nivel de escuadra por la longitud, se colocan las tablillas (11), entre las cuales se echa una capa de mezcla de revestimiento (2) de 2 a 3-cm. de espesor. La mezcla se allana con la regla (12) y luego, quitando las tablillas (11), con esta misma regla se compacta la mezcla al ras con el plano 1-1, fig. 4.10, b.

Con cuidado se hace asentar el modelo (3) de la pieza con leves golpes del martillo (5), sobre la madera (4). Con el nivel de cuadro (7) se verifica la posición horizontal del plano superior del modelo, figura 4.10, c.

Posteriormente se compacta la mezcla del moldeo alrededor del mo

delo y el exceso de ésta se elimina con la regla al ras con el plano superior del modelo. Para la evacuación de los gases en el molde se practican orificios con la aguja de ventilación (8), y luego se extrae el modelo (3).

De la vacía de colada al modelo se le realiza un bebedero para el suministro del metal fundido. En el lado contrario al bebedero se provee un canal de evacuación (9), figura 4.10, d.

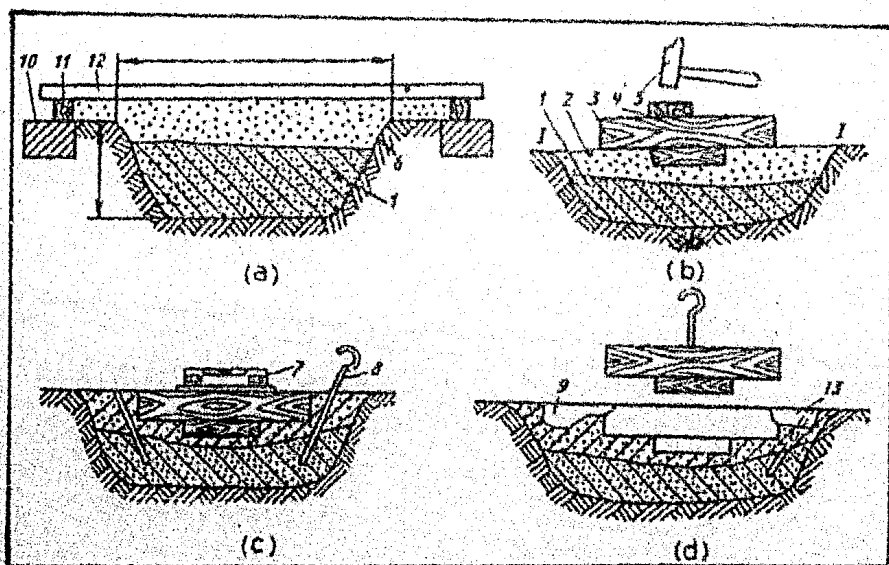


FIG. 4.10 MOLDEO EN FOSA, EN LECHO BLANDO

MOLLEO EN LECHO DURO

Se cava el foso (1) de una profundidad de 30-50 cm. mayor que la altura del modelo, fig. 4.11, a. Sobre el fondo del foso bien compactado se echa una capa de coque (2) pequeños trozos de un espesor de 10-25 cm. La capa de coque se apisona y sobre ésta se le agrega más coque a menudo (4), el cual se compacta ligeramente y se cubre con una hoja de asbesto.

Para la evacuación de los gases, se instalan los tubos (5), cuyo extremo superior está dispuesto un poco más alto del nivel del suelo. En la capa (5) de la mezcla de moldeo se practican los orificios de ventilación.

Sobre el lecho duro se le agrega la mezcla de moldeo, la cual se compacta después de instalar el modelo (6), fig. 4. 11, b. Luego la superficie del molde se allana y se cubre con la caja de moldeo (7). En la caja se instalan los modelos (9) de los elementos del sistema de alimentación y los ganchos (10). Luego en la caja se echa la mezcla de moldeo y se compacta.

Seguidamente la caja se eleva con una grúa y se extrae el modelo del molde. Los semimoldes superior e inferior se terminan a mano se arra el molde centrándolo con clavos (8) y se coloca la carga (11), como también la vacía de colada (12) y el evaporador (13), fig. 4.11, c.

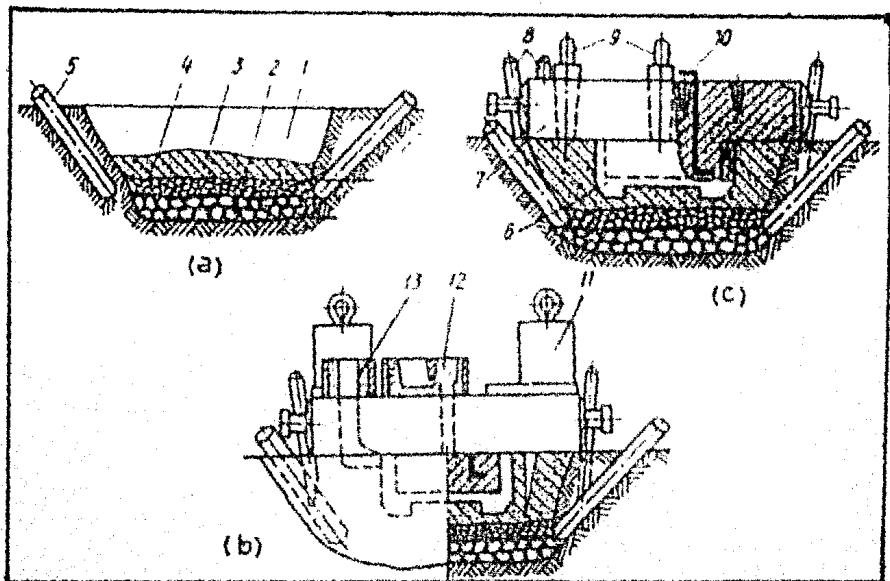


FIG. 4.11 MOLDEO EN LECHO DURO.

b. Moldeo en cajas

La elaboración de moldes en cajas es la técnica más usada para obtener moldes. Esta técnica se puede emplear en casi todos los casos de elaboración de los moldes.

De este método, el de mayor utilización en la práctica, es el método de elaboración del molde en dos cajas, principalmente con mo

delos de dos partes. Para el molde se utilizan con más frecuencia dos cajas de moldeo y en ocasiones hasta tres. Al ser moldeadas en cajas, las piezas moldeadas resultan más exactas que al moldearse en fosa, puesto que las cajas de moldeo se centran mediante pasadores. El moldeo en cajas es más productivo que en fosa.

Moldeado en dos cajas de moldeo con modelos de dos partes.

La fabricación del molde se comienza con la instalación del modelo o de su mitad (?) sobre la placa modelo (1), fig. 4.12,a. Luego se coloca sobre la placa la caja de moldeo inferior (3) y el modelo se recubre con polvo desmoldeante, fig. 4.12,b. Después a través de un tamiz (4) se criba la mezcla de revestimiento, fig. 4.12,c.

Al moldear piezas grandes con altas paredes verticales, la mezcla de revestimiento es cribada sólo para cubrir el plano horizontal del modelo. El forrado de las paredes verticales, se realiza con la misma mezcla de revestimiento.

En la caja de moldeo se echa la mezcla de relleno y se compacta, fig. 4.12,d. Para obtener una compactación uniforme del molde, la mezcla de relleno se vierte en la caja por capas y se compacta con el pisón (5), fig. 4.12, e, f. Durante la compactación no se

debe golpear con fuerza en la mezcla con el pisón, ya que la mezcla de moldeo en los sitios del golpe estará fuertemente compactada y pueden crearse sopladuras de gas en las piezas moldeadas. Con mucho cuidado, se compacta la mezcla en los rincones y junto a las paredes de las cajas de moldeo.

Después de la compactación, el exceso de mezcla es removida con la regla (6) al ras con los bordes de la caja, fig. 4.12,g. Luego con la aguja se practican en el molde los canales de ventilación de tal forma que éstos no lleguen al modelo, fig. 4.12,h. Posteriormente el semimolde junto con la placa modelo se gira a 180 grados y se coloca la segunda mitad del modelo.

Para evitar la adherencia de la mezcla de moldeo del semimolde superior al inferior, el plano de separación del último se espolvorea con arena desmoldeante seca. Esta arena se expulsa de la superficie del molde con aire comprimido. La caja de moldeo superior se coloca sobre el inferior y a través de una criba se cubre el modelo con una capa de mezcla de revestimiento, se coloca el modelo del canal vertical y se carga la mezcla de relleno en la caja de moldeo. Luego se compacta la mezcla con el pisón, fig. 4.12,i. El sobrante de mezcla se recoge y se practican los canales con la aguja. El molde se abre y se humedece su superficie junto

al modelo con agua. En el modelo se atornilla o se ciava el elevador. Luego el modelo se afloja golpeando suavemente sobre el elevador y se extrae el modelo, fig. 4.12,j. De la misma forma se extraen los modelos del canal vertical, del respiradero y el alimentador.

La extracción del modelo es una operación importante, y se debe realizar con cuidado para no destruir el molde. No se recomienda aflojar demasiado el modelo puesto que en este caso las piezas moldeadas resultan con dimensiones agrandadas.

Los lugares deteriorados del molde, deben ser arreglados con alisadores, cucharas y lancetas. Algunas de sus partes se refuerzan con espigas, para evitar la salida de la masa fundida del molde durante la colada.

Al vaciarse el metal en moldes secos, en el plano de separación del molde se aplica una fina capa de arcilla que impide la salida de la masa líquida del molde.

Generalmente el molde se pinta después del secado, cuando aún éste no se ha enfriado. A veces los moldes se pintan dos veces: antes y después del secado. Luego se coloca el macho y se arma el-

molde, fig. 4.12, k.l.

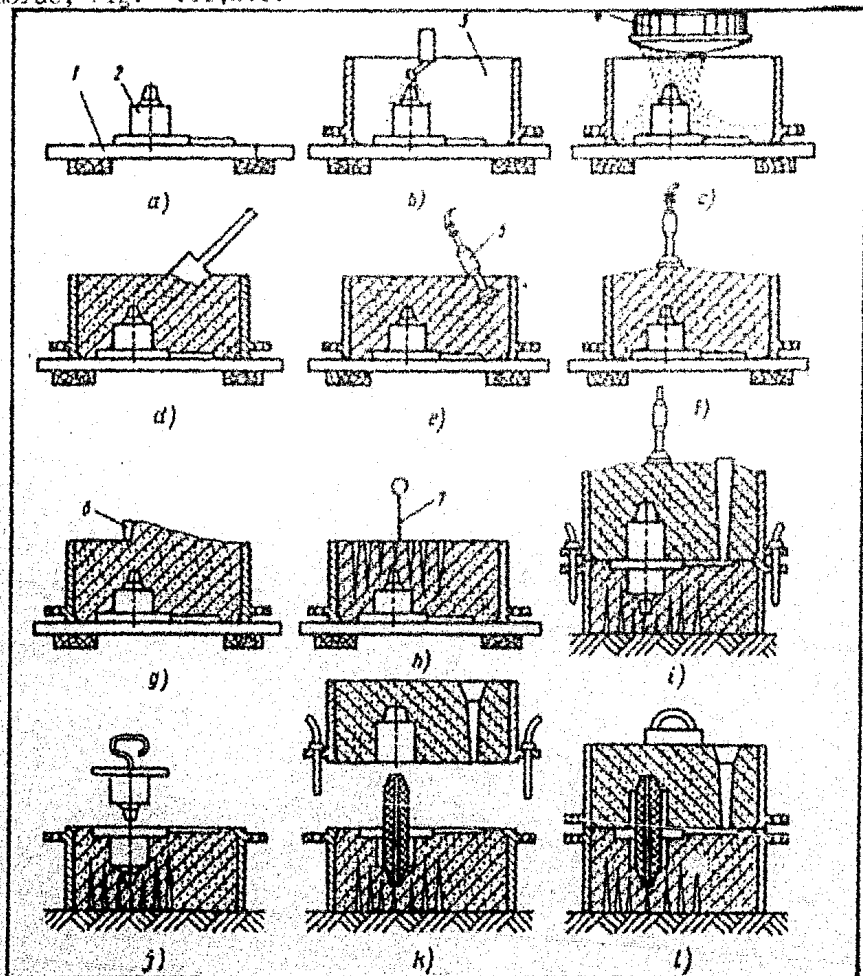


FIG. 4.12 Operaciones para la elaboración del molde

en dos cajas de moldeo.

c. Moldeo con terraja.

El método de elaborar los moldes cuyas cavidades se obtienen mediante tablas-terrajas perfiladas, que giran alrededor de su eje o que se desplazan sobre guías, se denomina moldeo con terraja, - fig. 4.13. La cavidad del molde se obtiene sacando con la terraja la mezcla de moldeo previamente compactada o nivelando con la terraja la mezcla que se rellena y se compacta.

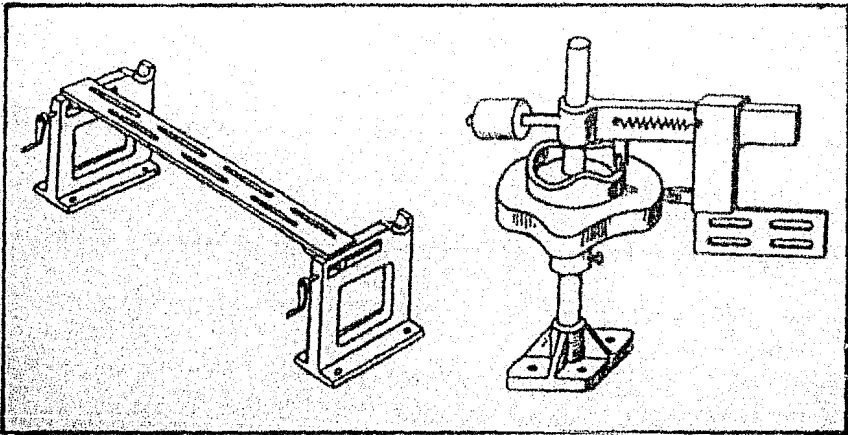


FIG. 4.13 Herramientas para aterrajado.

El moldeo con terraja se emplea para piezas moldeadas que tienen la forma de un cuerpo cilíndrico.

El moldeo con terraja es poco utilizado y sólo se usa para elaborar una o varias piezas moldeadas.

d. Moldeado con machos.

Si las piezas que se han de fundir tiene partes huecas que exigen la colocación de machos, hay que proceder a su moldeo utilizando las arenas para machos.

Si los machos son sencillos, prismáticos o cilíndricos, la caja de machos es de una sola pieza, fig. 4.14.

Este método se utiliza en la producción en gran escala y en grandes series.

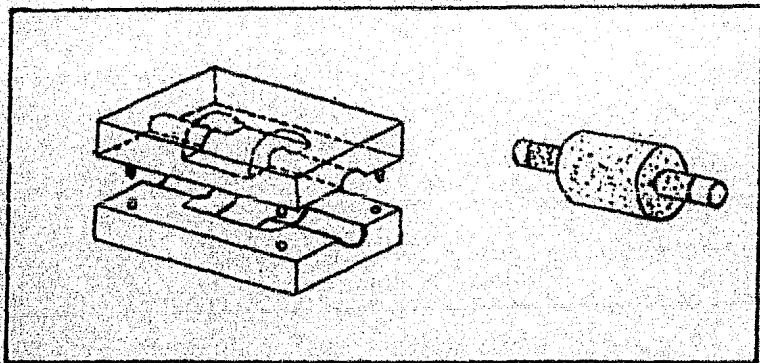


FIG. 4.14 Moldeo con cajas de machos partidos.
a) Caja de machos b) Macho obtenido.

La ventaja principal del moldeo en machos, es la posibilidad de dividir un molde completo en elementos simples, los machos.

4.5 MOLDEO A MAQUINA

El moldeo a mano, tal como se ha descrito, resulta lento, pesado y laborioso, y por éso se ha tratado de simplificar esta operación realizándola mecánicamente con las llamadas máquinas de moldear.

El moldeo a máquina se utiliza en la producción de piezas moldeadas en serie y en gran escala, con pocas frecuencia unitaria.

Las operaciones, especialmente el atacado de la arena y la extracción del modelo, son realizadas por medio de máquinas adecuadas y el moldeo automático para la producción de piezas moldeadas en gran escala.

La técnica principal de elaboración de los moldes en los talleres de fundición modernos de gran producción y producción en serie es la elaboración de los moldes a máquina.

Las máquinas empleadas en el moldeo mecánico, realizan en realidad dos clases de operaciones perfectamente diferenciadas: el moldeo, relleno de arena a la caja de moldeo y apisonado; y posteriormente el desmoldeo o separación del modelo de la caja. Existen máquinas que realizan ambas operaciones sucesivamente denominados

máquinas de moldear completas.

Las ventajas de elaboración de los moldes a máquina son las siguientes:

- 1.- Mecanización de la compresión del molde y de la extracción del modelo sin deteriorar el molde.
- 2.- Obtención de los moldes con una consistencia más uniforme y una resistencia más alta.
- 3.- Obtención de las piezas moldeadas con un sobreespesor mínimo para la elaboración mecánica.
- 4.- Disminución del número de piezas defectuosas.

El moldeado a máquina es la base del moldeo automático.

La elaboración de moldes para fundición a máquina se compone de una serie de operaciones: la compactación de la mezcla de moldeo en la caja y la extracción del modelo del molde, la instalación de la caja en la máquina, el soplado de la placa modelo y su rociado con la solución desmoldeante, el armado de los moldes.

4.5.1 TIPOS DE MÁQUINAS PARA ELABORAR LOS MOLDES

Según el método de apisonar la arena en la caja, se pueden dividir las máquinas en los siguientes tipos:

- . Máquinas de prensado
- . Máquinas de percusión

. MÁQUINAS DE PRENSADO

El principio de funcionamiento de las máquinas de prensado, consiste en compactar la mezcla de moldeo en la caja por medio de presión en vez de apisonarla. Se puede compactar la arena con prensado superior e inferior.

Las máquinas de prensado se subdividen en máquinas de moldeo superior e inferior.

El esquema de prensado superior, se muestra en la figura 4.15,a. Sobre la platina (1) de la máquina está fija una placa de modelar con un modelo (?), sobre la placa se coloca la caja (3) de acuerdo con los pernos, sobre el cual se pone el marco de relleno (4). La caja y el marco se llenan con mezcla de moldeo de la tolva, --

por encima de la caja y el marco se instala un travesaño (6), -- con una zapata (5) fija en él, cuyas dimensiones son un tanto menores que las del marco de relleno (4); posteriormente la platina de la máquina con la caja y el marco se eleva. Puesto que el travesaño es inmóvil, al levantarse la máquina, la zapata entra en el marco, desplazando de él la mezcla de moldeo y prensándola en la caja. La superficie inferior de la zapata, ha de alcanzar el borde superior de la caja y crear en ella la compresión requerida de la arena de moldeo.

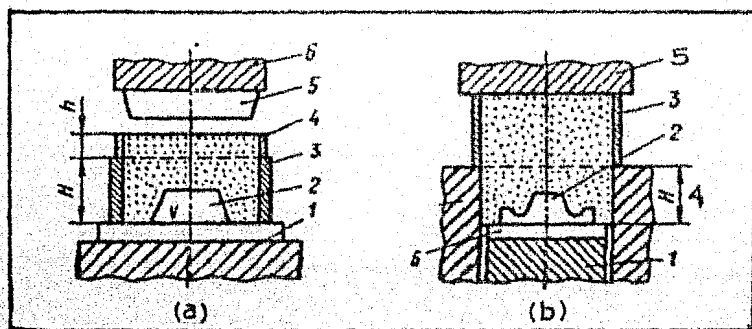


FIG. 4.15 Prensado inferior y superior.

En la figura 4.15, b., se muestra el esquema de prensado inferior. La platina (1) se mueve en el marco inmóvil (7), que la rodea, como un émbolo en un cilindro; la placa en el modelo (2), antes del

prensado se encuentra más baja que el borde superior del marco -- (7), sobre el cual se coloca la caja (3), de manera que como resultado del relleno completo de la caja con la mezcla de moldeo -- que sale de la tolva, se forma en el marco, por debajo de la caja, una capa de arena (4), que es suficiente para hacer compacto el material de moldeo en la caja, mientras que el marco (7), sirve de marca de relleno. Colocando juntamente a la caja el travesaño (5), se eleva la platina, prensando de este modo, desde la parte inferior, la mezcla de moldeo del marco, a la caja por el lado del modelo.

El prensado inferior proporciona mejores resultados en cuanto a la compresión de la arena alrededor del modelo, ya que el prensado se realiza por el mismo modelo, mientras que en el prensado superior, el efecto de compresión alcanza la superficie del modelo. Las máquinas de prensado se emplean para hacer más compacta la arena en las cajas de altura pequeña.

. MAQUINAS DE PERCUSION

Para comprimir las mezclas de moldeo en cajas altas, se emplean máquinas de apisonado por percusión.

La platina de la máquina lleva fija una placa de moldear. La placa se cubre con una caja, llenada con mezcla de moldeo por medio de la tolva. La platina, junto con la caja llena de arena de moldeo se eleva, con ayuda de aire comprimido, a cierta altura y cae chocando contra el yunque de la máquina. Al chocar, la fuerza de la arena se amortigua y tiene lugar la compresión de la arena en la caja. Con sucesivos golpes se alcanza la compresión requerida del material de moldeo en la caja. El número de choques de la platina es desde 10 hasta 200 por minuto.

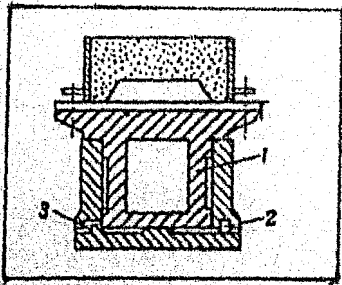


FIG. 4.16 Máquina para elaborar moldes a percusión.

Como resultado del apisonado por percusión, se obtiene una compresión irregular de la mezcla de moldeo en la caja; la máxima compresión se alcanza en la carga de la mezcla de moldeo que se halla alrededor del modelo, ya que en esta capa, con los choques actúa la fuerza de inercia de toda la masa del material del moldeo que se encuentra por encima.

Para comprimir las capas superiores de arena, se suele utilizar, en las cajas de tamaño medio y pequeño, un prensado adicional y

para las cajas grandes, el apisonado con un pisón a mano o con pi
sones neumáticos, así como la percusión con un peso en forma de -
plancha colocada encima de la arena.

CAPITULO 5

5. ARENAS

5.1 GENERALIDADES

La arena se encuentra abundantemente en toda la tierra, cerca del agua, en los desiertos y en las montañas erosionadas. Al fluir, los ríos llevan cargas de minerales. Las corrientes repentinas pueden conducir materiales tanto finos como gruesos; pero si la corriente es lenta, el agua sólo puede transportar materiales finos. La arena más gruesa se deposita primero, a continuación se deposita la arena de grano mediano, y finalmente se transportan los granos más finos dentro de las aguas tranquilas.

Las arenas silíceas se formaron por la arena que se depositó a lo largo de las costas de los océanos. Donde estos depósitos quedaron enterrados bajo grandes capas de sedimentos que se depositaron posteriormente, la arena se transformó en piedra arenisca en algunas áreas, lo que facilita la operación de extraerla y convertirla en arena de fundición.

No siempre puede emplearse la arena en la fundición tal como llega de los depósitos, sino que debe someterse a algunos procesos -

de modificación, que se efectuarán después de una serie de pruebas adecuadas para el estudio de sus características técnicas.

El conjunto de estas pruebas, lo mismo las destinadas a comprobar las características del material que lleva de los depósitos como las de la mezcla que servirá para el moldeo, constituye lo que se llama comprobación de la arena.

Los casos más importantes de modificación de las arenas, se presentan cuando se procede a la mezcla de arenas de diversos tipos, sea para variar la distribución del grano, sea para rebajar o reforzar la arena o bien a la adición del aglomerante.

La arena de moldeo es el material indispensable que conforma las piezas de fundición y debe ser controlada para que proporcione los mejores resultados. Una arena de moldeo de baja calidad, por lo general producirá piezas fundidas de baja calidad.

La arena sílice (SiO_2) se utiliza en la producción de piezas fundidas, mas universalmente que ningún otro material de moldeo.

Con la arena se mezcla un agente aglomerante apropiado, corriente mente arcilla; la mezcla se humedece con agua para que desarrolle resistencia y plasticidad. La mezcla de arena se prepara fácilmente y se moldea alrededor de diversas formas para dar por resul

tado piezas satisfactorias casi de cualquier metal.

Las arenas y las arcillas se originan por la erosión química y mecánica de las rocas graníticas; se encuentran depósitos dejados por el viento, el agua o la acción de los glaciares. Las arenas se encuentran con frecuencia en contacto íntimo con la arcilla, y en estos casos las mezclas de arena y arcilla pueden usarse esencialmente según se extraen, basta agregar agua con los agregados y la arcilla desarrolla la resistencia y la plasticidad necesarias para el moldeo. Estas arenas se denominan arenas naturales.

Durante años se utilizaba la arena natural porque no se conocían otros materiales para reemplazarla. En la actualidad, se han comprobado las ventajas de contar con una arena base, tan pura como sea posible, a la que se agregarán otros productos en proporciones precisas previamente establecidas para obtener propiedades físicas deseadas que garanticen una producción de piezas de buena calidad, eliminando muchos de los defectos comunes que aparecen en las arenas naturales.

Las arenas llamadas naturales, llegan a la fundición con impurezas, elevada proporción de humedad, falta de uniformidad en el tamaño de los granos.

Las arenas se encuentran también en forma lavada, libres de arcilla por naturaleza; o bien la arena puede separarse a propósito de la arcilla en grandes tanques. Estas arenas deben ser mezcladas antes de su uso con arcilla y otros materiales según se desee; se les denomina entonces arenas sintéticas.

Las arenas naturales y las arenas sintéticas tienen diferencias definidas. Las arenas naturales se usan según se extraen, pueden contener una cantidad considerable de materias orgánicas. Son menos refractarias que las arenas sintéticas, como puede esperarse por la presencia de impurezas; se utilizan con más frecuencia en las fundiciones de metales no ferrosos y en las de hierro colado.

Las arenas sintéticas se lavan y clasifican, y no contienen materias orgánicas ni arcilla. Cuando se aglomeran con el usual 3 al 5% de bentonita, la humedad no necesita ser más alta del 3 al 4% para que desarrollen las propiedades de moldeo convenientes. Poseen un mayor poder refractario, puesto que la arena de sílice pura tiene un punto de fusión de aproximadamente 1705 °C y cuando se le mezcla con una cantidad mínima de arcilla, conserva su poder refractario sobre los 1650°C. Se utilizan originalmente para la producción de piezas de acero a causa de su gran poder refractario en comparación con las arenas naturales y porque requieren

un contenido de humedad bajo.

Las mezclas de arena-arcilla para el moldeo en función de la humedad pueden ser: verdes (hmedecidas) o secas. De acuerdo con esto, los moldes de arena verde son aquellos en que se cierra el molde y se vacía el metal inmediatamente después del moldeo, antes de que ocurra un secado apreciable del molde. En esta condición puede existir de 3 a 5% de humedad en la arena. Los moldes de arena verde son los más comunes; debido a que no se incurre en pérdida de tiempo o en gastos adicionales para extraer la humedad puesto que el molde se usa tal como está, es decir no hay que pintar ni mucho menos secar. La humedad puede ser controlada de tal manera que se impida un excesivo desprendimiento de gas o vapor en las caras de contacto molde-metal, y la permeabilidad puede conservarse suficientemente alta como para impedir que se obtengan piezas sopladas causadas por el desprendimiento del vapor y de otros gases.

En los moldes de arena seca o autocurable, la humedad libre se elimina completamente pintándolos con compuestos especiales, generalmente a base de grafito y calentándolos, ya sea en estufas, con leña o con lanza llamas. Comúnmente se obtiene un molde más duro y resistente por medio del secado, y con menos desprendimiento de

gases.

Debido a ésto, los moldes de arena seca o autocurables pueden producir piezas dimensionalmente más precisas en comparación con los moldes de arena verde, y son menos propensos a romperse, agrietarse o crear problemas de defectos debidos a sopladuras o gas atrapado.

Las arcillas para la aglomeración de las arenas de moldeo, se conocen industrial y científicamente como bentonita de sodio o de calcio, caolinita, óxido de hierro e illita. Se encuentran en grandes depósitos que varían apreciablemente en cuanto a pureza; solamente las arcillas relativamente puras son apropiadas para la aglomeración. Las arcillas son productos residuales de varias clases de roca básica. Las bentonitas son productos de erosión de cenizas volcánicas; la illita es el producto de descomposición de materiales micáceos, la caolinita es producto del residuo de erosión de los granitos y los basaltos; el óxido de hierro generalmente es el que le dá el color amarillo o rojo a la arena.

Las arenas de moldeo son en la actualidad mezclas de tres o más ingredientes, los cuales son por lo general, arcilla, arena de sílice y agua junto con otros ingredientes que a propósito son adicionadas.

La razón importante para adicionar tales materiales a los moldes de arena, es la de disminuir los defectos de las piezas por expansión de la arena especialmente en metales no ferrosos. Tales defectos aparecen cuando las caras de contacto de la arena, calentadas por radiación o conducción del metal que ascienden en el molde, aumentan en volumen y saltan hacia afuera empujadas por capas adyacentes más profundas que no se han calentado. Puede existir en los moldes: deslaves y costras. Para eliminar estos defectos se añaden a la arena materiales de apoyo o soporte tales como harina de madera y cereales.

A veces se usan las adiciones a la arena para alterar diversas -- propiedades mecánicas de los moldes.

La resistencia en verde y la resistencia en seco de una mezcla de arena y arcilla puede aumentarse por la adición de una o más de los diversos materiales.

La forma de los granos, también influye en las propiedades de la arena. Los granos redondos fluyen con mayor facilidad y proporcionan mayor permeabilidad, los granos de forma angular proporcionan mayor resistencia y los granos de forma subangular tienen cualidades de las dos anteriores, fig. 5.1.

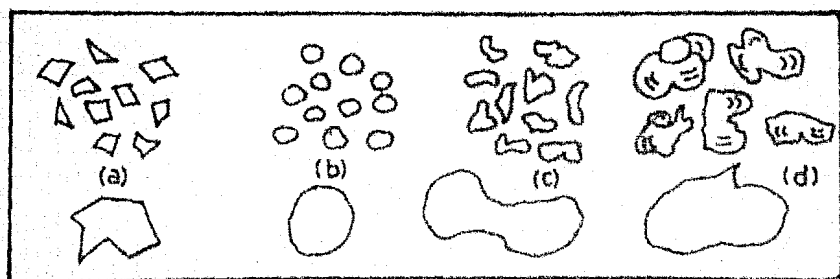


FIG. 5.1 Formas de granos de las arenas para fundición.

a) Angular; b) Redondeada; c) Subangular; d) Compuesta.

La arena angular proporciona una mayor resistencia de entrelazamiento, si se apisona o compacta en forma apropiada. Los granos redondos fluyen mejor, tienen mayor resistencia de compresión de grano y mejores propiedades de ventilación. Las arenas compuestas no se usan con frecuencia debido a sus propiedades finales irredecibles. Esta falta de predecibilidad es causada por: la falta de control de tamaño de grano o a la combinación de las formas de grano redondo, angular y subangular.

5.2 APENAS DE MOLDEO

La arena puede definirse como granos sueltos de materia mineral que varían en tamaño desde aproximadamente 2 a 0.5 mm en diámetro.

La mayoría de las arenas para fundición, se componen amplia o totalmente de sílice (SiO_2). En algunos casos los granos de sílice están asociados con diminutas cantidades de taldepaste, mica y otros minerales comunes.

El cuarzo puro o sílice, es su principal componente (80-90%); -- además de su elevada dureza, proporciona a las arenas para moldeado sus propiedades refractarias debido a su alto punto de fusión.

Las arenas para moldeado contienen también agua en una proporción inferior al 5%, repartida como constituyente de la arcilla y como agua adicional o humedad. Si se calienta la arena a 110° C., el agua adicional se evapora y, en consecuencia, la arcilla pierde su plasticidad, convirtiéndose en una masa endurecida.

Si la temperatura alcanza más de 300°C., desaparece el agua de hidratación o constituyente y la arcilla no recobra su plasticidad.

dad, por mucho que se humedezca. Entonces la arcilla se encuentra quemada.

El contenido de humedad de las arenas para moldeado, no debe -- ser superior al 5%, por que los vapores producidos en la colada -- favorecerían las soldaduras; pero tampoco debe bajar del 3%, -- puesto que perderían resistencia mecánica.

5.2.1 ARCILLAS

Las arcillas pueden encontrarse en tres formas (1).- las formadas por la descomposición de rocas en el lugar y conocidas como arcillas residuales; (2).- las formadas por la alteración de rocas de origen volcánico por la acción de aguas subterráneas; y - (3).- las depositadas como sedimentos y conocidas como arcillas-sedimentarias.

Las arcillas que se utilizan como aglutinantes en las arenas sintéticas son de tres tipos generales:

- 1.- Arcillas refractarias, compuestas esencialmente del mineral caolinita.
- 2.- Bentonita, una arcilla plástica derivada de ordinario por la descomposición de cenizas volcánicas y que consiste esencialmente del mineral montmorillonita. Hay dos clases de bentonita disponibles para la industria de la fundición. Se les conoce con el nombre de bentonitas sódicas y cálcicas.
- 3.- Tierra de Fuller, una arcilla que ha sido utilizada pri

mordialmente por sus cualidades decolorantes, está relacionada con la bentonita.

La arcilla pura o caolin, es un silicato hidratado que forma parte de las arenas para moldeado en proporción cercana al 10%. Si está seca, aparece mezclada con los granos de sílice pero sin aglutinarlos, por el contrario, debidamente humedecida y trabajada, adquiere plasticidad y al recubrir los granos de sílice, los mantiene unidos, actuando de aglomerantes, Fig. 5.2

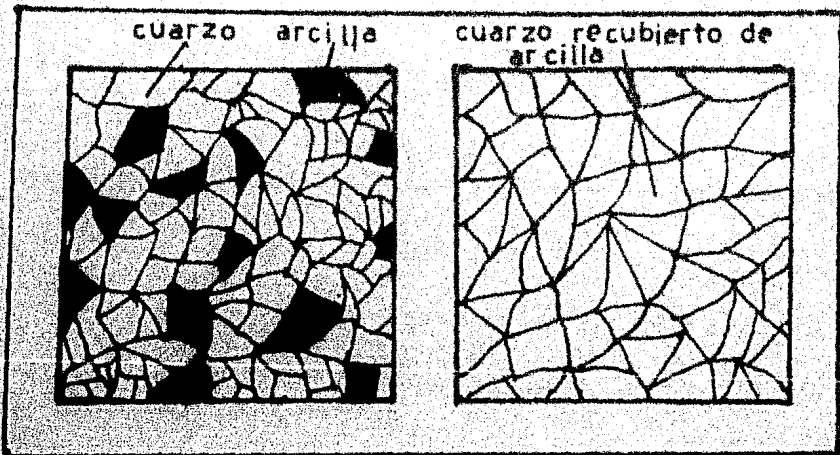
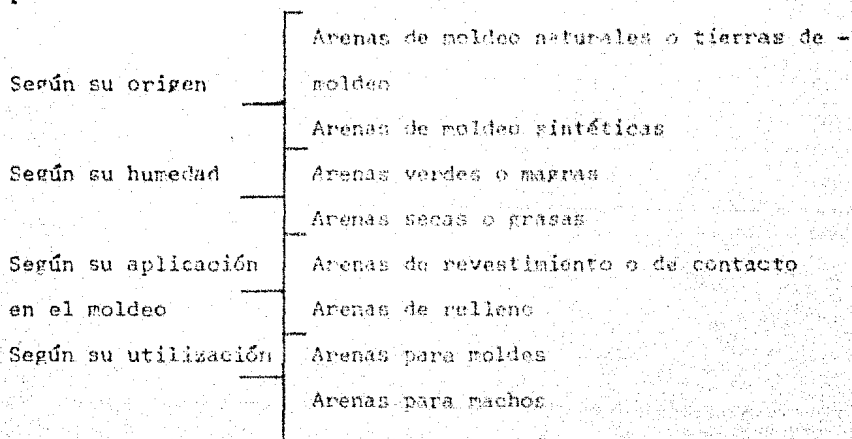


FIG. 5.2 Comportamiento de la arcilla.

5.3 CLASIFICACIONES

Las arenas de moldeo se pueden clasificar en los siguientes grupos:



Las arenas de moldeo naturales o tierras de moldeo, se obtienen de la naturaleza con la sílice y arcilla adecuadas.

Las arenas de moldeo sintéticas, se preparan artificialmente mezclando arena y sílice pura con arcilla en las proporciones convenientes. Las arcillas mejores para la preparación de las arenas sintéticas son las bentonitas, que son arcillas con partículas de tamaño inferior el de las arcillas de las arenas de mol-

deo naturales y que, además tienen gran capacidad de absorción de agua. El poder arlutinante de las bentonitas, es el mayor de todas las arcillas conocidas.

Arenas verdes o arenas magras. Los moldes hechos con estas arenas, se emplean húmedos sin secarse a la estufa. Su contenido de arcilla es pequeño de 4 a 8% y por eso tienen poca plasticidad, que perderían totalmente si se les priva de la humedad. Se emplean para obtener piezas de pequeñas dimensiones, sin secado previo. En cambio tienen el inconveniente de que el vapor de agua en la colada, puede producir bolsas de gases o sobladuras.

Arenas secas o arenas grasas. Los moldes fabricados con arenas de más de 18% de arcilla, tienen una cohesión elevada pero, en cambio, tienen el inconveniente de que son poco permeables. Para aumentar su permeabilidad, se secan en estufa de 250 a 300°C, con lo cual se contrae la arcilla y quedan huecos que aumentan la porosidad de la arena. Las arenas secas se emplean para colar piezas grandes, para los que se hacen moldes de gran resistencia mecánica, o cuando se exige precisión de dimensiones y piezas sin defectos.

Las arenas de revestimiento o de contacto o simplemente de moldeo, son las que van sobre la cara del modelo y que, son arenas

de buena calidad y de grano fino.

Las arenas de relleno son arenas viejas procedentes de desmol- - deos y se utilizan para completar el llenado del molde detrás de la arena de revestimiento.

Las arenas para machos, son arenas con alto contenido de sílice y granos redondeados, para que sea mayor la permeabilidad con reducido contenido de arcilla inferior al 2%, pues ésta hace endurecer superficialmente la arena a la temperatura de colada y se encontrarían con dificultades para deshacer los machos y extraerlos del molde. Generalmente se les adiciona aglutinantes especiales para aumentar su cohesión.

Una segunda clasificación de las arenas naturales puede basarse en su contenido de arcilla:

1.- Arenas arcillosas o tierras grasas, cuyo contenido de arcilla es superior al 18%.

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

3.- Arenas arcillosas o tierras magras, cuyo contenido de -

arcilla es de 5 al 8%.

4.- Arenas silíceas, cuyo contenido de arcilla es inferior al 5%.

Una tercera clasificación puede hacerse atendiendo a la forma -- del grano, fig. 5.1.

- 1.- Arena de grano esferoidal
- 2.- Arena de grano angulado
- 3.- Arena de grano subangulado
- 4.- Arena de grano compuesto

Finalmente, en relación con las dimensiones del grano, pueden -- distinguirse:

- 1.- Arena de grano grueso
- 2.- Arena de grano medio
- 3.- Arena de grano fino

5.4 AGLOMEFANTES Y AGLUTINANTES

Para mejorar algunas cualidades de las arenas de moldeo, se acostumbra a emplear dos clases de sustancias: aglutinantes y revestimientos.

Aglutinantes. Con la denominación g nerica de aglutinantes, se conoce una serie de sustancias que se mezclan con la arena destinada al moldeo de machos y que deben cumplir los siguientes fines:

- a).- Dar resistencia mecánica a los machos cuando son cocidos en la estufa.
- b).- Desmoronarse fácilmente una vez solidificado el metal, para poder extraer la arena fácilmente.

Los aglutinantes adoptados para la preparación de las arenas de moldeo y de las arenas para machos o para reforzar arenas arcillosas naturales, pueden clasificarse en:

1.- Aglutinantes Inorgánicos:

Arcilla

Bentonita

Oxido de hierro
Cemento
Silicato de sodio
Harina de sílice

2.- Aglutinantes Orgánicos:

Cereales
Almidones
Harina de maiz
Dextrina
Mogul
Harina de madera
Melazas
Alquitrán
Resinas
Aceites
Carbón marino

La función de los aglutinantes orgánicos e inorgánicos, es recubrir la superficie de los granos de arena para desarrollar las propiedades de cohesión y plasticidad requeridos en la preparación de moldes y corazones.

En todos los ensayos, se hace una evaluación de las propiedades de la mezcla de arena en forma normal y reproducible que permitan determinar las características de la mezcla. El ensayo de arenas para fundición, es predecir el comportamiento de una mezcla de arena durante la operación de colado.

5.4.1 REVESTIMIENTOS

a.- Revestimientos para moldes y cajas de machos. Los revestimientos para moldes y cajas de machos tienen por objeto facilitar su extracción una vez terminado el modelado y protegerlos de la humedad.

Se emplean generalmente polvos, que deben ser impermeables, resistentes al calor y suficientemente adhesivos.

Los revestimientos que más se emplean están hechos a base de mezcla de polvo de carbón vegetal, arena tamizada y licopodio.

b.- Revestimientos para moldes y machos.- Los revestimientos para moldes y machos tienen por objeto rellenar pequeños defectos del molde, alisar la superficie, evitar la adherencia de las piezas fundidas y dar protección refractaria a la arena por el desprendimiento de gases que se liberan rápidamente al colar el metal líquido y que forman una barrera protectora entre éste y la arena del molde.

CAPITULO 6

5. CONTROL DE LA ARENA VERDE

6.1 PREPARACION DE LAS APINAS

En general, los abastecedores de arenas para fundición, emplean muchas y variadas técnicas para la preparación de éstas para el mercado. En el caso de arenas de banco y algunas de lago, esto puede consistir simplemente en la remoción del terreno de recubrimiento, la excavación de la arena y la carga en camiones o vagones de ferrocarril para su embarque a la fundición. La mayoría de las arenas de lago y de banco se secan y tamizan para eliminar las partículas de mayor tamaño. Por medio de un tamizado y mezclado adicional se obtienen diferentes grados de arena para abastecer las necesidades de la industria de la fundición.

En la preparación de arenas de moldeo aglutinadas naturalmente, se utilizan varias técnicas de tamizado, aereado, secado y mezclado. En general, las hay disponibles con diversas distribuciones de grano y contenido de arcilla, y con fluctuaciones de humedad seleccionadas.

Las arenas de sílice, relativamente bajas en contenido de arci-

lla en sus depósitos naturales, se obtienen en muchas formas. Se les puede tamizar y embarcar mojadas. Se les puede secar y - tamizar a través de un solo tamiz, dando el análisis de la arena tal como se le obtiene con las partículas gruesas removidas.

Partiendo de este proceso, se puede continuar el tamizado hasta el punto en que la arena esté graduada en muchos tamaños y vuelta a mezclar hasta obtener el análisis de tamiz deseado.

La arena de moldeo puede dividirse en:

- a.- Arena para moldeo en verde
- b.- Arena para moldeo en seco

Con la arena verde, se confeccionan moldes en los que se efectúa la colada sin someterlos a ningún secado.

Con la arena en seco se confeccionan 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.

No todas las piezas pueden ser producidas con el moldeo en verde. Las piezas grandes son de muy difícil realización con el --moldeo en verde.

Por efecto de la elevada temperatura a que se ve sometida, en el acto de la colada la arena sufre dos importantes fenómenos:

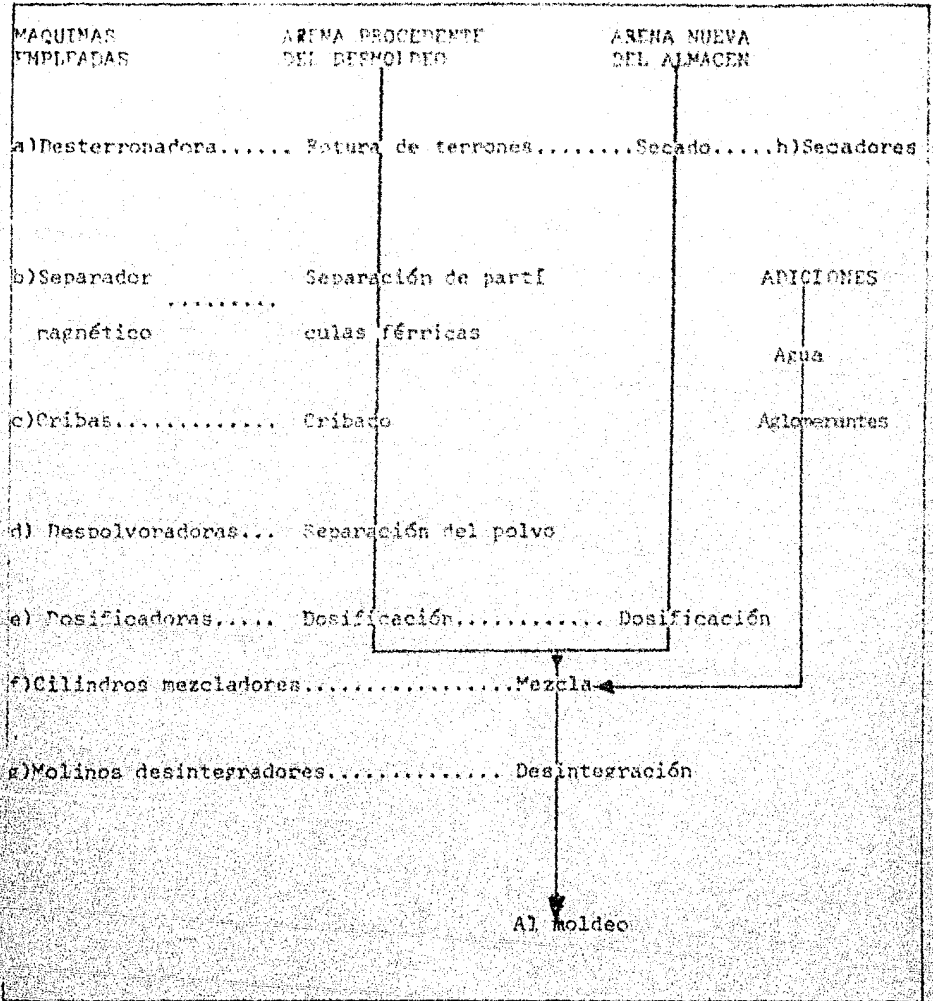
a.- El agua de combinación del aglutinante arcilloso se evapora y la arcilla pierde una parte de su poder aglutinante.

b.- Una parte de los granos de sílice se rompen, por efecto del súbito cambio de temperatura.

La consecuencia de estos dos fenómenos son una cohesión menor y la modificación de la granulometría de la arena con un aumento de materiales impalpables y una baja sensible de la permeabilidad.

La preparación de la arena de moldeo se realiza de modo diverso en las distintas fundiciones, según los materiales de que se disponen y los objetivos a alcanzar. Normalmente se mezcla arena nueva con arena usada en anteriores moldeos, añadiendo los ingredientes adecuados.

DIAGRAMA DE PREPARACION DE ARENAS



La finalidad de esta preparación, es la de obtener una masa homogénea, sin terrones, cuerpos extraños o polvo, compuesta solamente de granos de sílice separados unos de otros y recubiertos con una capa suficiente de arcilla humedecida u otro aglutinante.

a.- La arena usada procede del desmoldeo en masa heterogénea, reagrupada en terrones compactos en los puntos que estuvieron en contacto directo con el metal. Se reduce esta masa al estado granular, introduciendo la arena en una desterronadora, (fig. 6.1), compuesta por dos cilindros de fundición endurecida, paralelos pero no llegan a estar en contacto, lisos o rugosos, comprimidos elásticamente entre sí de modo que puedan separarse al paso de cuerpos metálicos. Debajo se amontona la arena reducida a granos. Otro tipo de desterronadora es la que se presenta en la figura 6.2. Al cargar la desterronadora hay que evitar los terrones quemados o costras.

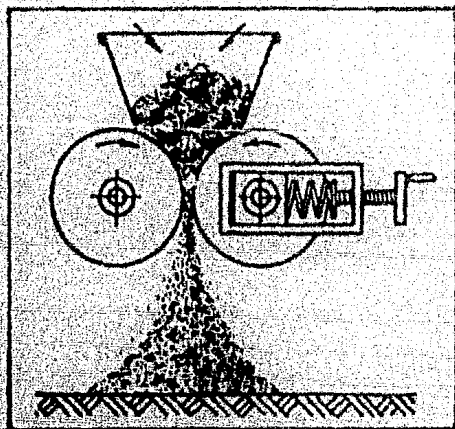


FIG. 6.1 DESTERRONADOR DE CILINDROS

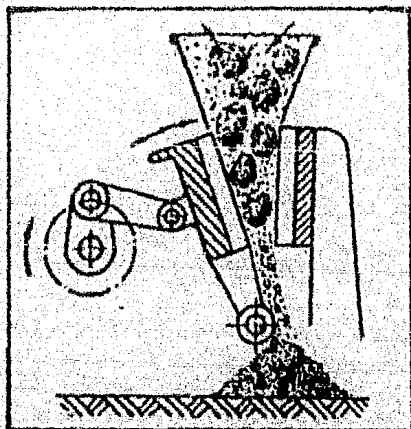


FIG. 6.2 MATRACADORA DE MANDÍBULAS.

En la arena verde, las operaciones de transporte contribuyen a romper los terrones; en la arena seca los terrones se rompen en el acto de la mezcla.

b.- La arena usada contiene rebabas, escamas y trozos de metal, sobre todo clavos de los que se emplean para reforzar el molde en las zonas más débiles; para eliminar este tipo de impurezas, se utiliza un separador magnético, fig. 6.3

c.- Para los fragmentos metálicos no ferrosos o cuerpos extraños, se utiliza un sistema de separación que es la criba. Las cribas utilizadas son de rotación, fig. 6.4. Para la producción de piezas de tamaño mediano se emplean cribas, fig. 6.5, por sacudidas. En uno y otro caso las mallas pueden ser de diversos tamaños con objeto de proporcionar granos clasificados. En las pequeñas fundiciones se usa la criba inclinada, fig. 6.6.

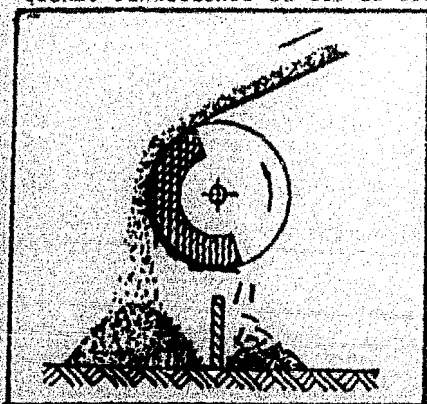


FIG. 6.3 SEPARADOR MAGNETICO DE LAS PARTICULAS DE HIERRO.

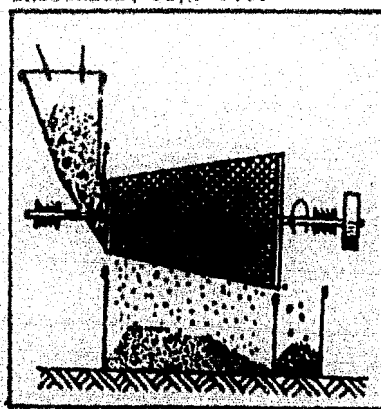


FIG. 6.4 CRIBA GIRATORIA

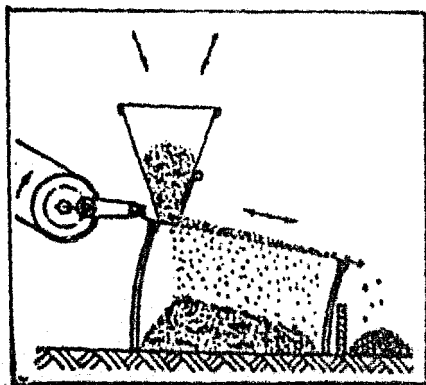


FIG. 6.5 Criba de sacudidas

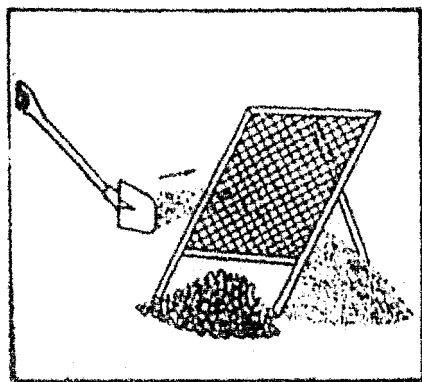


FIG. 6.6 Criba ordinaria de pie

d.- Cuando se desee eliminar el polvo de la arena, se recurre al ventilador, fig. 6.7, 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. Igualmente se eliminará el polvo encerrando el triturador o la criba en una caja provista de un aspirador, fig. 6.8.

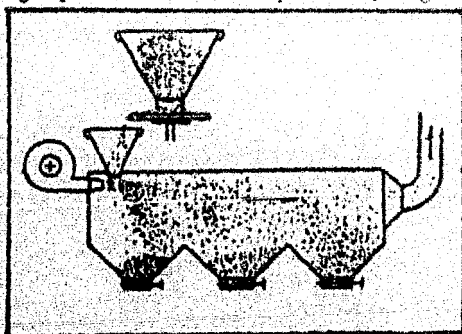


FIG. 6.7 Ventilador y desempolvador.

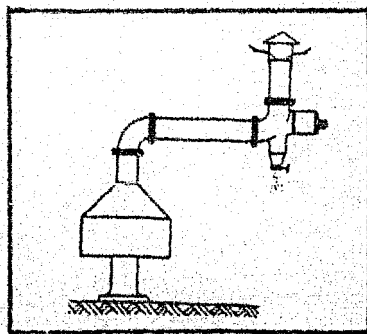


FIG. 6.8 Mezcladora con aspiración de aire para desempolvar.

e.- En este paso la arena es granular y sin cuerpos extraños. La arena se dosifica para introducirse en la mezcladora -- con otra cantidad de arena nueva. El dosificador es un disco, - fig.6.9, que gira lentamente alrededor de un eje vertical, colocado debajo de la tolva que contiene la arena: regulando la altura del anillo (a) y la posición del cuchillo (b) se puede dosificar el volumen que cae en la mezcladora.

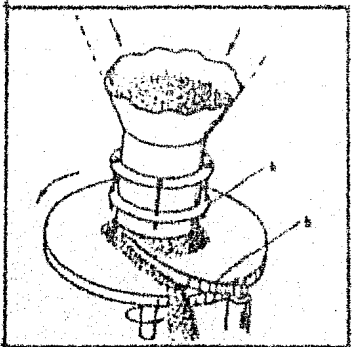


FIG. 6.9 Dosificador

f.- La arena vieja y la nueva, dosificadas, se introducen - en la mezcladora cuya finalidad es la de mezclar los diversos ingredientes de la arena y especialmente garantizar la distribución uniforme del aglutinante en toda la masa de modo que todos los granos queden recubiertos por igual.

Cuanto más eficiente sea la mezcladora, tanto menor será la cantidad de aglutinante necesaria para obtener una cohesión determinada y la permeabilidad será también mayor.

Varios tipos de mezcladoras:

1.- Mezcladora de tina giratoria.- Está constituido por una cuba o tina que gira alrededor de un eje vertical. Sobre la misma se montan uno o más pares de rodillos pesados de cara alarada, lisa, sostenidos por un manguito que no permite descensos -- verticales, de modo que trabajen por efecto del propio peso, pero separados del fondo. Algunos rodillos se encuentran ferrados de goma, fig. 6.10.

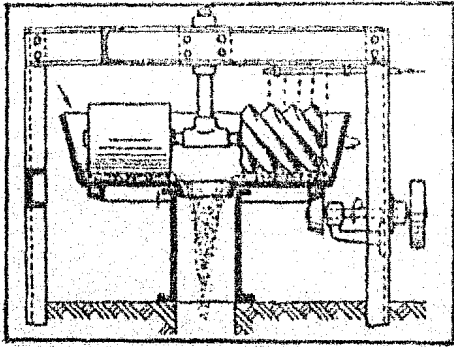


FIG. 6.10 Mezcladora de artesa giratoria.

2.- Mezcladora de tina fija.- En esta máquina la tina o cuba es fija y giran los rodillos, que son estrechos y de gran diámetro. La acción mezcladora es obtenida por el hecho de que la circunferencia que éstos recorren en el fondo de la tina es muy pequeña en relación con su diámetro: de esta forma se produce el desplazamiento y la acción mezcladora, fig. 6.11.

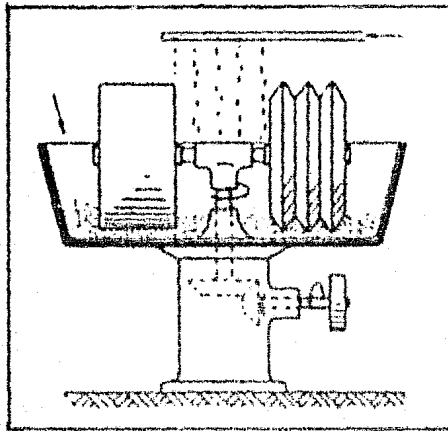


FIG. 6.11 Mezcladora con caja metálica fija y rodillos.

3.- Mezcladora rápida.- Consta de dos rodillos, están forrados de goma y giran rápidamente en torno a un eje vertical. La fuerza centrífuga los empuja contra las paredes cilíndricas de la tina, igualmente forradas de goma. La distancia entre los rodillos y las paredes son regulables. Un sistema de ventilación-aérea, enfría y elimina el polvo de la arena, fig. 6.12.

En la mezcladora, juntamente con la arena usada, se carga siempre arena nueva y en la arena arcillosa la cantidad precisa de agua. Cuando se prepara la arena sílicea aglomerada para machos se añaden los aglutinantes con agua.

La arena, después de una elaboración de 4 a 10 minutos se descan

ga a mano. En las máquinas de funcionamiento continuo, fig. - - 6.10, la descarga se efectúa automáticamente.

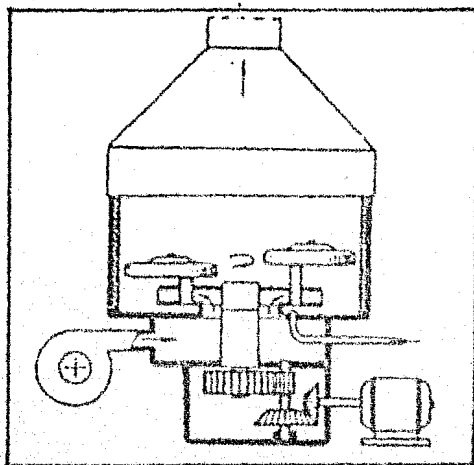


FIG. 6.12 Mezcladora rápida.

g.- Después de haber pasado por la mezcladora, la arena que da regenerada, es decir, cada grano está recubierto de arcilla húmeda o de aglutinante; para separar los granos uno de otro, se hace pasar la arena por un desintegrador.

Estas máquinas se basan todas en el mismo principio: lanzar al espacio por un medio cualquiera (una pala que gira dentro de un armezón, figura 6.13, o una correa provista de dientes, figura 6.14) los terrones de arena de modo que, por efecto de la resistencia del aire, se subdividen en granos de sílice.

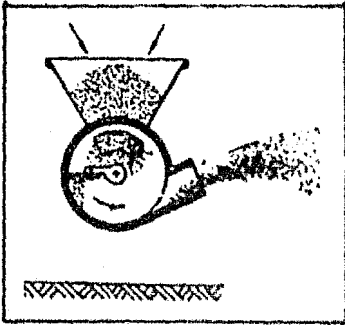


FIG. 6.13 Desintegrador centrífugo.

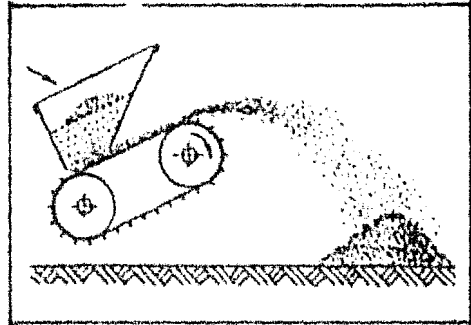


FIG. 6.14 Desintegrador de cinta.

Después de esta operación, la arena debe aparecer homogénea, de color negro uniforme, fresca. Debe ser blanda al tacto, apretón dola con el puño debe ceder sin apelmazonarse, ni producir sensación de humedad. Los terrones han de resultar consistentes.

h.- Algunas veces, especialmente en la preparación de arenas síliceas aglomeradas para machos, es necesario comprobar - exactamente la cantidad de agua introducida en la mezcla: para ello es preciso secar la arena en un secador, fig. 6.15

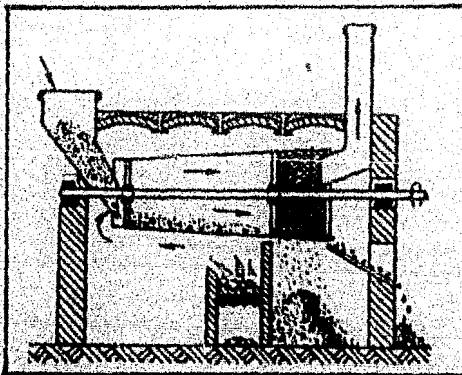


FIG. 6.15 Secador continuo, con criba giratoria.

Todas las arenas de moldeo deben ser mezcladas y preparadas correctamente para obtener buenas propiedades.

Las propiedades de moldeo más importantes en un proceso de arenas son:

Finura de grano, distribución, contenido de arcilla, resistencia a la compresión, control de humedad, permeabilidad y temperatura.

La preparación de una arena con todos sus componentes nuevos es más fácilmente controlable que una arena recirculada conteniendo cantidades desconocidas de materiales en un ciclo, la arena de retorno para moldeo debe ser adecuadamente preparada de acuerdo a las propiedades requeridas.

Si la temperatura de la arena de moldeo varía, o es mayor que la del medio ambiente, se presentarán problemas básicos en la fundición.

1.- Arena de moldeo caliente.

La arena de moldeo con temperatura mayor de 49°C es difícil de aglutinar y cuando la temperatura es superior a 70°C es prácticamente imposible aglutinar.

2.- Mezclado corto

El mezclar por debajo de lo requerido una arena de molde, generalmente ocurre con las arenas calientes que presentan friabilidad debido a la mala dispersión del agua. El mezclado corto hace que la arena carezca de deformación haciendo el molde muy difícil además de favorecer la separación del modelo al molde, las arenas bajo estas condiciones de mezclado, son secas, friables y poco resistentes, dando como resultado erosión, inclusiones y retracción.

3.- Alta humedad

Esta condición es también común encontrarla en la arena de retorno que está muy caliente. La alta humedad en las mezclas de arena origina defectos como porosidades, penetración, costuras, erosión y dificultad en el desmoldeo.

6.1.2. PREPARACION ADECUADA

La adecuada preparación de una arena de moldeo es tan importante como el uso de buenos materiales. Los errores en la preparación son frecuentemente la causa de muchos defectos en las piezas, -- aún cuando se emplean buenos ingredientes en la mezcla.

La mezcla ideal de arena de moldes, contiene granos bien recu- - biertos con la bentonita dejando libres los intersticios entre - grano y grano. En esta condición la bentonita desarrollará la - mejor resistencia y la mejor aglutinación proporcionando sus me- jores propiedades para ésto el mezclado debe ser completo.

En la fundición una arena de moldeo muy rara vez consiste de - - 100% arena nueva y frecuentemente se le adicionan otros materia- les además de las arcillas. En la mayoría de los casos, se em- plea una proporción de arena usada.

Cuando se emplea un sistema de arenas de careo y de relleno, la - primera puede contener altos porcentajes de arena nueva y la úl- tima normalmente consiste en su totalidad de arena usada.

6.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ARENAS

6.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ARENA VERDE

Las principales características de una arena verde de fundición son: la expansión, refractaria, propiedades térmicas, densidad y geometría del grano.

Tanto en moldes como en machos, al metal fundido a temperaturas elevadas está en contacto directo con una parte de la arena e inmediatamente empieza a transferir parte de su calor al medio que la rodea, de tal modo que las paredes de moldes y machos se calientan. Este aumento de temperatura puede causar expansión de la arena y ocasionar pandeamientos o deformaciones, creando así serios defectos de superficie.

El aumento de temperatura también puede ser tan severo que puede causar rotura física de los granos de arena, si la calidad refractaria de la arena es baja. Esta rotura también contribuye a fallas en la pared del molde.

Otra consideración importante, es el grado de transferencia de calor, puesto que algunos materiales tienen mayor conductividad térmica que otros. En algunos casos es preferible tener niveles

bajos de conductividad y en otras circunstancias se requerirán niveles altos. La conductividad de la energía calorífica puede relacionarse directamente al control de la solidificación de metal dentro de una zona particular de la cavidad del molde.

Aunque las arenas pesadas son más difíciles de manejar, frecuentemente mejoran las condiciones de transferencia de calor.

La geometría de grano se relaciona directamente con la tersura de la superficie debido a la penetración de la pared del molde.

Cuando el metal fundido entra en contacto con algunos materiales, hay un humedecimiento o deslave inmediato, lo cual crea problemas de flujo con la subsecuente pobre calidad de superficie.

6.2.2 PROPIEDADES DE LAS ARENAS DE MOLDEO

Las principales propiedades que caracterizan a una arena ya sea natural o sintética, son las siguientes:

- a. Permeabilidad
- b. Resistencia a la compresión
- c. Resistencia en verde
- d. Resistencia en seco
- e. Resistencia en caliente
- f. Pureza del molde
- g. Fluidez
- h. Humedad
- i. Refractaria
- j. Deformación
- k. Granulometría
- l. Expansión térmica
- m. Elasticidad
- n. Cohesión
- o. Moldeabilidad
- p. Colapsibilidad

a. - Permeabilidad.- Es la propiedad que permite a la arena-

ser atravesada por los gases y que permite la evacuación de éstos del molde en el momento de la colada.

La permeabilidad es de gran importancia: si es escasa, la evacuación del gas resulta muy difícil e casi imposible, provocando la ebullición del metal líquido y la formación de sopladuras en la pieza. Se determina por la cantidad de aire (cm^3) que pasa por minuto a la presión de 1 at/cm^2 . La permeabilidad puede oscilar entre 15 hasta 120.

La permeabilidad depende fundamentalmente de:

1.- De su granulometría. Cuanto más finos sean los granos, menor será la permeabilidad, fig. 6.16.

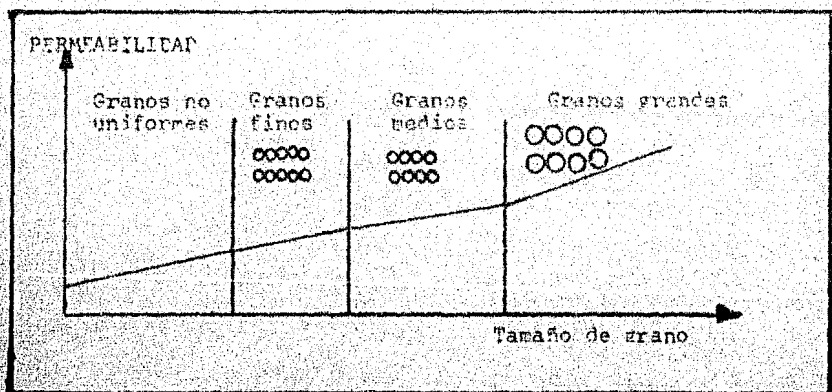


FIG. 6.16 Influencia del tamaño de grano en la permeabilidad.

2.- De la forma de los granos.- Los granos redondeados dan mejor permeabilidad que los angulosos.

3.- De su contenido de arcilla.- Cuanto mayor sea, más acoplados y soldados quedarán unos granos con otros y menor será la permeabilidad.

4.- De la densidad del abisonado a que se haya sometido la arena, cuanto mayor sea abisonado, menor será la permeabilidad.

5.- Refractariedad de la masa, si la arcilla utilizada como aglutinante es de mala calidad refractaria o si existen impurezas -- que actúan como fundentes, se producirá una vitrificación superficial que impedirá el paso del aire.

b.- Resistencia a la compresión.- Es la carga en Kg/cm^2 o - libras/pulg.², que soporta la masa de moldeo antes de romperse.

La resistencia depende de:

- . A de humedad.
- . Contenido y tipo de arcilla.
- . Tamaño y forma de los granos.

Cuanto menor es el tamaño de grano y cuanto mayor es su irregularidad superficial mayor será la resistencia mecánica.

c.- Resistencia en verde.- La arena en verde después del resqueado debe tener una resistencia y elasticidad adecuada para poder preparar y manejar el molde.

d.- Resistencia en seco.- Al ser colado el metal, la arena que está en contacto con la pieza, pierde rápidamente el agua contenida, por ésto la arena seca debe tener buena resistencia para evitar la erosión producida por el metal.

e.- Resistencia en caliente.- Una vez que se ha evaporado la humedad en la arena, puede ser necesario que ésta conserve resistencia a temperaturas elevadas, ya que la presión del metal líquido, ejercida sobre las paredes del molde, puede causar una expansión del mismo; si el metal aún está fluído, puede ocasionar erosión, grietas o un prematuro desmoronamiento, que ocurrirá si la arena no presenta una adecuada resistencia en caliente.

f.- Dureza del molde: La dureza del molde es la resistencia a la penetración de un cuerno esférico, se mide en milésimas de pulgada que penetra una esfera de 1/2" de diámetro con una carga

máxima de 237 grados.

Los valores de dureza pueden variar de 20 a 85. La dureza del molde depende principalmente del grado de apisonado.

g.- **Fluidez.**- La fluidez es la facilidad de los granos para moverse en cualquier dirección cuando se le somete a presión en un espacio confinado.

La fluidez afecta las propiedades de moldeo en verde de dos formas: 1) Facilidad y rapidez con que la arena de moldeo cae dentro y alrededor del modelo y de la caja de moldeo por gravedad y la 2) es la habilidad para extenderse rápida y uniformemente a través de la superficie del modelo, dentro de cavidades u otras áreas donde usualmente es difícil obtener una densidad uniforme durante la compresión o apisonado de la mezcla de moldeo.

Los factores más importantes que afectan a la fluidez, son la cantidad y el tipo de aglutinante empleado, la cantidad de agua-requerida y la distribución de grano de la arena. La forma del mezclado tiene también gran influencia en la fluidez.

h.- **Humedad.**- Contenido de agua en por ciento en la arena de moldeo, determinado por estufado a 105°C y a peso constante.-

variable de acuerdo a la naturaleza de la arena empleada, de la forma de moldeo de las aleaciones por colar y del equipo de preparación de arenas.

Si se calienta la arena hasta una temperatura de 110°C la humedad o agua libre se evapora y la arcilla pierde su plasticidad y queda formando una masa dura.

Si se eleva la temperatura por encima de los 300°C desaparece el agua y la arcilla quemada se convierte en una masa dura, que no recupera su plasticidad por mucho que se humedezca. Esto ocurre con la arcilla contenida en la arena de la capa superficial del molde al contacto con el metal caliente.

El contenido de humedad de las arenas de moldeo naturales, deber ser comprendido entre 4 y 8% y para las arenas sintéticas un 3% mínimo. Si el porcentaje es bajo, la resistencia mecánica de la arena disminuye, se tendrá arrastre de porciones de molde e inclusión en las piezas coladas. Y si el contenido de humedad es alto, el volumen de vapor producido dentro del molde aumenta las sopladuras.

1.- Refractaria.- La arena refractaria es la propiedad de -

soportar las altas temperaturas del metal sin fundirse, ablandarse o adherirse a la superficie de las piezas.

La refractariedad de una arena, se determina por la temperatura a que puede soportarse sin presentar signos de fusión.

Las arenas deben de tener un punto de fusión muy elevado para resistir sin fundirse y ni siquiera ablandarse al contacto del metal fundido a temperaturas de 1500°C.

El grado de refractariedad que se exige de una arena, depende -- del metal que deba colarse: las arenas para aleaciones de metales no ferrosos, de 850 a 1400°C.

La refractariedad de las arenas de moldeo depende del tipo de arcilla que contengan, ya que la sílice no funde hasta los 2400°C.

j.- Deformación.- La deformación es la medida en milésimas de pulgada que se deforma la probeta normal durante el ensayo de compresión, antes de su rotura. La deformación oscila entre - - 0.008" a 0.025".

Una deformación para moldear bien y que no resulten piezas hin--

chadas es de 0.015" para verde.

Desde el punto de vista de la extracción del molde, es interesante que soporte mucha deformación, sin romper el molde, y desde el punto de vista de las dimensiones de la pieza colada, es mejor que no se deforme nada.

K.- Granulometría.- La granulometría de las arenas de moldeo es primordial para la permeabilidad.

El análisis granulométrico, en por ciento, expresa la repartición de los granos, según series de tamices convencionales.

L.- Expansión térmica.- La expansión térmica es la propiedad de dilatarse bajo la acción del calor. Como la arena es mala conductora del calor, no lo transmite, sino muy lentamente y solamente se calienta la capa superficial del molde. Se produce una diferencia de dilatación que cuando llega a ciertos límites, produce rajaduras y ampollas.

M.- Plasticidad.- Se entiende por plasticidad de las arenas de moldeo a la aptitud de éstas para reproducir los detalles de los modelos.

Depende de dos propiedades:

1).- Deformabilidad

2).- Fluencia

1).- La deformabilidad de las arenas de moldeo es la aptitud para variar de forma. La deformabilidad depende del porcentaje de arcilla y de la humedad. También depende de la forma de los granos, siendo mayor en las arenas de granos angulosos.

2).- La fluencia de las arenas de moldeo es la facilidad de transmitir a través de su masa, las presiones aplicadas en su superficie. Una arena que fluye bien, llega a todos los huecos del molde por pequeños que sean, cuando es apisonada. Esta propiedad es muy importante, pues cuanto mayor sea la fluencia, menor habrá de ser la presión que se ha de aplicar en el moldeo en la superficie del molde. La fluencia es mayor en las arenas de granos redondeados que en la de granos angulosos.

La mejor plasticidad se obtiene cuando el grado de humedad adecuado de la arena, es de 4 a 6%, que corresponde a la densidad mínima, fig. 6.17.

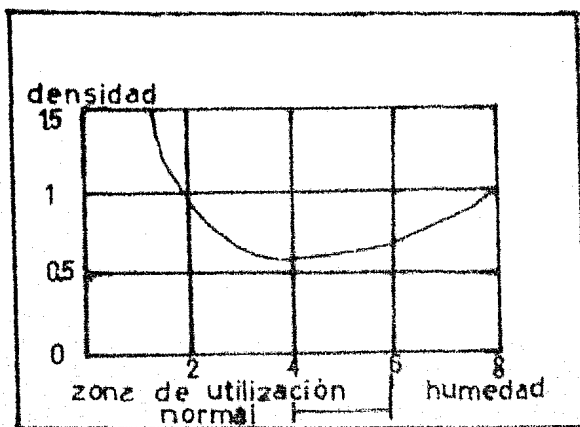


FIG. 6.17 Densidad de las arenas de moldeado en función del grado de humedad

n.- Cohesión.- La cohesión se puede establecer por medio de cuatro pruebas que determinan las cargas de rotura por compresión, por tracción, por flexión y por cortadura. La más importante es la compresión, porque indica si la arena, al moldearse, es capaz de soportar las fuerzas a que es sometido al molde durante el vaciado.

La cohesión depende del porcentaje de arcilla que contenga la arena, que juntamente con el agua, es la que sirve de ligamiento entre los granos y da resistencia mecánica al conjunto.

La cohesión queda influida por el tamaño de los granos. Las co-

hesiones más elevadas se obtienen con arenas de granos muy gruesos o muy finos. Con los granos muy gruesos, la superficie total de los granos es menor que la de una arena de granos finos y por tanto, el revestimiento de arcilla de los granos resultará de más espesor, confiriéndole con ello mayor cohesión; en el caso de la arena fina, se tendrá una capa ligera de arcilla en torno a los granos, pero en compensación, serán mucho más numerosas las superficies de contacto.

6.3 CONTROL DE LAS PROPIEDADES DE LA ARENA VERDE

6.3.1 GENERALIDADES

En fundición, es necesario tomar en cuenta la importancia que tiene la preparación de arenas de moldeo.

Después de la separación de los cuerpos extraños en las arenas, así como de los componentes finos obtenidos por medio del proceso de recuperación de arenas, es necesario reducir los aglomerantes de arena vieja en el proceso de mezcla, activar la parte de bentonita existente en la arena vieja y mezclar en forma homogénea la bentonita, agua y arena nueva que vienen a renovar la calidad de la arena.

El control de las arenas de fundición, permite la correlación de la calidad de las piezas y la eficiencia de moldeo, estableciendo las mejores propiedades para la mezcla de arena de moldeo.

Existe una diferencia entre el control de arenas y las pruebas de laboratorio, ya que estas últimas son solo la primera parte de un programa, de tal forma que las pruebas de laboratorio no establecen un control de arenas.

En el laboratorio se identifica la calidad de las mezclas de argna para moldes y machos, determinando si es buena o es mala.

Los resultados en el laboratorio no determinan moldeabilidad o las características finales de los moldes o machos.

Los límites y parámetros de las mezclas de arena deben de ser de terminadas para asegurar la obtención de buenos resultados.

El control de arenas ha ganado reconocimiento en la industria de la fundición, ya que a partir de dicho control es posible obte-ner ahorros de limpieza y en maquinado de las piezas.

6.3.2 PROPIEDADES A CONTROLAR

PROPIEDAD	LIMITE TEORICO	LIMITE PRACTICO
HUMEDAD	Generalmente entre 4 a 5%	<p>Límite superior: La arena no debe de producir porosidad en las piezas (arena demasiado húmeda).</p> <p>Límite inferior: La arena no debe producir inclusiones de arena en las piezas (arena demasiado seca).</p>
PERMEABILIDAD	<p>Depende de la fineza de la arena y del metal a colar.</p> <p>Generalmente: 10 a 15 para Al.</p>	<p>Límite superior: Aparición de arena con mucha permeabilidad.</p> <p>Límite inferior: Aparición de sopladuras, por gases atrapados (arena poco permeable).</p>

CONTINUACION

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN VERDE	Depende de que emplee un sistema subaturado de 5 a 8 PSI o sobreaturado de 9 a 18 PSI.	La dureza máxima del molde es baja. La diferencia entre la dureza máxima y mínima del molde es alta.
FLUIDEZ	Generalmente de 70 a 80	En partes del molde como cavidades no deben observarse huecos mayores a los granos de arena.
MOLDEABILIDAD	Generalmente 70 min.	En las partes del molde más difíciles de llenar por la arena no deben observarse huecos mayores que los granos de arena.
EVOLUCION DE GASES	Máximo 30 lt/kg	La flama que sale de los avisos de los moldes debe ser amarillaverdosa y no llegar al color azul.

CONTINUACION

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN CALIENTE.	Generalmente: 200°C-90 a 100 PSI 540°C-70 a 80 PSI 815°C-180 a 200 PSI	Límite máximo: No se de- ben presentar fracturas- en las piezas coladas. Límite mínimo: Las piezas no deben presentar defor- maciones o estar fuera - de dimensiones.
RESISTENCIA RETERIDA	Máxima 4 PSI	Los moldes deben desmol- dearse con facilidad.
DEFORMACION EN CALIENTE	En general: De 0.014 a 0.030 -- pulg/pulg.	No debe aparecer en las- piezas defectos de expan- sión.

6.3.3 CAUSAS QUE MOTIVAN CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES.

En las fundiciones que tienen procesos de moldeo y colada continuo se observa con cierta frecuencia, variaciones en las propiedades de las arenas a pesar de tomar todas las precauciones y -- cuidado para que el peso de arena, ingredientes y agua se agreguen en cantidades constantes y que los tiempos de mezclado sean los correctos.

Estas variaciones son debidas a una o varias de las siguientes -- causas:

- 1) Cambio en la temperatura de colado por adoptar una nueva composición del metal, lo que provoca mayor calentamiento de la -- arena.

- 2) Cambio de modelo con temperatura de colado más bajo o -- más alto que hace variar la temperatura de la arena.

- 3) Cambio de modelo que utiliza un mayor o menor peso de -- arena de machos y por consiguiente una mayor o menor entrada de -- arena nueva al sistema.

- 4) Cambios climatológicos de la temperatura y humedad del --

ambiente.

5) Bajo nivel de arena en las tolvas.

6) Pérdida de la eficiencia de los mezcladores por desgaste de sus partes de trabajo.

6.4 CONTROL EN EL LABORATORIO DE LA ARENA EN VERDE

a) Contenido de humedad.

Es la cantidad de agua presente que es eliminada a una temperatura de 105 a 110°C expresada como un porcentaje en peso de humedad en la arena.

La función del agua en la arena de moldeo es esencial para que las arcillas en las arenas desarrollen su función y proporcionen resistencia a la mezcla. La influencia de la humedad puede ser negativa si no es controlada, ya que puede ocasionar que la mezcla pierda resistencia y que las piezas presenten sopladuras.

Métodos principales para la determinación de la humedad.

- 1.- Se pesa una cantidad determinada de arena húmeda; se seca en un secador; se deja enfriar en un desecador; se pesa nuevamente y por diferencia se obtiene el porcentaje de humedad.
- 2.- Otro método se basa en la reacción del carburo de calcio con agua.

Se pesa una muestra de arena y es introducida a un cilindro con-

teniendo una cantidad previamente adicionada de carburo de calcio, se cierra herméticamente el cilindro, la humedad de la arena al contacto con el carburo de calcio producirá acetileno, mismo que ejercerá una presión que es registrada en un manómetro en forma de porcentaje de humedad, fig. 6.25



b) Permeabilidad

La permeabilidad se determina con la ayuda de la máquina de Dierckx o permeámetro, figura 6.18, a, b y c.

La prueba de permeabilidad es la cantidad de aire que fluye a través de una probeta preparada en forma estandar, expresando el volumen de aire en cm^3 por minuto a una presión de 1 cm. de agua a través de 1 cm. de largo y 1 cm^2 de sección de la probeta.

La prueba proporciona una medida de la facilidad con que el aire y otros gases pasan a través de una arena compactada. Los límites de permeabilidad deben ser fijados de tal forma que se permita la salida de gases sin riesgo de defectos en las piezas.

El ensayo consiste en hacer pasar un volumen específico de aire a través de un orificio y a continuación a través de la muestra. Al estabilizarse el flujo de aire, la presión en el manómetro -- también lo hace, y en la escala espiral puede leerse la permeabilidad.

En sustitución del orificio puede utilizarse la campana marcada 0-2000 cm³. Una vez estabilizada la presión, su valor se lee en la escala vertical. Cuando la marca 0 pasa por la parte superior del tanque se empieza a cronometrar el tiempo. Se anota el tiempo que tarda en pasar la marca correspondiente a 2000 cm³. Los valores anotados de la presión y el tiempo, se sustituyen en la ecuación de la permeabilidad.

$$P = \frac{Vh}{At}$$

Dónde:

P = permeabilidad

V = volumen de aire

$$= 2000 \text{ cm}^3 = 122 \text{ pulg.}^3$$

h = altura de la muestra

$$= 5.08 \text{ cm} = 2 \text{ pulg.}$$

A = área

$$= 20.268 \text{ cm}^2 = 3.141 \text{ pulg.}^2$$

p = presión g/cm^2 ; $lb/pulg^2$

t = tiempo, min.

Entonces:

$$p = \frac{501.2}{pt}$$

c) Resistencia a la compresión en verde

El contenido de la arcilla, los aditivos y la humedad ejercen la principal influencia en la resistencia de la arena. El ensayo se realiza con probetas cilíndricas de 5 cm. de diámetro por 5 cm. de altura, dichas probetas se confeccionan partiendo de un peso de arena determinado, la muestra es introducida a un cilindro metálico que es apisonada por un pistón, fig. 6.20, dejando caer 3 veces consecutivas un peso de 8.35 Kg desde una altura de 5 cm. posteriormente la probeta es llevada al aparato universal de resistencias, fig. 6.21, donde se le aplica una presión, registrándose la máxima tolerancia por la muestra.

d) Resistencia a la compresión en caliente.

En una máquina hidráulica universal de tensión-compresión provista de un horno que cubre y calienta el lugar donde se coloca la-

p = presión g/cm^2 ; $lb/pulg^2$

t = tiempo, min.

Entonces:

$$P = \frac{501.7}{pt}$$

c) Resistencia a la compresión en verde

El contenido de la arcilla, los aditivos y la humedad ejercen la principal influencia en la resistencia de la arena. El ensayo - se realiza con probetas cilíndricas de 5 cm. de diámetro por 5 cm. de altura, dichas probetas se confeccionan partiendo de un peso de arena determinado, la muestra es introducida a un cilindro metálico que es apisonada por un pistón, fig. 6.26, dejando caer 3 veces consecutivas un peso de 6.35 Kg desde una altura de 5 cm. posteriormente la probeta es llevada al aparato universal de resistencias, fig. 6.21, donde se le aplica una presión, registrándose la máxima tolerancia por la muestra.

d) Resistencia a la compresión en caliente.

En una máquina hidráulica universal de tensión-compresión provista de un horno que cubre y calienta el lugar donde se coloca la-

probeta previamente elaborada, se mide en una carátula la fuerza requerida para romper la probeta a la temperatura deseada.

e) Deformación en caliente.

Se determina al mismo tiempo que la prueba anterior, colocando un indicador especial que puede medir milésimas de pulg., y que indique la deformación en el momento preciso en que la probeta se rompe.

f) Resistencia a la compresión en seco.

Los moldes para grandes piezas, tienen que resistir grandes presiones por lo que deben tener una construcción más rígida que los moldes en verde. Los ensayos de resistencia en seco, proporcionan valiosos datos para evaluar las cualidades de una arena en verde. Por ejemplo el exceso de arcillas, es mejor evaluado en las pruebas en seco que en verde.

Una vez preparadas las probetas, se dejan secar durante cierto tiempo a una temperatura estandar, dejándose enfriar después del secado a temperatura ambiente, posteriormente se pasa al aparato universal de resistencias.

p) Índice de Shatter

Durante la fundición, los moldes se desplazan frecuentemente de un lugar a otro, ya sea en forma manual o sobre rodillos y transportadores, estando sujetos a sacudidas e impactos.

El índice de Shatter, es un ensayo destinado a medir la resistencia al impacto de la arena compactada. Si la arena tiene un índice de Shatter bajo, los impactos originarán desprendimientos de arena en el interior de los moldes. Un buen índice de Shatter favorece la separación del modelo al molde sin dañar este último.

La determinación del índice de Shatter se efectúa de la forma siguiente: Una probeta estándar se deja caer desde una altura de 1.82 m. sobre un bequeño yunque situado en el centro de un tamiz circular de 12.7 mm de malla, al chocar la probeta con el yunque se desmorona en numerosas partes de distinto tamaño pasando una a través del tamiz y permaneciendo sobre éste las partes más gruesas. Estas últimas se pesan y el resultado se expresa en porcentaje del peso total.

Los resultados de esta prueba junto con los resultados de resistencia a la compresión en verde, proporcionan un buen criterio -

sobre las características de desmoldado y manipulación de los moldes.

h) Análisis granulométrico.

La granulometría de las arenas de moldeo, es primordial para la permeabilidad. Gravas de gran tamaño tienen entre ellos pequeños intersticios, mientras que de diferentes tamaños se intercalan entre ellos y no tienen permeabilidad, el análisis granulométrico y las gráficas, dan un valor preciso de este control. Además se examinará la forma de los granos con un microscopio binocular. En la forma de los granos se encuentran granos redondos, ovalados, dentados, prismáticos, cavernosos, aglomerados de granos muy pequeños. Por el aspecto se encuentran granos lisos, rugosos, agrietados. En forma general se admite que la mejor arena debe estar constituida teóricamente por granos redondos ligeramente rugosos.

Para aleaciones de aluminio y magnesio, se usan arenas finas y para acero arenas gruesas. En forma indicativa se muestra en la tabla siguiente la granulometría que puede emplearse en función del metal colado y de la dimensión máxima de la pieza (L).

PIEZAS	L. 30 cm.		L. 30 a 60		L. 60 cm.	
	PEQUEÑAS		MEDIANAS		GRANDES	
METAL	molde	corazón	molde	corazón	molde	corazón
ALUMINIO	100/100	80/90	80/80	80/90 50/55	50/55	50/55 40/45
BRONCE	80/90 60/80	80/90 50/55	50/55	40/45	50/55 40/45	40/45
Fe, gris	80/90 50/55	50/55	50/55	40/45	40/45	40/45
ACERO	50/55	40/45	40/45	40/45	40/45	40/45

Para efectuar el análisis granulométrico, se procede de la siguiente forma:

Después de eliminar las materias insalpables o arcilla A.F.S., - se pone la muestra en el tarz superior de una serie de tamices-normalizada. Se coloca la serie de tamices en un agitador que - debe tener sacudidas horizontales y verticales. Esto se consigue con vibraciones. Se agitan los tamices durante 15 minutos y se pesan cuidadosamente los retenidos en cada tamiz, fig.6.24.

La suma de los retenidos por ciento, más el contenido de arcilla A.F.S. en por ciento deberá sumar cien. Por lo que para obtener por ciento los retenidos en cada tamiz, se resta a cien el contenido de arcilla y la diferencia se divide entre la suma de los retenidos en granos, obteniéndose el factor por el que hay que multiplicar el retenido en cada tamiz y obtener así los retenidos por ciento.

Los granos retenidos en cada tamiz, han pasado por el tamiz anterior, por lo que sus tamaños estarán comprendidos entre las dimensiones de las aberturas de dichos tamices. Para obtener el tamaño promedio de los granos, se multiplica el retenido por ciento en cada tamiz, por un factor que normalmente es el número del tamiz por el que ha pasado. La suma de estos productos entre la suma de los retenidos por ciento es el tamaño promedio de los granos e índice de finura según A.F.S.

ANALISIS GRANULOMETRICO					
CONTENIDO DE PARTICULAS MENORES DE 20 μ (ARCILLA A.F.S.) _____					
TAMIZ A.F.S.	ABERTURA mm.	RETENIDO g	RETENIDO %	FACTOR	PRODUCTO
6	3.360			3	
12	1.680			5	
20	0.840			10	
30	0.590			20	
40	0.420			30	
50	0.297			40	
70	0.210			50	
100	0.149			70	
140	0.106			100	
200	0.074			140	
270	0.053			200	
FONDO				300	
TOTALES					
INDICE DE FINURA _____				A.F.S.	

		RETENIDO %									
TAM A.F.S.		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
6											
12											
20											
30											
40											
50											
70											
100											
140											
200											
270											
TUNDO											
2000											

GRAVA

ARENA MUY GRUESA

ARENA GRUESA

ARENA MEDIANA

ARENA FINA

POLVOS GRUESOS

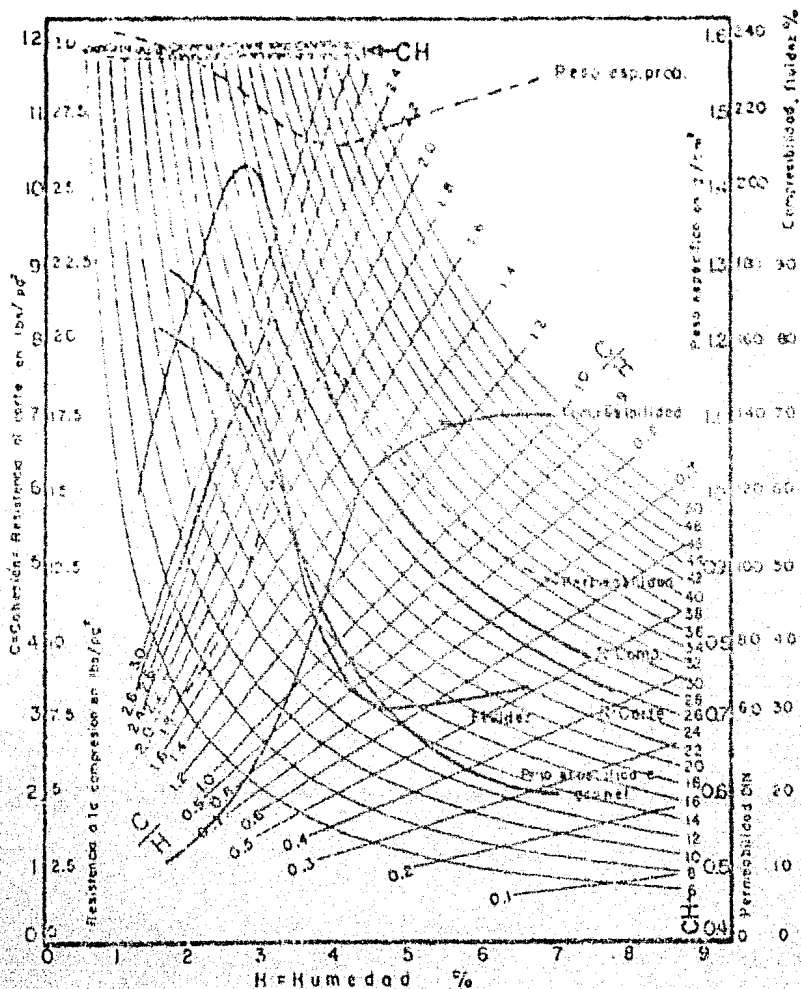
POLVOS FINOS

INFERIORES A
0.020 mm.

PROPIEDADES DE LAS ARENAS DE MOLDEO

Propiedades	Plano cidad	Textura		Forma bilidad	Porosidad	Distribución de partículas	Análisis Superfi- cial.	Conclusiones para obtener una arena óptima
		verde	estufada					
Constituyentes								arena óptima
Granometría	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	arena lo más fina posible con permeabilidad y refractariedad suficiente.
Finura	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Distribución	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	Granometría en 3 tamices
Forma del grano	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Anguloso	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Redondo	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	Grano redondo
Arcilla	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	Contenido mínimo para la cohesión adecuada.
Cantidad	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	Buena calidad, según las cosas
Calidad	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	Buena cohesión o refractariedad
Contenido de agua menor del óptimo	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	para el molde en verde, humedad óptima
Óptima								
Mayor del óptimo	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	para el molde estufado, 2 a 3% superior a la humedad óptima.
Mínima	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Máxima	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	
Mínima	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Máxima	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	
Productos de adición								
Harina de sílice	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Carbón marino	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	Mínimo de Productos
Mogul	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	de adición
Harinas de madera	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Impurezas				↘	↘	↘	↘	Mínimo de Impurezas

* Las flechas hacia arriba indican mejoras en la arena; hacia abajo, modificaciones perjudiciales; las flechas dobles indican mayor influencia.



Variación de las propiedades de la arena de fundición en función de la humedad.

6.5 Equipo de laboratorio para determinar las propiedades de las arenas.

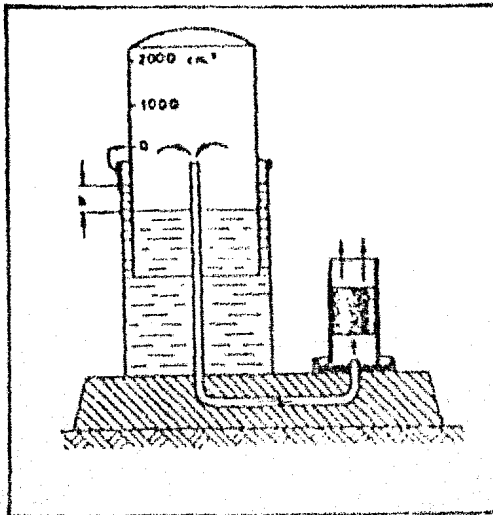


FIG. 6.18 Permeámetro (a)

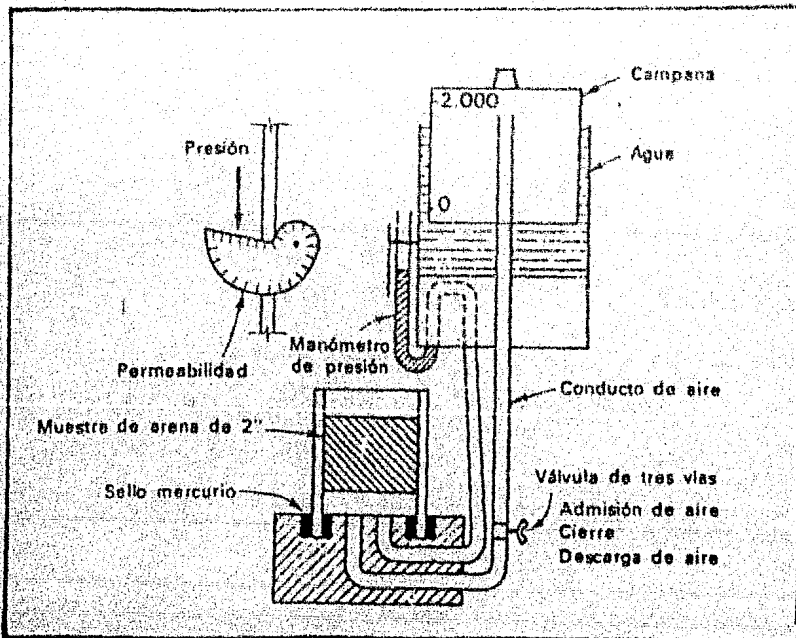


FIG. 6.18 Permeámetro (b)

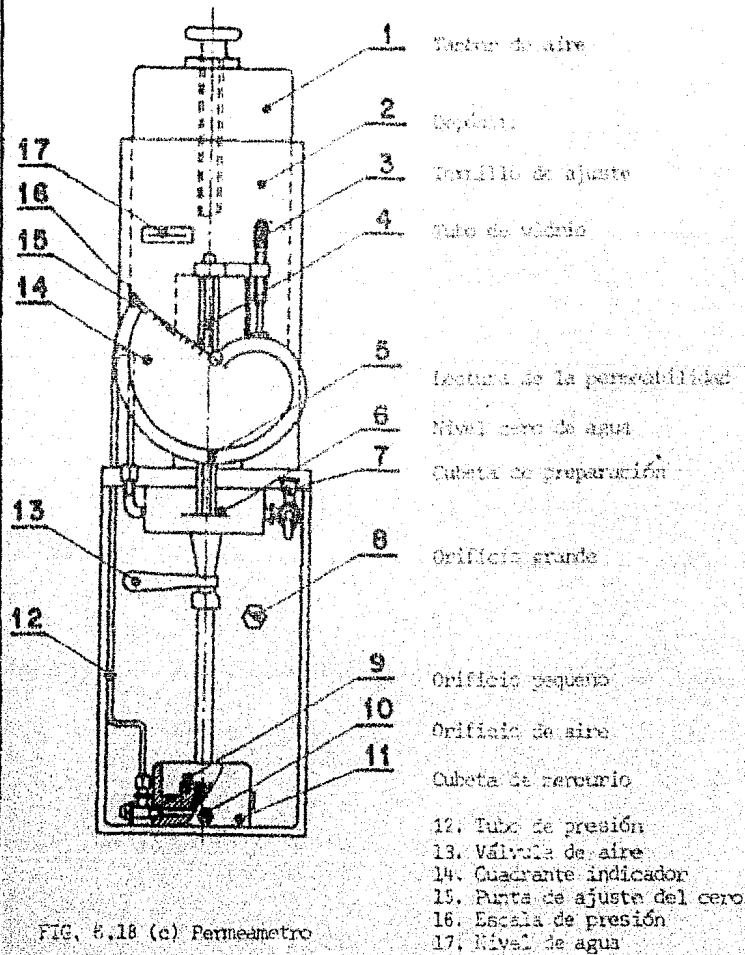


FIG. 6.18 (c) Permeámetro

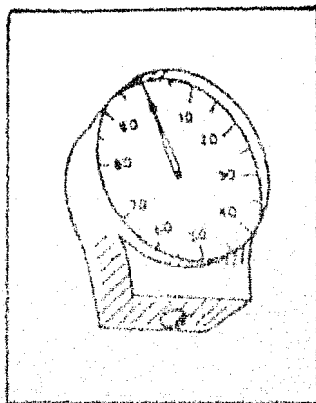
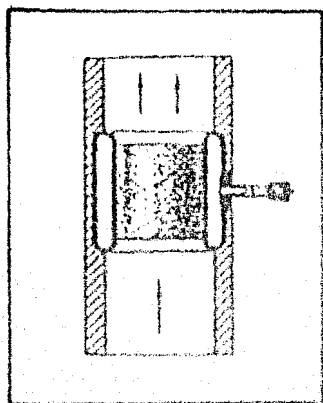


FIG. 6.19 Caja para las ppm FIG. 6.20 Manómetro de bola
betas de permeabilidad.

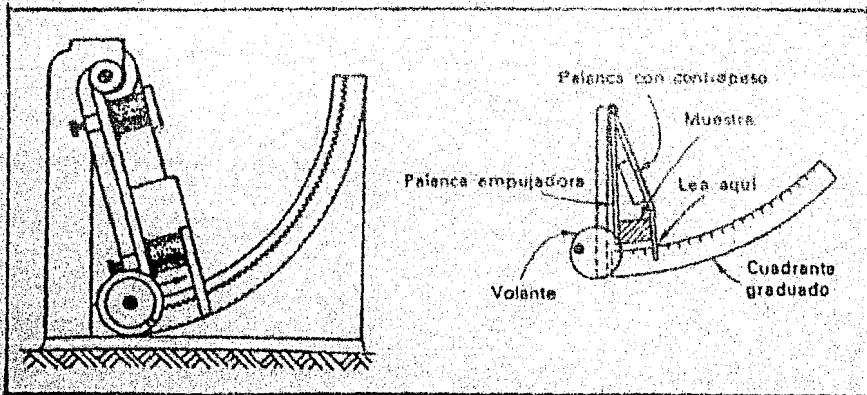


FIG. 6.21 Máquina universal.

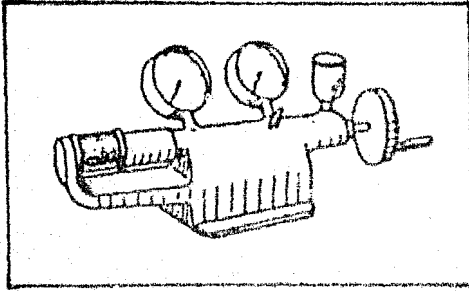


FIG. 6.23 Aparato de presión para la prueba de compresión

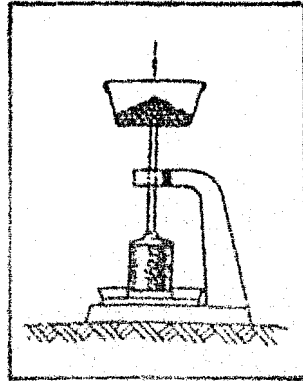


FIG. 6.24 Aparato para medir la prueba de compresión en verde.

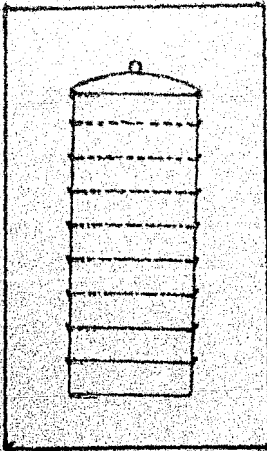


FIG. 6.24 Tamizador

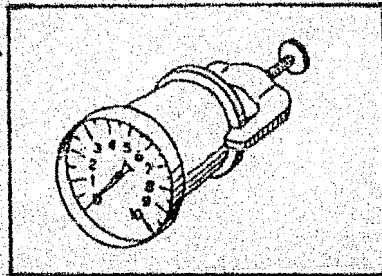


FIG. 6.25 Aparato para determinar el porcentaje de humedad en la arena.

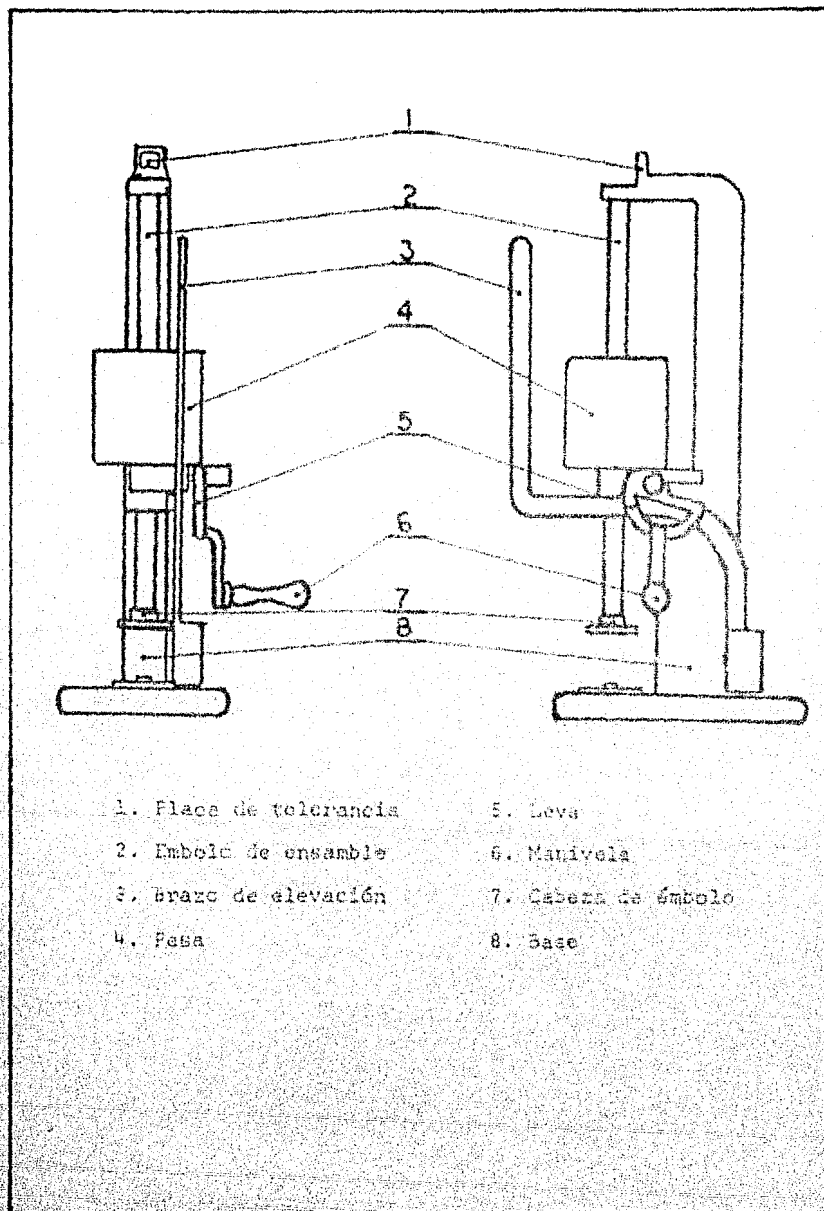


FIG. 6.16 Pistón normalizado.

CAPITULO 7

7. FUSION DEL ALUMINIO

7.1 GENERALIDADES

Todos los metales y aleaciones exives, para su fusión, procesos y materiales que respondan a ciertas exigencias intrínsecas de sus propiedades específicas: el aluminio y sus aleaciones, aunque tienen temperaturas de fusión y de colada inferiores a las de los metales con base hierro o con base cobre, no están fuera de esta regla.

Un metal fundido de calidad debe de tener una composición química comprendida en unas tolerancias bien definidas y no debe ser alterado físicamente por las condiciones mismas de la fusión.

Composición de las cargas.

Las cargas están constituidas, generalmente, por cierto porcentaje de metales nuevos y cierto porcentaje de chatarras que provienen de fabricaciones anteriores.

Las chatarras propias de la fabricación, pueden provocar altera-

ciones muy graves, si su clasificación no se ha realizado de una forma rigurosa: el método consistente en marcarlas con una tinta convencional parece el más simple.

Otra causa de la alteración de una aleación, a pesar de las precauciones tomadas al efectuar la composición de las cargas, puede provenir de una deficiente limpieza de los hornos o de los crisoles; después de cada fusión o de cada colada, los crisoles o cucharas deben ser picados cuidadosamente.

Heterogeneidad del baño.

Esta heterogeneidad puede resultar de un rableado insuficiente, en el caso de aleaciones que contienen, sobre todo, elementos pesados (cobre, níquel) o poco solubles (titanio).

Se rablea el baño, de forma que se haga subir el metal del fondo antes de la colada, o periódicamente durante el mantenimiento, pero trabajando bajo la superficie, protegido por un fundente, - figura 7.1.

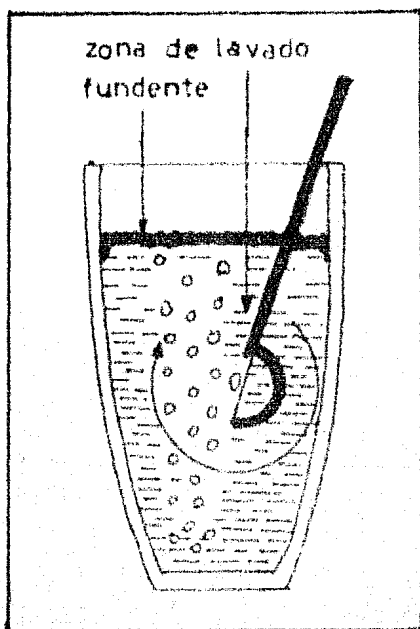


FIG.7.1 La cana protectora de fundente no debe ser rota por los movimientos de la cuchara de muestreo.

7.2 OXIDACION

En estado sólido, la oxidación del aluminio es lenta y limitada: al contrario que los metales con base cobre y con base hierro, el aluminio no se oxida más sensiblemente en caliente que en frío mientras no pase de los 500 a 600°C. Por arriba de los 600°C, la oxidación es más sensible, pero aun así limitada; aumenta, para una temperatura dada, con el tiempo de permanencia a esa temperatura.

La superficie juega un papel más importante en la oxidación; mientras que para las piezas macizas, tales como los lingotes y los bebederos de colada, la cantidad de alúmina así formada permanece relativamente escasa, no ocurre lo mismo con las piezas pequeñas, sobre todo los materiales recuperables y aún con mayor razón, las virutas.

En estado líquido y a las temperaturas prácticas de colada (700 a 800°C), la formación de la película de alúmina sobre el baño es instantánea: se puede dar uno cuenta de ello fácilmente espumando la superficie: después de espumar y durante un instante, se ve aparecer la superficie extremadamente brillante del aluminio que toma inmediatamente su aspecto apasado y éste casi de-

trás del útil de escumado. Esta particularidad permite enunciar una regla de la fusión: esperar solamente cuando ésta sea necesario, con el fin de evitar una pérdida de fuerza importante.

Además contrariamente a lo que ocurre en el estado sólido, la oxidación en el estado líquido continúa, favorecida por la difusión a alta temperatura del oxígeno a través de la costra ya formada, lo que permite deducir otra regla de la fusión: evitar una permanencia prolongada de la aleación a temperatura elevada.

Como la alúmina tiene una densidad de 3.75 a 3.2 según la temperatura a la cual se forme, densidad claramente superior a la del aluminio fundido (2.37 a 650°C, estado líquido 2.35 a 900°C), la alúmina deberá descender normalmente al fondo del baño.

Estas partículas de alúmina situadas en el interior del baño, --proviene de la superficie de los lingotes, retorno y mazarotas, que constituyen la carga: igualmente, pueden provenir del arrastramiento en la masa del baño, de la película de alúmina de la superficie cuando se efectúan operaciones diversas: carga de lingotes, sacado del caldo. para esto hay que evitar todos los movimientos inútiles en la superficie del baño.

Como las cargas están normalmente constituidas por metal nuevo y

un cierto porcentaje de bebederos de coladas anteriores, es necesario tomar las precauciones necesarias para evitar el enriquecimiento del baño en óxidos y para asegurar una calidad de la aleación fundida, lavarla sistemáticamente por medio de fundentes de oxidantes.

Una aleación oxidada presenta:

- . Disminución en sus características mecánicas;
- . Alteración en sus propiedades:
 - Disminución de la colabilidad;
 - Tendencia creciente a la formación de grietas;
 - Mayor tendencia a la porosidad.

En razón a las posibilidades de acumulación de escorias pesadas en el fondo del crisol, se debe evitar emplear en el roldeo, el metal de los fondos de los hornos o de las cucharas.

Absorción de los gases.

En todos los metales o aleaciones, los gases pueden ser retenidos ya sea mecánicamente (ras oculto) o ya sea químicamente -- (solución sólida o constituyentes aislados). Se considera sola-

mente el caso del gas colado, que es una de las causas de ciertos defectos de las piezas coladas.

La solubilidad de los gases en los metales fundidos, aumenta con la temperatura, y la cantidad de gas absorbido aumenta proporcionalmente con el tiempo:

- . Se debe evitar todo sobrecalentamiento.
- . La fundición se debe hacer en un tiempo mínimo.

Algunos gases son mucho más solubles que otros en las mismas condiciones de temperatura y presión; en el caso del aluminio y de las aleaciones de aluminio, se ha demostrado que el hidrógeno es un gas más soluble. Por orden decreciente de solubilidad, vienen el metano, el anhídrido carbónico, el oxígeno, el óxido de carbono y el nitrógeno.

En la práctica de la fusión de las aleaciones de aluminio, se puede decir que el hidrógeno y el metano son los más temibles: la curva de la figura 7.2 muestra la solubilidad del hidrógeno en el aluminio. Si ésta es prácticamente nula a 700°C, crece muy rápidamente con la temperatura, lo que significa que se debe evitar todo sobrecalentamiento del metal.

En el momento de la solidificación, como la solubilidad de los gases disminuye con un descenso de la temperatura, éstos tienen --tendencia a separarse y pueden encontrarse aprisionados en el interior de la masa si la separación no ha sido completa. Forman entonces en el interior de la pieza, burbujas que reciben el nombre de picaduras o sopladuras.

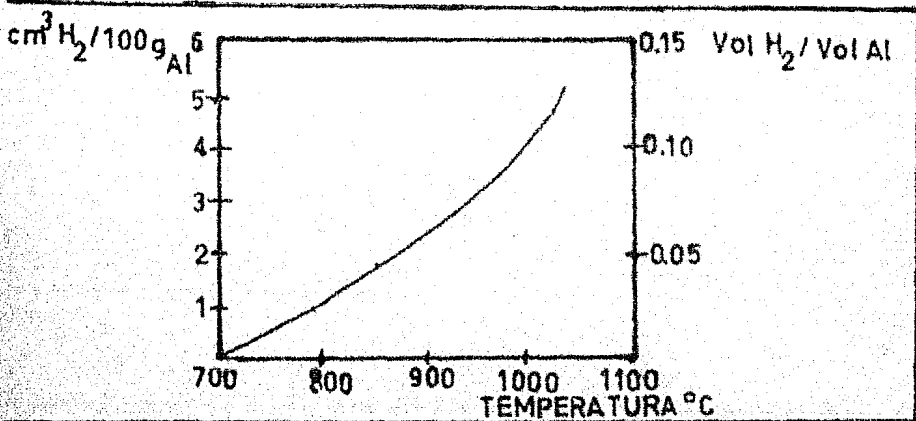


FIG.7.2 Curva de solubilidad del hidrógeno en el aluminio.

Este defecto conduce a:

- . Disminución de las características mecánicas;
- . Mal aspecto de las partes fabricadas y sobre todo, de las partes pulidas.

Se deben evitar al máximo todas las posibilidades de absorción de gas y más particularmente de hidrógeno.

El hidrógeno puede encontrarse:

- . En los gases producidos por la combustión o en la atmósfera misma del horno.
- . En estado nascente, el vapor de agua es reducido por el aluminio líquido, produciendo hidrógeno y oxígeno, lo que acelera más todavía la formación de alúmina.

Para reducir al mínimo los riesgos de absorción de gas por el metal, se debe:

- . Evitar el sobrecalentamiento;
- . Evitar toda humedad (coque, crisoles, refractarios, herramientas de fusión, metal y fundente);
- . Evitar el contacto metal-gas de combustión.

7.3 HORNOS DE FUSIÓN

Los hornos que se usan para fundir metales y sus aleaciones, varían mucho en capacidad y diseño. Varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen unos cuantos kilogramos de metal a hornos de hogar abierto hasta de 200 tón. de capacidad. El tipo de horno usado para un proceso de fundición, queda determinado principalmente para los siguientes factores:

- . Necesidad de fundir la aleación tan rápidamente como sea posible, y elevarla a la temperatura de vaciado requerida;
- . La necesidad de mantener tanto la pureza de la carga como la precisión de su composición;
- . La producción requerida del horno;
- . El costo de operación del horno.

En general, los metales con puntos de fusión elevados, son más caros de fundir que los que tienen un punto de fusión bajo, ya que solamente es más difícil y costoso obtener altas temperaturas, sino que el aislamiento debe ser más efectivo para reducir-

las pérdidas de calor.

Los nuevos usos de los productos de aluminio fundido, incluyendo tanto la sustitución de otros materiales tradicionales como la producción de piezas coladas mayores, han traído consigo una demanda de métodos de fusión y vacado más rápidos, más económicos y de mayor capacidad.

Los materiales a cargar en el horno, consisten usualmente, en de sechos producidos en la misma fundición y en lingotes de aleación adquiridos según las especificaciones comerciales.

Cuando se emplean materiales de desecho de la propia fundición, es esencial tener bien identificados todos estos materiales, para evitar una indeseada mezcla de aleaciones.

El control de la composición puede ser obtenido fundiendo los lingotes de aleación de calidad especificada y chatarra de aleación conocida. Cuando se requiere un control específico de la composición, se usan métodos analíticos químicos o espectrográficos.

Los hornos pueden ser calentados con aceite pesado, gas o elec-

tricidad. Los más usuales son los hornos calentados con gas y -
aceite.

Los hornos que queman combustible son de dos tipos:

a) Los hornos de llama indirecta, en los cuales los produc-
tos de la combustión no tienen contacto con la carga del
metal.

b) Los hornos de llama directa, en los cuales los gases de
la combustión pasan directamente por encima de la carga.

Los hornos de llama indirecta, pueden ser del tipo de crisol re-
fractario elevable, y pueden ser estacionarios o basculantes.

El tipo de llama directa está representada por los hornos de re-
verbero.

Los hornos de este tipo, varían de tamaño, desde las pequeñas --
unidades usadas para fundir metales no ferrosos y con una capaci-
dad de 50 Kg. aproximadamente, hasta hornos grandes capaces de -
contener 25 ton., queman coque, gas o aceite pesado.

El horno de inducción de baja frecuencia, es usado en gran núme-

no de fundiciones para la recuperación de chatarra fina, para la preparación de metal líquido, para la fundición y como horno de mantenimiento.

Estos hornos varía de tamaño, desde 60 a 600 kilovatios, con capacidad de 100 a 2500 kilos de aluminio. Estos hornos trabajan con un factor de potencia bastante bajo, y por lo tanto, necesita la instalación de condensadores estáticos en el circuito.

Una característica de los hornos de fusión o de alta frecuencia, es la remoción automática del metal fundido a causa de las corrientes inducidas. Esto asegura callos de composición uniforme ayuda a que escape el hidrógeno disuelto en el metal y facilita la preparación de las aleaciones.

7.3.1 ELECCION DEL EQUIPO DE FUSION

La elección del equipo de fusión depende de las condiciones locales. El método de caldeo escogido, es generalmente el que más barato y seguro, de acuerdo con las circunstancias locales. El problema de la elección del horno no es sencillo, puesto que además de la seguridad de abastecimiento y del combustible, o de la energía por kilo de metal fundido, deben ser considerados otros factores, tales como el costo inicial del equipo de fusión, gastos de instalación y mantenimiento, condiciones relativas de trabajo en el área de fusión, control de la temperatura, cantidad del metal necesario, método de colada y calidad del metal fundido en los diferentes tipos de hornos.

En general, la mejor calidad de metal, el control de temperatura más exacto y las óptimas condiciones de trabajo en el área de fusión, se obtienen usando hornos eléctricos. Los recientes aumentos del costo del gas y aceite pesado y en algunas localidades, la inseguridad de suministro han contribuido a formar una tendencia favorable a los hornos eléctricos. Sin embargo, en algunos lugares la energía eléctrica es también escasa y cara.

La necesidad de tratar gran cantidad de metal o de fundir chatarra grande, puede imponer un horno de reverbero. Para aprove-

char chatarra fina, tal como virutas de torneado, el horno eléctrico de baja frecuencia tiene mayor uso.

La cantidad de metal necesario, el tipo y tamaño de las piezas coladas, determinan en gran manera el tamaño de la unidad de fusión.

Los hornos de reverbero y los eléctricos de inducción, no son adecuados para la fusión cuando se necesita cambiar frecuentemente la composición de la aleación.

A elevadas temperaturas, el aluminio tiende a combinarse con el oxígeno formando óxidos. La agitación del metal fundido dá lugar a la formación más rápida de óxidos y deberá evitarse siempre que sea posible. El baño de metal de un horno de reverbero, es más susceptible a la formación de óxidos que el de los hornos de crisol abiertos o el de los hornos de inducción de baja frecuencia, ya que en aquel está expuesta a la atmósfera mayor superficie de metal fundido por kilo de metal.

La elección de los hornos depende de varios factores, pero no se debe olvidar nunca la idea de la calidad del metal que se quiere obtener. Hay que considerar:

- . Los gastos de establecimiento
- . Los gastos de explotación:
 - . combustible
 - . Material (crisol o refractario),
 - . Mano de obra de explotación;

Tampoco se debe olvidar:

- . La pérdida por fueso,
- . La rapidez de fusión,
- . La diversidad de las aleaciones a fundir,
- . El tonelaje a colar.

7.4 HORNOS DE CRISOL

Los hornos de crisol varían considerablemente en diseño y capacidad, desde los hornos de laboratorio que funden unos cuantos kilogramos de metal a las unidades industriales hasta de una tonelada. Los crisoles más pequeños se calientan generalmente en hornos estacionarios colocados en fosos, de los cuales se extraen para vaciar, mientras que los crisoles mayores generalmente se construyen en una cámara de horno inclinable, oscilando la unidad completa para vaciar la carga.

- 1) Hornos de combustión de crisol elevable

En los hornos de este tipo, el crisol se coloca en el interior de la cámara de combustión. Una vez preparado el metal, el crisol refractario se saca con una tenaza, se coloca en un portacrisol y las piezas se cuclan, directamente desde el crisol. Es especialmente útil para operaciones pequeñas donde se necesita tratar una gran variedad de aleaciones. Los crisoles empleados son de grafito arcillado o de carburo de silicio.

- 2) Hornos de combustión de crisol fijo.

El horno fijo quemá usualmente gas o aceite pesado. Pueden usar

se crisoles de hierro fundido o de refractario. Se usa para man tener fundido el metal que se traspara desde un horno basculante o de reverbero. Las cucharas se llenan con el metal del crisol, son de empleo común cuando se trabaja con moldes permanentes.

3) Hornos de combustión de crisol basculante.

Los hornos basculantes queman gas o aceite pesado y tienen hasta una capacidad de 550 kg, es muy usual para aleaciones de aluminio. El metal fundido se transfiere a la cuchara por basculamiento del horno, operación que debe hacerse cuidadosamente para reducir al mínimo la turbulencia y los efectos dañinos del líquido que cae en cascada dentro de la cuchara.

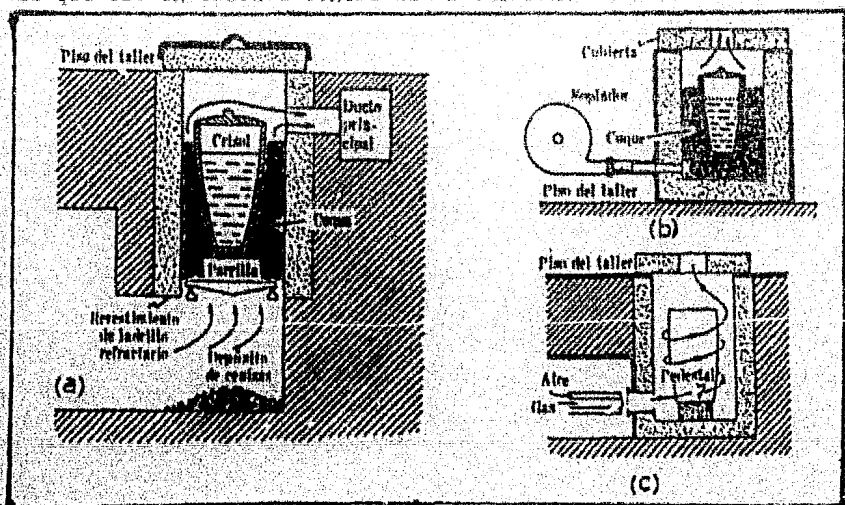


FIG. 7.3 Horno de crisol del tipo de foso. (a) Calentado por coque con tiro natural, (b) calentado por coque con tiro forzado, (c) calentado por gas.

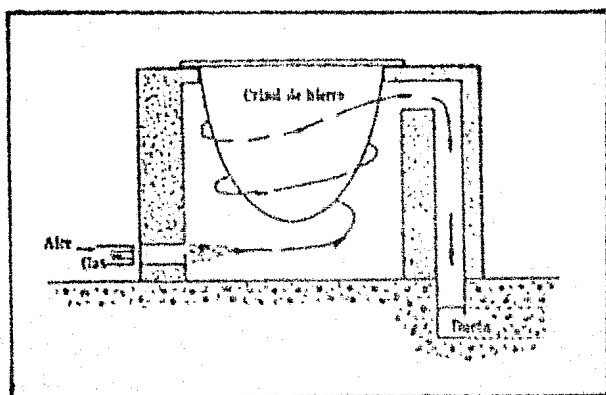


FIG. 7.4 Horno estacionario de crisol, calentado por gas.

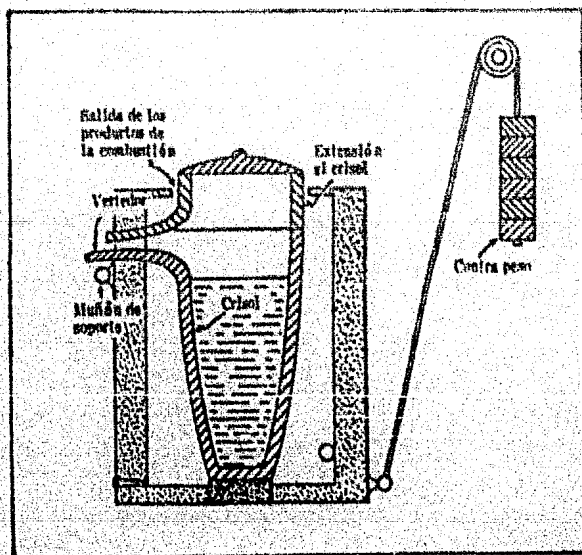


FIG. 7.5 Horno de crisol basculante, con quemador de petróleo.

7.4.1 CONSIDERACIONES ACERCA DE SU DISEÑO

El diseño en sí de un horno de crisol, no es muy complicado, sin embargo, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a) Volumen de metal a fundir: para este efecto, existen tablas de diferentes proveedoras de crisoles, que permiten determinar el tamaño del crisol para el volumen de metal a fundir deseado.

b) Temperatura de fusión del metal: Este tipo de hornos, -- son diseñados para fundir Aluminio, cobre y sus aleaciones, requiriéndose temperaturas de fusión de 700°C a 1250°C. Para alcanzar estas temperaturas, contamos con dos tipos de combustible principalmente, que son Gas Butano-Propano y Aceite diesel.

c) Posición del quemador: Es muy importante al colocar el quemador tangencialmente al crisol, con objeto de dar una orientación al flujo de la flama, la cual pegará contra la pared del refractario de forma circular y tomará ésta para envolver al crisol y calentarlo uniformemente hasta la parte superior.

d) Cámara de combustión: Todos los hornos de crisol, tanto fijos como basculables, deben tener una cámara de combustión, --

proporcionada a los tamaños de los crisoles, para que la combustión proporcione el máximo de calorías en la base del crisol. En general, será suficiente un espacio entre la pared del horno y el crisol de 50 a 100 mm.

7.5 CARACTERÍSTICAS DEL CRISOL

Los crisoles que se encuentran en el mercado nacional, se clasifican por un número, éste nos indica la capacidad en kilogramos de aluminio. Los materiales más recomendados para la fabricación de éstos son: Grafito y carburo de silicio.

Consideraciones prácticas de funcionamiento.

1) En los hornos de crisol calentados por la combustión de la mezcla aire-diesel o aire-gas, la oxidación se produce principalmente cuando hay un exceso de aire en la mezcla, ocasionando una atmósfera fuertemente oxidante y por lo tanto perjudicial.

Por otra parte, las condiciones reductoras, pueden hacer una combustión imperfecta y ocasionar una coquización en las paredes del horno o el mismo crisol debido a las partículas de Diesel que no se queman. Esta coquización, entorpece y dificulta la buena rotación de la llama alrededor del crisol. Esto, sumado a los efectos del exceso de aire, retrasan considerablemente la fusión.

El perfecto funcionamiento de los quemadores, es esencial, para que prevalezca en el horno una atmósfera adecuada y puede lograr

se el máximo rendimiento del crisol.

2) Muy importante es también, la perfecta orientación del quemador, como se indican en la siguiente figura, 7.6.

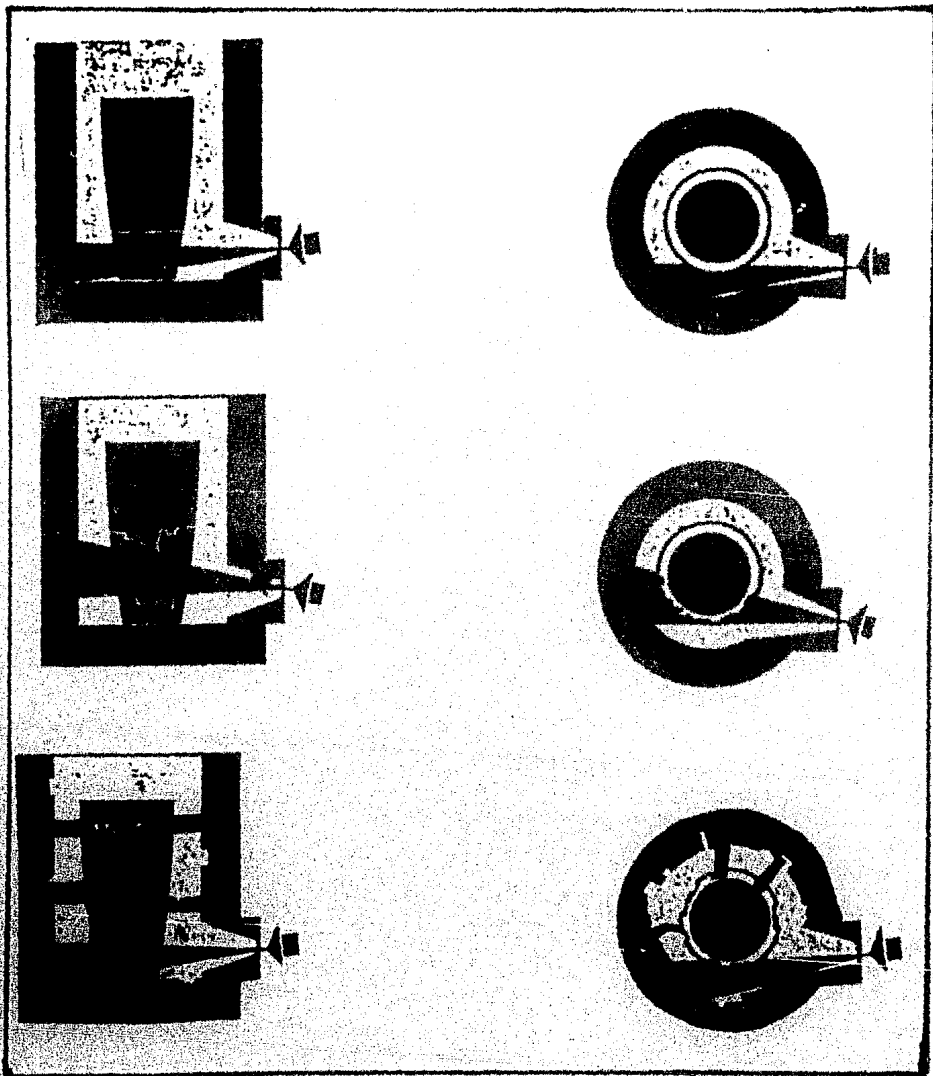


FIG. 7.A-Orientación del quemador hacia el crisol.

La flama del quemador, no debe chocar contra el crisol, sino que ha de dirigirse paralela o ligeramente inclinada hacia el fondo del horno y tangencial al crisol, facilitando la iniciación de la rotación de la flama.

3) El revestimiento refractario de los hornos, se debe mantener en buen estado. Un revestimiento socavado, no solamente dificulta la buena rotación de la flama alrededor del crisol, sino que produce dardos que dan sobre el crisol a modo de soplete deteriorándolo prematuramente.

4) En estos hornos basculables, es también indispensable que los calces o soportes laterales que sujetan el crisol, sean de un material refractario de buena calidad, por que de lo contrario, la violencia de la flama del combustible, puede destruirlos o debilitarlos prematuramente, y así en el momento de vacular el horno para verter el metal, se rompan bajo el peso del crisol con su carga, ocasionando grandes trastornos.

7.5.1 CONSIDERACIONES ACERCA DE SU MANEJO

1.- Al cargar los crisoles con lingote o con trozos de chatarra gruesos, procurar que no queden apretados ni atravezados - para permitir la dilatación de éstos y evitar así un posible - - agrietamiento del crisol.

2.- No se añada nunca metal frío a la carga ya fundida, por que se retrazaría la fusión y además puede provocarse una expansión brusca de la humedad del lingote, rompiéndose el crisol.

3.- Téngase cuidado de vaciar totalmente el crisol. Si después de vaciados los moldes, nos queda metal, vacíese éste en -- lingoteras, porque si se deja enfriar resperd el crisol en la -- próxima fusión.

4.- Cuando se termine de vaciar y esa hora de la comida o - al final del turno, si el crisol está todavía al rojo, colóquese nuevamente dentro del horno y póngale su tapa para evitar una at - mósfera oxidante.

5.- Los restos de fundente que puedan quedar en el crisol, - después de la colada, deben ser eliminados de sus paredes, antes

de realizar una nueva operación.

Los fundentes agregados en exceso, tienden a corroer el crisol, -
en especial si es de grafito.

7.6 HERRAMIENTAS

Las herramientas en la vida diaria de la fundición, juegan un papel importante, ya que generalmente son fabricadas de hierro, el cual si no se tienen los cuidados necesarios contaminará las aleaciones.

Las herramientas que más se utilizan son:

Crisoles.- Se deben tomar los siguientes aspectos:

Volumen del metal a fundir: existen tablas de los diferentes proveedores, que permiten determinar el tamaño del crisol para el volumen de metal a fundir.

Temperatura de fusión del metal: El aluminio necesita temperaturas, en el orden de 660 a 760°C, para fundir. Para alcanzar estas temperaturas contamos con dos tipos de combustibles, que son gas Butano y aceite diesel.

Posición del quemador: Es recomendable colocar el quemador en forma tangencial al crisol, con objeto de dar una orientación al flujo de la flama, la cual pegará contra la pared del refracta--

rio de forma circular y tenderá a ésta para envolver al crisol y calentarlo de manera uniforme hasta la parte superior.

Cámara de combustión: Todos los hornos, tanto fijos como basculantes deben tener una cámara de combustión adecuada al tamaño de los crisoles, para que la combustión proporcione al máximo de calorías en la base del crisol.

Mezcla aire combustible: Es muy importante, la buena combustión debido a la mezcla de aire-combustible. La oxidación se produce cuando hay un exceso de aire en la mezcla, ocasionando una atmósfera fuertemente oxidante y por lo tanto perjudicial.

También, las condiciones reductoras ocasionan una combustión imperfecta y producen la coquización en las paredes del horno o en el mismo crisol debido a las partículas de diésel que no se queman.

El perfecto funcionamiento de los quemadores, es esencial, para que se tenga en el horno una atmósfera adecuada y pueda lograrse el máximo rendimiento del crisol.

Otros tipos de herramientas manuales, muy útiles e indispensa-

bles para la fusión del aluminio, son:

- 1) Removedores
- 2) Tubos de inmersión, para desgasificar y refinar.
- 3) Escoriadores
- 4) Cucharas de vaciado, de acuerdo a la fundición.

Estas herramientas generalmente son hechas a base de acero, por lo cual deben conservarse en buen estado y adecuadamente recubiertos con las pinturas protectoras. Antes de introducir las en el metal fundido, se recomienda precalentarlas bien, hasta el rojo vivo. De lo contrario podrían causar la absorción del hidrógeno y constituir un peligro para los operarios.

En ocasiones se utilizan herramientas de grafito que si bien, -- son más frágiles que las de hierro o acero, no representan un -- origen de contaminación metálica. Al igual que las anteriores -- herramientas de acero, se deben precalentar hasta el rojo, antes de introducir las al metal fundido.

Para las piezas fundidas, se requiere de herramienta tanto para sacarlas de los moldes, como para manejarlas en caliente y posteriormente, si es necesario, quitarles corazones, coladas, mazaretas y rebabas.

Para sacarlas del molde, lo importante es que la herramienta no las deforme, marque o rompa cuando están aún calientes y suaves, así como para asegurar su manejo evitando que se caigan; estas herramientas se diseñan según la forma y características de las piezas.

Para remover corazones, se usan herramientas mecánicas y neumáticas.

Para remover coladas y ranerotas, se usan sierras cintas o sierras circulares.

7.7 MANEJO DEL METAL FUNDIDO

En el manejo del aluminio fundido, como ya se ha visto, una de las más importantes precauciones a tomarse es evitar la excesiva agitación; el metal se recomienda no desmenuarse constantemente, es preferible sólo cerrar la capa o nata para tomar el metal devaciado.

Una vez fundido el metal, se recomiendan los siguientes pasos durante el proceso, como preparación del metal fundido:

Uso de productos químicos de buena calidad, en el metal fundido, que tiene por objeto la eliminación de gases óxidos y escorias. El fundente debe ayudar a controlar también la formación de óxidos y la absorción de gases; pero de ninguna manera es un sustituto de los buenos procedimientos de fusión y colado.

Los tipos de fundentes pueden ser tanto sólidos como gaseosos.

Los sólidos, que también generan gas al reaccionar con la temperatura del baño; en estos casos, su acción es similar a los gaseosos, al fundirse, forman una capa líquida sobre el metal, protegiéndolo de absorción de gas y formación de óxidos.

Los gaseosos, para remover gases disueltos, escorias atrapadas y la película superficial de óxido.

La composición química de los fundentes es a base de:

- 1) . Cloruro de magnesio
- . Cloruro de potasio
- . Fluoruro de calcio

- 2) . Cloruro de sodio
- . Fluoruro sílico-sódico
- . Criolita

7.7.3 METODOS DE DESGASIFICACION

Quando las piezas coladas permiten ciertas imperfecciones debido al gas, no se hace necesario aplicar el tratamiento de desgasificado a los caldos de aluminio. Sin embargo, siempre se debe aplicar el tratamiento de desgasificado al metal fundido. Teniendo en cuenta que existen varios métodos, los más importantes se describen a continuación.

Quando el aluminio se deja solidificar en un crisol, el gas del metal se desprende en la superficie del caldo o queda atrapado en el metal en forma de inclusiones. Este proceso de solidificación y nueva fusión tiende a minimizar la absorción del gas tomado de la superficie del material de carga, pero es poco eficaz y reduce mucho la capacidad del equipo de fusión, aplicable solamente a crisoles de hierro.

a) Desgasificación empleando un gas.

En esta operación, pueden ser utilizados helio seco, argón o nitrógeno, pero el gas más empleado es el cloro, el cual se introduce hasta el fondo del metal fundido, con lo cual las burbujas se elevan hasta la superficie atravesando el caldo. Pero es recomendable disponer de equipos adecuados de ventilación para el

minar los humos que se forman y tiene la desventaja de ser tóxico y altamente corrosivo.

b) Desgasificación con productos químicos

Pecientemente se han desarrollado ciertos productos químicos como desgasificantes, los cuales se obtienen en forma de pastillas de diferentes tamaños y pesos, de acuerdo a la fundición que los empleará.

Estos desgasificantes se introducen con una herramienta especial hasta el fondo del metal fundido, en donde empieza la reacción con los gases no deseados en el aluminio, los que se desprenderán hasta la superficie del caldo. Es una operación muy económica, fácil de controlar y de mucha aplicación en las fundiciones.

c) Refinadores de grano

Existen también refinadores de grano, que son productos químicos que contienen sales de titanio, cromo y boro, los cuales se obtienen y tratan de manera similar a los productos químicos desgasificantes.

d) Modificación con sodio.

Las aleaciones aluminio-silicio contendrán constituyentes de silicio, visibles en la microestructura en forma de láminas, con una ductilidad relativamente baja.

Además, si el contenido de silicio es el Eutéctico o cercano, es probable que parte del silicio se halle presente en forma de cristales primarios muy grandes que, a su vez tendrán un efecto desfavorable sobre la tenacidad y la ductilidad.

Por tal motivo, es conveniente arrear sodio al metal fundido de alto contenido de silicio, especialmente si la velocidad de enfriamiento es reducida, con el objeto de modificar el constituyente del silicio. Como resultado de la modificación del silicio, este constituyente se afina muchísimo, es decir, se presenta en forma de partículas finas redondeadas. Esta estructura modificada de la aleación aluminio-silicio proporciona elevada ductilidad y gran tenacidad. Se recomienda del .002 a .007% de sodio.

7.7.2 METODOS PARA AÑADIR SODIO COMO MODIFICADOR

El sodio se agrega al caldo en forma metálica, usando unas tenazas y se introduce en una esfera de alear. La esfera debe estar seca y precalentada, colocando el sodio metálico dentro de ella y sumergiéndola luego en el aluminio líquido. El sodio se funde rápidamente y parte del mismo se vaporiza, sin embargo, parte del sodio se disuelve y es retenido por el baño. Después de añadir el sodio, el caldo se deja reposar de 5 a 10 minutos, hasta que se enfría a la temperatura de colado apropiada, se espesa el caldo y se vierte en los moldes.

El sodio se introduce en el baño en forma indirecta, empleando para ello materiales de carga que contengan una elevada proporción de sodio. Este elemento tiende a abandonar el baño de aluminio por evaporación y oxidación a causa de la volatilidad del sodio. Si el metal se mantiene fundido o se repiten las fusiones, el contenido de sodio del aluminio disminuye con el tiempo.

El tercer método consiste en introducir el sodio en forma de sales o fundentes sódicos, los cuales se colocan en la superficie del metal o se sumergen en él. En ese momento parte del sodio se reduce y es absorbido por el baño. En ocasiones se utilizan el fluoroborato o fluorotitanato sódicos, o alguna combinación, para

obtener un efecto conjunto de modificación por el sodio y el afinado del grano.

De estos métodos el más fácil, es cuando se emplea en forma de sodio metálico, pero debido a su fuerte naturaleza higroscópica sus adiciones dan lugar con frecuencia a un incremento del contenido de hidrógeno en el metal fundido. Además es fácil agregar demasiado sodio, que nos ocasiona ciertos tipos de defectos en las piezas coladas, consecuencia de una sobre modificación por el sodio.

Por estas razones, el sodio metálico solamente se agrega cuando previamente ha sido envasado al vacío en cápsulas de aluminio.

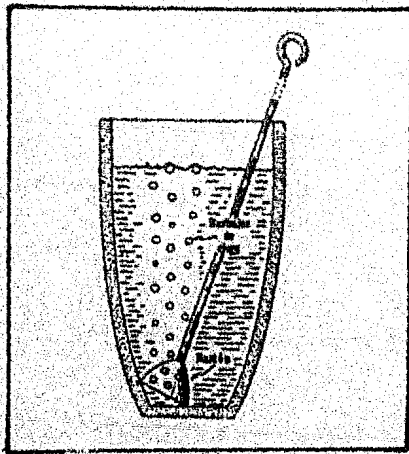


FIG. 7.7 Desgasificación de una aleación de aluminio con una pastilla.

7.8 COLADO DE PIEZAS

Se pueden lograr buenas condiciones de colada, si se observan -- las siguientes recomendaciones:

El caldo de la cuchara de colada, debe tener la temperatura correcta; en general, es la temperatura más baja con lo cual puede llenarse el molde sin que se presenten desechos por uniones - - frías o piezas faltas de material. Lo más seguro es comprobar - la temperatura del metal líquido dentro del molde.

La escoria del caldo debe espumarse, de forma que el metal que - se vierta sea lo más limpio posible.

El labio de vertido, debe mantenerse tan bajo como sea posible, - de forma que la caída libre del metal, desde el labio hasta el - molde, sea la mínima posible.

Al empezar el colado, el bebedero debe llenarse tan pronto como - sea posible y a de mantenerse así durante el tiempo que tarde - en llenarse la cavidad del molde. Con ello se elimina el remoli - no que se produce en la parte superior de un bebedero parcialmen - te lleno.

En general, es muy malo el sistema de colar el metal de la cuchara directamente a las mazarotas. Se produce una cascada dentro de la mazarota que, por lo general, introducirá escoria, en la pieza colada, cerca de la mazarota.

Los requisitos fundamentales de un metal fundido, inmediatamente antes del vaciado son:

- 1).- Que su composición química y pureza se haya mantenido durante la fusión.
- 2).- Que se encuentre a la temperatura de vaciado correcta.

La obtención de la temperatura de vaciado correcta es sumamente importante. Si se vacía el metal o la aleación a una temperatura demasiado baja, puede no fluir adecuadamente y no llenar todas las regiones del molde y en el mejor de los casos, puede resultar un vaciado con numerosos rechupes. El uso de una temperatura de vaciado demasiado alto, puede conducir a una fusión gaseosa y la formación de sopaduras en el vaciado resultante. Además el grano puede ser áspero, de manera que se alteran las propiedades mecánicas.

Un buen equipo de fusión y las correctas técnicas para fundir -- son los primeros requisitos y para obtener una buena producción, en donde las piezas conservarán las propiedades que tienen las aleaciones, los cuales fueron estudiadas y aprobadas en laboratorios.

A elevadas temperaturas, el aluminio se combina rápidamente con el oxígeno, formando óxidos. El aluminio fundido no debe de agitarse, para evitar que el óxido de la superficie se mezcle con todo el baño y afecta las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la aleación.

El hidrógeno es el gas que más problemas causa en el aluminio -- fundido, que forma poros en las piezas fundidas. La temperatura más recomendable para fundir y colar las aleaciones de aluminio es de 680 a 720°C, ya que a esas temperaturas la absorción de hidrógeno es mínima.

7.9 REGLAS GENERALES DE FUSION.

. TEMPERATURA

- . Fundir en un tiempo mínimo.
 - . Evitar la permanencia a temperatura elevada.
- Se debe de evitar el sobrecalentamiento, para lo cual deben de controlar todas las temperaturas por medio de un pirómetro.

. HUMEDAD

- . Evitar toda humedad en las herramientas de fusión.
- . Evitar el contacto metal-escoria de combustión. Para ello es preciso:
 - . Regular los quemadores con un ligero exceso de aire.
 - . Orientar bien la llama del quemador.
- . Utilizar lingotes o materiales recuperables, limpios (ni húmedos, ni oxidados, ni grasientos).
- . Ayudar a la desgasificación con una espera (sin sobrecalentamiento, con los quemadores apagados).
- . Evitar todos los movimientos inútiles de la superficie -- del baño; quitar las escorias solamente cuando sea necesario.

- . Reducir al mínimo la altura de caída del metal durante el vaciado.

. HIERRO

- . Utilizar herramientas de fusión de hierro fundido o hierro, cuidadosamente revestidas y precalentadas.
- . Evitar el empleo de crisoles de hierro fundido.

. FUNDENTE

- . Utilizar fundentes totalmente secos.
- . Utilizar los fundentes apropiados para la aleación consi-
derada:
 - . Para una operación determinada;
 - . Según un proceso determinado (temperatura, porcentaje).

CAPITULO 8

8. TRATAMIENTOS TERMICOS

8.1. GENERALIDADES.

Antiguamente, el tratamiento térmico, estaba relegado a un rincón oscuro y ahurrido del taller de fundición. El control de temperatura era malo o no existía, y el equipo del horno inadecuado. A menudo, el único tratamiento térmico llevado a cabo, se hacía en una estufa que se usaba también para secar corazones. Hoy en día, el tratamiento térmico es un proceso cuidadosamente controlado. Las demandas modernas para fundiciones de propiedades mecánicas elevadas de calidad uniforme, han hecho del tratamiento térmico una etapa crucial entre el proceso de fundición y la aplicación de ingeniería.

Hoy día se cuentan muchos procesos diferentes de tratamiento térmico en uso comercial. De los más importantes son el tratamiento de solución-enfriamiento-envejecimiento para aleaciones de metales no ferrosos, y el de homogeneización-enfriamiento-temple, para aleaciones ferrosas. Ambos tratamientos pueden producir un material muchas veces más fuerte que la aleación "colada", así como un material con una dureza, ductilidad y resistencia al cho

que sustancialmente mejoradas. Se utilizan otros tratamientos térmicos para diversos objetos especiales. El alivio de esfuerzos, es un tratamiento térmico para eliminar esfuerzos internos que, de otra manera, podrían causar más tarde la deformación o la falla.

Cuando se desmoldean las fundiciones, a menudo tienen esfuerzos internos sorprendentemente elevados "alojados" en la estructura. Los esfuerzos provienen de las velocidades disparadas de enfriamiento de las diversas secciones de la pieza fundida, y de la resistencia del molde a la contracción sólida normal de la fundición; estos esfuerzos pueden ser lo suficientemente grandes como para dar lugar a una severa deformación o falla completa de la parte durante las operaciones subsiguientes de acabado, o durante el servicio.

El principal propósito de los tratamientos térmicos en las aleaciones de aluminio, es lograr la mejor combinación de propiedades mecánicas en el metal. Tratando de proporcionar a las piezas características como las siguientes:

- . Obtener una estructura uniforme en toda la pieza.
- . Lograr estabilidad dimensional.

- . Mejorar la resistencia a la corrosión.
- . Eliminar tensiones internas causadas por las contracciones del metal durante la solidificación.

Las aleaciones de aluminio que contienen cobre y magnesio, son susceptibles de mejorar sus propiedades mecánicas mediante los tratamientos térmicos, en cambio las que no las contienen, no responden a ellos, comúnmente solo se les aplica un tratamiento para eliminar tensiones internas o las piezas se usan tal como salen del molde, sin tratamiento térmico.

El tratamiento térmico de las aleaciones de aluminio, está basado en un calentamiento y enfriamiento controlados de las piezas, sin llegar a la fusión y manteniéndolas en estado sólido, afectando solamente la estructura cristalina del metal, con cambios en el tamaño, la forma y la localización de los constituyentes de la estructura.

2.2 SOLIDIFICACION DEL ALUMINIO PURO

Cuando el aluminio fundido solidifica, lo hace dentro de un esquema geométrico definido, iniciándose con una pequeña celda unitaria con una configuración de estructura cúbica de caras centradas, figura 2.1, donde los círculos representan átomos de aluminio, uno en cada esquina de un cubo imaginario y uno centrado en cada cara. Las líneas son imaginarias y los átomos se mantienen en su posición por las fuerzas interatómicas. Al continuar la solidificación, se forman los granos cristalinos constituidos por multitud de celdas unitarias orientadas en la misma dirección y el conjunto de granos integra la estructura final o red atómica característica, figura 2.2

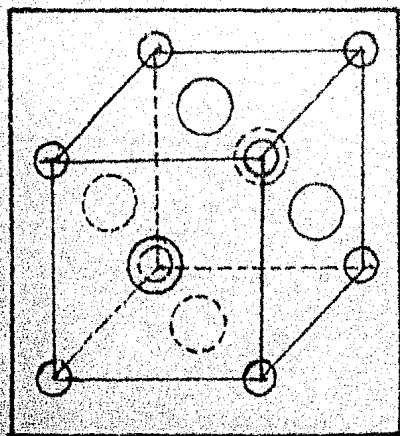


FIG. 2.1 Celda unitaria del aluminio de estructura cúbica de caras centradas.

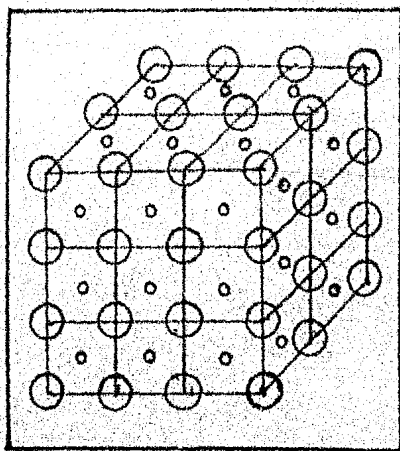


FIG. 2.2 Red atómica mostrando la disposición de las celdas unitarias en un grano cristalino de aluminio.

La solidificación del aluminio puro ocurre a una temperatura - - constante de 660°C , por arriba de esta temperatura el metal es - completamente líquido, mientras que por abajo de ella se encuentra sólido, como se muestra en la curva de enfriamiento bajo condiciones de equilibrio, figura 8.3. Cuando el metal se enfría - hasta el punto de solidificación, la temperatura permanece constante mientras se libera el calor latente de fusión y al enfriamiento continúa solo hasta que se ha completado la solidificación.

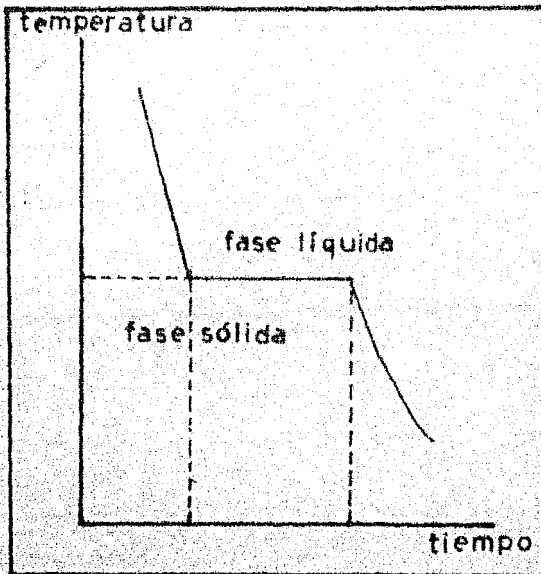


FIG. 8.3 Curva de enfriamiento del aluminio puro bajo condiciones de equilibrio.

8.2.1 SOLIDIFICACION DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO

Los elementos de aleación agregados al aluminio para formar las aleaciones, generalmente bajan el punto de fusión y alteran su mecanismo de solidificación, figura 8.4, de modo que la solidificación no ocurre a una temperatura constante, sino dentro de un rango. Así que para cada aleación en particular hay una temperatura llamada liquidus por arriba de la cual el metal se encuentra todo líquido y una temperatura inferior llamada solidus por debajo de la cual todo es sólido. Entre estas dos temperaturas hay una zona en la que una parte del metal se encuentra en estado líquido y otra en estado sólido. Cuando una aleación fundida se enfría lentamente, la solidificación comienza a la temperatura del liquidus y termina hasta que se llega al solidus.

8.3. ALEACIONES EUTECTICAS

Los metales que no son mutuamente solubles en todas proporciones se combinan para formar aleaciones en la forma de mezclas mecánicas. Las aleaciones de este tipo están formadas de dos tipos de cristales químicamente diferentes, mezcladas mecánicamente en una forma muy fina. Ciertos metales, son completamente insolubles entre sí en los estados sólidos; como ejemplo de ellos citaremos al aluminio y el cobre. Las aleaciones de estos metales están formadas de cristales muy finos de aluminio y cobre. Entre el 5.65% y 37.5% de cobre (el resto de aluminio), estas aleaciones están formadas por dos clases diferentes de cristales: una es una solución sólida que contienen un alto porcentaje de aluminio, y la otra una solución sólida diferente que contiene un alto porcentaje de cobre.

De la figura 8.5 se muestra la parte rica en aluminio del diagrama de fases para aluminio-cobre. Cuando se cuele en un molde de arena una aleación de aluminio que contenga 10% de cobre, ésta comienza a solidificarse a 627°C. El primer sólido que se forma consiste de una solución sólida de dendritas alfa primarias que contienen 2% de cobre (98% de aluminio), figura 8.5 (a). Según se enfría la fundición, continúa la solidificación como en las -

aleaciones en solución sólida. El sólido crece y aumenta gradualmente en contenido de cobre; al mismo tiempo, el líquido restante resulta también enriquecido en cobre. A la temperatura de los 548°C, la pieza fundida consiste de dendritas primarias ricas en aluminio que contienen 5.65% de cobre disuelto, y una pequeña cantidad de líquido que contiene 31% de cobre, figura 8.5-(b). Ahora ha llegado la solución sólida alfa a su máxima solubilidad para el cobre; ni un átomo más de cobre podrá encontrar acomodo en el retículo del aluminio, y solamente podrá haber continuidad de solidificación si se solidifican nuevos cristales ricos en cobre. Esto ocurre a la temperatura eutéctica.

Los cristales ricos en cobre que se solidifican son cristales beta con 52.5% de cobre. Simultáneamente con su formación podrán formarse más cristales ricos en aluminio, con el resultado de que, a la temperatura eutéctica, se solidificará una mezcla mecánica de cristales finos ricos en cobre y cristales finos ricos en aluminio para formar un agregado conocido como eutéctico, figura 8.5 (c).

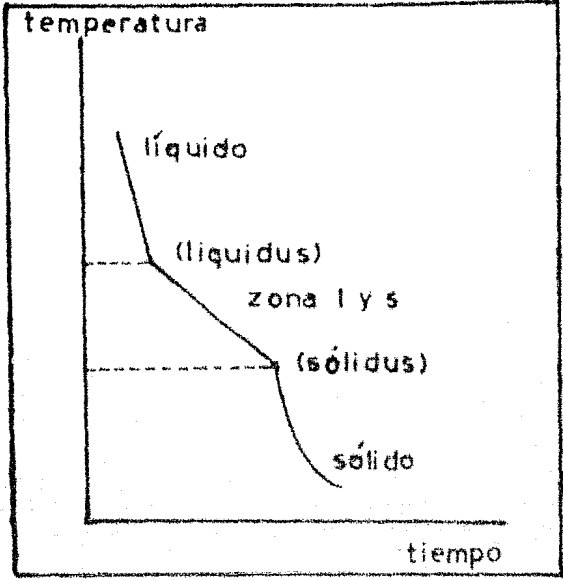


FIG. 8.4 Efecto de los elementos en la curva de enfriamiento en una aleación de aluminio.

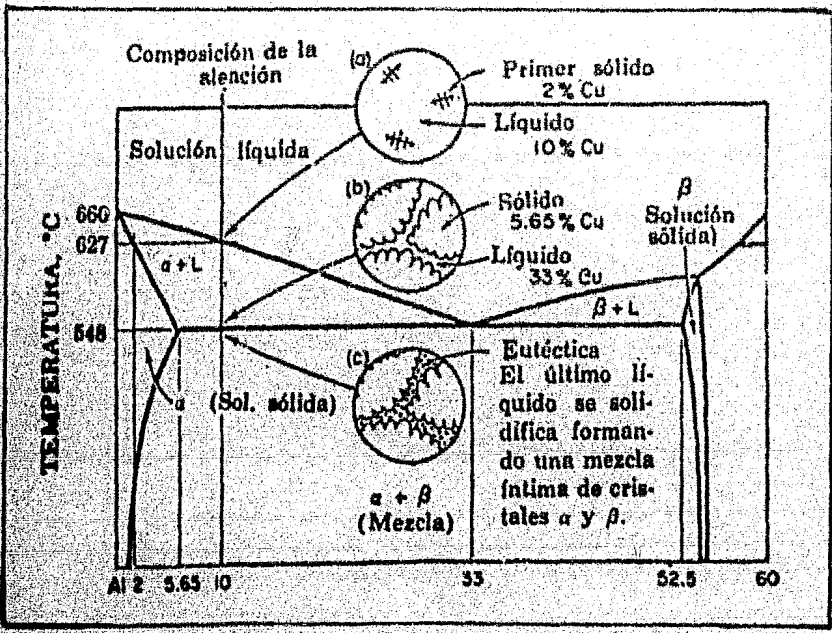


FIG. 8.5 Porción rica en aluminio del sistema de aleación aluminio-cobre.

A causa de que el eutéctico se solidifica a una misma temperatura, se observará una retención en la curva de enfriamiento de la aleación, figura 8.6, muy parecida a la del metal puro.

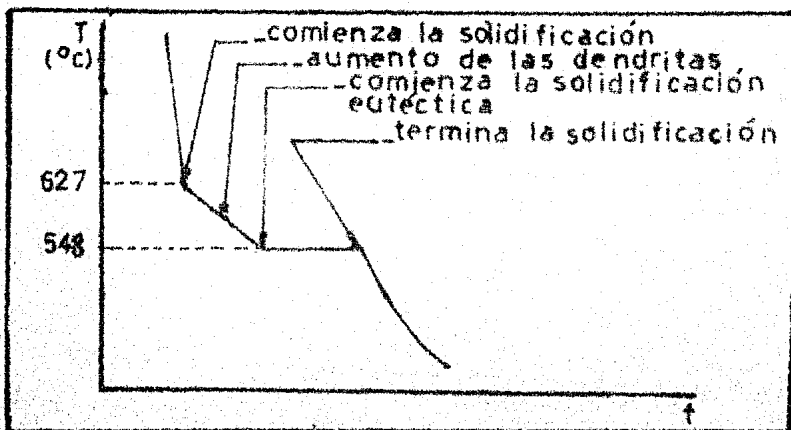


FIGURA 8.6 Curva de enfriamiento para una aleación de aluminio con 10% de cobre.

Las aleaciones que contienen entre 2.5 y 5% de cobre, responderán al tratamiento térmico endureciéndose por envejecimiento.

El tratamiento de solución, se lleva a cabo al calentar la aleación hasta la región monofásica α (alfa), seguida por un enfriamiento rápido. El envejecimiento subsecuente, ya sea natural o

artificial, permitirá precipitar la fase β (beta), incrementando así la resistencia de la aleación.

Una de las aleaciones tratadas térmicamente, es el duraluminio - (2017), que contiene 4% de cobre. Esta aleación se emplea bastante para remaches en la construcción de aviones. Como es una aleación que envejece en forma natural, después del tratamiento de solución se refrigera para evitar el envejecimiento. En estado de fase única, en la condición de tratamiento a solución, tiene buena ductilidad, de manera que la cabeza del remache se puede formar fácilmente.

La aleación 2014 tiene mayor contenido de cobre y manganeso que la 2017 y es susceptible de envejecimiento artificial. En el temple artificialmente envejecido, la 2014 tiene mayor resistencia a la tensión, mucho mayor resistencia a la cedencia y menor elongación que la 2017. Esta aleación se utiliza en piezas forjadas, diseñadas para soportar trabajo pesado, en accesorios para avión y en estructuras para camión.

La única aleación binaria aluminio-cobre fundida, es la de 195, - que contiene 4% de cobre. Con el tratamiento térmico adecuado, - ésta aleación tiene una excelente combinación de resistencia y -

ductilidad. La aleación 195, fundida en molde de arena, se utiliza para volantes y cajas para ejes traseros, ruedas para camión y avión y para cárteres de motores.

Se tienen otras aleaciones de fundición 112, 113 y 212 que contienen aproximadamente 8% de cobre y pueden contener grandes adiciones de silicio controladas, así como hierro y zinc. La presencia de silicio incrementa la fluidez, de manera que las aleaciones 113 y 212 se prefieren para piezas fundidas de secciones delgadas, como cajas y placas para cubiertas y pistones para frenos hidráulicos.

La aleación 380, fundida en molde, que tiene propiedades deseables, clasificada como una aleación aluminio-cobre-silicio, que contiene menos del 5% de cobre y de 3 a 8% de silicio.

El cobre proporciona mayor resistencia y mejores propiedades de maquinado que las aleaciones puras aluminio-silicio, en tanto que el silicio da mejores propiedades de fundición y resistencia a pérdidas de presión que las aleaciones aluminio-cobre. Entre las aplicaciones se incluyen ménsulas, estructuras para máquinas de escribir, múltiples, cuerpos para válvula, recipientes y tanques para gasolina y aceite.

La figura 8.7 muestra la porción rica en aluminio del sistema de aleación, aluminio-silicio. La máxima solubilidad del silicio en la solución sólida α (alfa) es 1.65% a la temperatura eutéctica de 577°C. Aunque la línea solvus muestra menor solubilidad a menores temperaturas, estas aleaciones suelen ser no tratables térmicamente.

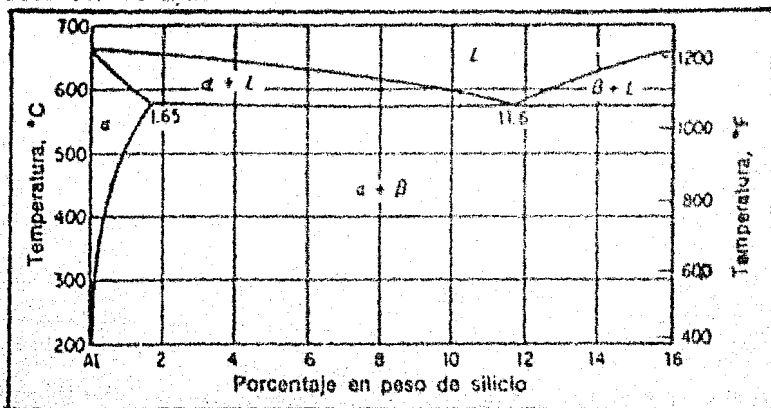


FIG. 8.7 Porción rica en aluminio del sistema de aleación aluminio-silicio. Las aleaciones aluminio-silicio de fundición, tienen facilidad de fundido y resistencia a la corrosión. Las aleaciones 13 (12% de silicio) y 43 (5% de silicio) se utilizan para piezas fundidas complicadas, equipo para manejo de alimentos y accesorios marinos.

La figura 8.8 muestra la porción rica en aluminio del sistema de aleación aluminio-magnesio. Aunque la línea solvus señala una -

considerable caída en la solubilidad del magnesio en aluminio, - con la disminución de temperatura, la mayoría de las aleaciones- comerciales forjadas de este grupo, contienen menos del 5% de -- magnesio y, con bajo contenido de silicio, no se pueden tratar -- térmicamente.

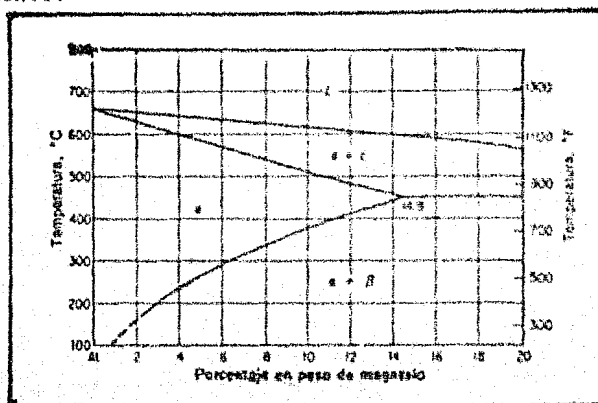


FIG. 8.8 Porción rica en aluminio del sistema de aleación aluminio-magnesio.

Las aleaciones aluminio-magnesio de fundición, incluyen la aleación 214 (3.8% de magnesio), la 218 (8% de magnesio) y la 220 (10% de magnesio). La aleación 214 y la 218 se emplean para -- equipo de manejo de leche y alimentos, accesorios para utilizarlos con sustancias químicas y drenajes, accesorios con fines marinos, y zapatas para frenos de avión. La aleación 220 es la -- única de este grupo que puede endurecerse por envejecimiento, -- dando como resultado las más altas propiedades mecánicas de cual

quiera de las aleaciones al aluminio de fundición.

El magnesio y el silicio se combinan para formar un compuesto siliciuro de magnesio (Mg_2Si), que a su vez forma un sistema eutéctico simple con aluminio. La figura 8.9 muestra la porción rica en aluminio del sistema $Al-Mg_2Si$; es la precipitación del Mg_2Si después del envejecimiento artificial (temple TF), el cual permite que estas aleaciones alcancen su resistencia total.

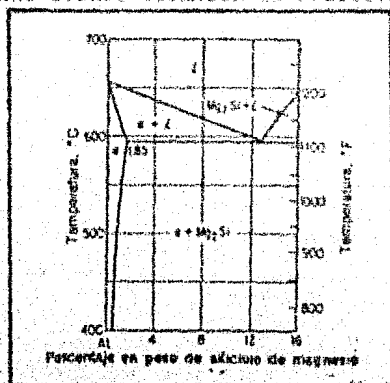


FIG. 8.9 Porción rica en aluminio del sistema de aleación Aluminio siliciuro de magnesio.

Las aleaciones de fundición aluminio-silicio-magnesio 355, 356 y 360 proporcionan una deseable combinación de capacidad de fundido, aguante a fugas de presión, resistencia en general y resistencia a la corrosión. En la condición de tratamiento térmico, sus propiedades mecánicas se aproximan a las de las aleaciones -

aluminio-cobre.

Se usan ampliamente con fines aeronáuticos, en piezas para máqui-
nas-herramientas.

8.4 TRATAMIENTO TÉRMICO DE SOLUCIÓN

El tratamiento térmico en la práctica común, puede ilustrarse mediante la aleación para fundición 195 que contiene 4.5% de Cu, a la que se le aplica primero el tratamiento térmico de solución - que consiste en calentar las piezas a 516°C para que los átomos de Cu puedan difundirse en toda la estructura y se mantiene a esa temperatura durante 8 a 17 horas hasta que la distribución del cobre es casi homogénea, figura 8.19.

Si las piezas son pequeñas o si han sido coladas en molde, se podrá usar el tiempo mínimo especificado; en cambio si las piezas son grandes o fueron coladas en arena, la tendencia es usar el tiempo máximo.

En cuanto a la temperatura, si se eleva más de la indicada, existe el peligro de una fusión incipiente del constituyente eutéctico de la estructura que debilitaría a las piezas, además de la posible deformación que pudieran sufrir. Si por el contrario, la temperatura es más baja de la indicada, entonces la disolución y distribución no se completarán y se obtendría una estructura heterogénea. Por estas razones, el control de la temperatura debe ser estricto durante el tratamiento térmico y las variacio-

nes máximas permisibles son de 7.9°C en más o menos de la temperatura especificada.

B.4.1 TEMPLE

Consiste en enfriar las piezas rápidamente en agua desde la temperatura de 516°C para mantener los constituyentes de la estructura en solución sólida. La transferencia de las piezas desde el horno al tanque de agua debe hacerse rápidamente en un tiempo no mayor de 30 segundos para evitar precipitaciones prematuras por descenso de la temperatura y darían como consecuencia una pérdida del efecto de endurecimiento y resistencias máximas. El agua para el temple debe precalentarse a una temperatura mínima de 65°C, ya que el agua fría provocaría tensiones residuales y deformación en las piezas.

Además es necesario evitar la formación de bolsas de vapor en contacto con las piezas que retardarían el temple en esas zonas y que finalmente serían zonas de resistencia deficiente. Por ello se recomienda mantener una circulación forzada del agua o mantener en movimiento las piezas mientras se enfrían.

R.4.2 ENVEJECIMIENTO NATURAL Y ARTIFICIAL

Inmediatamente después del temple, se inicia naturalmente la precipitación de los compuestos Cu-Al y Mg-Si. Esta precipitación natural a temperatura ambiente, necesita de muchos días para completarse y es lo que se conoce como envejecimiento natural. El símbolo T4 que se emplea después del número de la aleación, indica que ésta ha sido tratada térmicamente en disolución, templada y dejada envejecer naturalmente a la temperatura ambiente hasta que las propiedades mecánicas han pasado a ser sustancialmente estables.

El endurecimiento por precipitación, puede ser considerado elevando la temperatura y entonces se le conoce como envejecimiento artificial y se le asigna el símbolo T5 cuando es aplicado después del temple. Mediante el envejecimiento artificial, pueden obtenerse varias combinaciones de propiedades variando la temperatura y el tiempo, teniendo presente que en general, el alargamiento disminuye a medida que la dureza y la resistencia aumentan.

Para el caso de este ejemplo, las piezas se someten a un envejecimiento artificial T6, calentándolas nuevamente en un horno a -

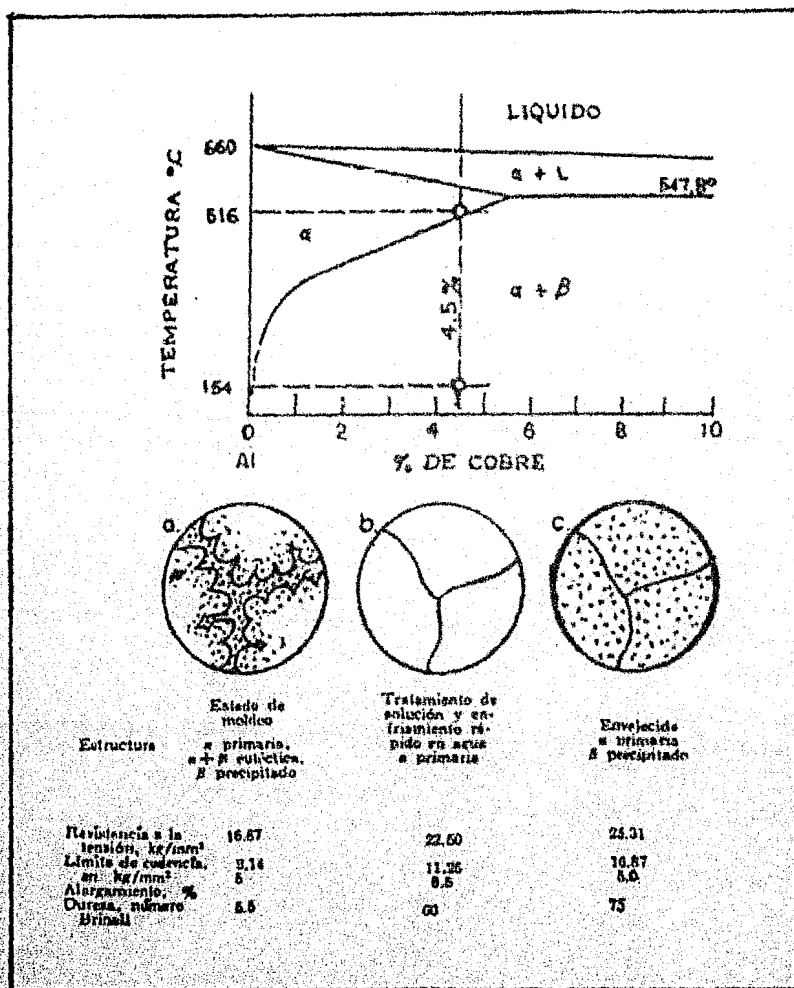


FIG. 8.10 Efecto del tratamiento térmico de solución y envejecimiento sobre la estructura y propiedades de una aleación de aluminio con 4.5% de cobre.

una temperatura de 154°C durante 4 a 6 horas, dejando enfriar -- después al aire ambiente. Con este tratamiento se obtienen una resistencia y endurecimiento casi máximos, mientras que todavía se conserva un alargamiento suficiente para evitar fragilidad. Si se desea obtener la resistencia y dureza máximas, puede lograrse aumentando la temperatura a 171°C y el tiempo 14 o 18 horas, pero también habrá como resultado un sacrificio en el alargamiento.

Es importante considerar que si durante el envejecimiento artificial, la temperatura es muy alta o el tiempo demasiado largo, la resistencia puede pasar por un máximo y decrecer nuevamente, en este caso, para el restablecimiento de la resistencia, será necesario entonces la repetición del tratamiento de solución y el temple seguido por el envejecimiento artificial en las condiciones especificadas. La variación máxima permitida en los hornos para el envejecimiento artificial es de 5.6°C en más o en menos.

8.5 DESIGNACION DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los tratamientos térmicos, se designan con la letra T seguida de un número; en seguida se da un resumen de los principales tratamientos térmicos que se aplican en las piezas moldeadas de aluminio y en la tabla se indican las condiciones de tratamiento térmico que se recomiendan para las diversas aleaciones de aluminio.

T: Tratado térmicamente. Se aplica a piezas tratadas térmicamente, con o sin endurecimiento por deformación suplementario, para producir temple estable. La T sigue de los números 2 al 10, designando una combinación específica de operaciones básicas. Las variaciones deliberadas de las condiciones, que dan lugar a características significativamente distintas para la pieza, se indican añadiendo uno o más dígitos a la designación básica:

T2 Recocido que se aplica generalmente a las piezas moldeadas y que se realiza normalmente a una temperatura de 315 ó 343°C para mejorar la ductilidad.

T3 Tratados térmicamente a solución y luego trabajada en frío.

- T4 Tratamiento térmico de solución, templando las piezas y permitiendo el envejecimiento natural a la temperatura ambiente, hasta obtener propiedades prácticamente estables.
- T5 Envejecimiento artificial que se aplica sin previo tratamiento de solución. Se emplea una temperatura de 170°C para mejorar la resistencia a la tracción, la dureza y la entidud para el mecanizado. Para estabilizar las dimensiones, se emplean temperaturas de 200 a 227°C.
- T6 Tratamiento térmico de solución, templando las piezas y aplicando un envejecimiento artificial para lograr la combinación más conveniente de resistencia y ductilidad. Se usan temperaturas generalmente entre 150 y 170°C.
- T7 Tratamiento térmico de solución, templando las piezas y aplicando un sobre-envejecimiento a una temperatura de 227 ó 303°C para estabilizar más completamente las dimensiones.
- T8 Tratamiento térmico por solución y endurecimiento por deformación y luego-envejecimiento artificial.

T9 Tratamiento térmico por solución, envejecimiento artificial y luego endurecimiento por deformación.

T10 Envejecida artificialmente y luego endurecimiento por deformación, lo mismo que en T5, pero seguida por endurecimiento por deformación a fin de mejorar la resistencia.

4.6 TRATAMIENTO SUBCERO

Es un tratamiento a temperaturas inferiores a cero grados, aplicable a algunas piezas de aluminio que requieren una alta precisión dimensional, como en las partes componentes de instrumentos que deben de mantener su estabilidad dimensional durante el maquinado y en servicio. El tratamiento subcero consiste en enfriar las piezas a -100°C y calentar nuevamente a 232 ó 246°C para eliminar por completo las tensiones internas y lograr la máxima estabilidad dimensional que normalmente no se alcanza con los tratamientos T6 y T7.

Un ejemplo del método de aplicación del tratamiento subcero es en el caso de piezas de aleación 356 que requieren alta precisión para ser usadas en instrumentos ópticos. Las piezas se someten primero al tratamiento de solución T6, enseguida se calientan nuevamente a 232°C durante 8 horas y se enfrían después a -100°C durante 2 horas y se calientan otra vez a 246°C durante 2 horas, completando con esto la primera etapa del tratamiento. En estas condiciones se hace el primer maquinado para debastar las piezas y aproximar la medida hasta unos $0.010''$ de la medida final. Se procede entonces a la segunda etapa del tratamiento enfriando las piezas de nuevo a -100°C durante 2 horas y calen-

tando por último a 245°C durante 2 horas, las piezas quedan dimensionalmente estables y dispuestas para ser sometidas al maquinado final de precisión. Las propiedades mecánicas resultan también bastante buenas y llegan a ser 21.7 Kg/cm² de resistencia a la tracción con 4.1% de alargamiento.

ALFACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION AGRUPADAS SEGUN EL TIPO DE COMPOSICION NOMINAL.

	Cobre	Silicio	Magnesio	Cinc	Niquel
<u>GRUPO ALUMINIO SILICIO</u>					
43195-54		5.0			
13		12.0			
<u>GRUPO ALUMINIO SILICIO-MAGNESIO</u>					
355	1.7	5.0	0.5		
356		7.0	0.3		
360		3.5	0.5		
<u>GRUPO ALUMINIO COBRE</u>					
195	4.5	0.5			
112	7.0			1.7	
122	10.0		0.2		
<u>GRUPO ALUMINIO COBRE-SILICIO</u>					
12(113)	7.0	7.0		1.7	
12(113)	7.0	3.5		1.5	
212	9.0	1.2			
138	10.0	4.0	0.3		
108	4.0	3.0			
B195	4.5	2.5			
5-6	5.0	5.0	0.4		
<u>GRUPO ALUMINIO-SILICIO-COBRE</u>					
363	3.0	5.5		3.5	
319	3.5	6.0			
AYSA79(380)	3.5	9.0			
333	3.8	9.0			
85	4.0	5.0			
A108	4.5	5.5			
<u>GRUPO ALUMINIO-MAGNESIO</u>					
214			3.8		
A214			3.8	1.8	
B214		1.8	3.8		
F214		0.5	3.8		
218			8.0		
220			10.0		
<u>GRUPO ALUMINIO-NIQUEL-MAGNESIO-COBRE</u>					
142	4.0		1.5		2.0
A132	0.8	12.0	1.2		2.5
D132	3.5	9.0	0.8		0.8
Z132	2.5	11.0	1.0		0.6

TRATAMIENTO TERMICO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO COLADAS EN ARENA

ALEACION Y TRATA MIENTO TERMICO	TRATA. DE SOLUCION		TRATA. DE PRECIPITACION	
	TEMP. °C	HORAS	TEMP. °C	HORAS
122-T2	-	-	215	2-4
122-T61	510	12	154	10-12
142-T21	-	-	343	2-4
142-T57	-	-	171	22-26
142-T61	516	6	232	1-3
A 142-T21	-	-	343	2-4
A 142-T57	-	-	171	22-26
A 142-T25	516	6	289	2-5
E 196-T4	516	12	-	-
F 196-T6	516	12	154	3-5
222-T4	432	14-20	-	-
319-T5	-	-	204	7-9
319-T6	504	12	154	2-5
355-T51	-	-	227	7-9
355-T6	527	12	154	3-5
355-T7	527	12	227	3-5
C 355-T51	-	-	227	7-9
C 355-T6	527	12	154	3-5
356-T51	-	-	227	7-9
356-T6	538	12	154	3-5
356-T7	538	12	204	3-5
A 356-T6	538	12	154	2-5

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Tecnología del proceso de fundición
 V. A. STEFANOV
 N. N. TITOV
 Moscú-1981
 Ed. Mie.

- 2.- Tecnología de los metales
 A. Malishav, A. Nicolaiav, Yu. Schuvalov
 Quinta Edición
 Moscú-1979
 Ed. Mie.

- 3.- Ingeniería Metalúrgica
 Raymond A. Higzihs
 Tomo II Sexta Edición-Junio de 1980
 Ed. CECSA

- 4.- Compendio de Terminos Siderúrgicos Básicos
 Juan Latapi
 Tercera Edición -1978
 AHMSA-Fundidora Monterrey, S. A.
 Siderúrgica Lazaro Cárdenas, Las Truchas, S. A.

- 5.- Tratado Práctico de Fundición.
E. D. Howard
Madrid-1962
Ed. Aguilar

- 6.- Procedimientos de Fabricación y control
Jose Ma. Loheras Estaban
Héctor Arias San Vicente
Vol. I

- 7.- Tecnología de la Fundición.
F. Cabello
Ed. Gustavo Gili España 1972
Tercera Edición.

- 8.- Control de Calidad en la Fundición
Sociedad Mexicana de Fundidores-SMF
Ing. Guillermo Ruiz Moreno.

- 9.- Tecnología del Control de Calidad de las Arenas de Fundición.
Sociedad Mexicana de Fundidores-SMF
Ing. Víctor M. García Sosa

10.- Fundación Para Ingenieros

Howard F. Taylor

Merton C. Flemings

Ed. Continental - Enero 1961