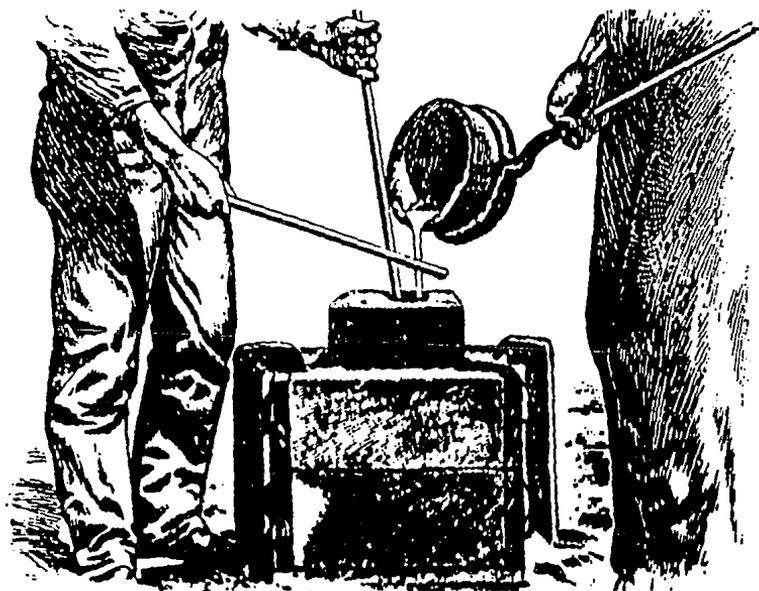


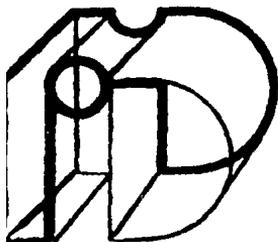
MANUAL DE FUNDICIONES PARA LA ENSEÑANZA



TESIS QUE PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL
(materiales y procesos)
PRESENTA:

ENRIQUE HERRERA LUGO

Posgrado en Diseño Industrial
Facultad de Arquitectura
UNAM
1994



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





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.

Director de tesis:

Ing. Ulrich Scharer Sauberli

Sinodales:

Dr. Oscar Salinas Flores

Dr. Miguel Eguiluz Senior

M.D.I. Fernando Martín Juez

M.D.I. Angel M. Groso Sandoval

**A mi Padre Rubén , mi Madre Silvia y Hermanos Rubén,
Mónica y Alejandra.**

**A mi Familia en general en especial a mi Tío Hernando Martín
Lugo Manzano cuyo gusto por el conocimiento y la vida fue
motivo de inspiración para todos los que lo conocimos.**

AGRADECIMIENTOS:

Al M.D.I. Rosalio Avila Ch. por todo el apoyo que me ha brindado.

Al Ing. Ulrich Scharer S. que siempre mostro interés y dedicación en mi trabajo.

Al Ing. Javier Legazpi sin cuya confianza no hubiese tratado este tema.

Al personal del taller de fundiciones de la U.A.M. Azcapozalco quienes amablemente me facilitaron el acceso a sus instalaciones y conocimientos.

INDICE

INTRODUCCION ————— **9**

CAPITULO I ————— **13**

SEGURIDAD

Generalidades.- Seguridad e higiene en instalaciones.- Naturaleza del fuego y causas de incendio.- Prevención y combate de incendios.- Instalaciones eléctricas.- Areas de trabajo.- Prevención de accidentes mediante carteles.- Ventilación.

Seguridad e higiene personal.- Condiciones inseguras.- Prácticas inseguras.- Causas remotas.- Otras causas.- Equipo de seguridad personal.

Seguridad en maquinaria y equipos.- Seguridad en hornos.- Equipos de manipulación.

CAPITULO II ————— **19**

LA ESTRUCTURA DE LOS METALES.

La estructura atómica.- Cristalización.- Redes cúbicas y hexagonales.- Propiedades características de los metales.

Propiedades mecánicas.- Resistencia a la compresión.- Resistencia a la tensión.- Dureza.- Tenacidad.- Maleabilidad.- Ductilidad.- Resistencia al impacto.- Fatiga.- Límite elástico.- Deslizamiento.

Propiedades físicas.- Conductividad eléctrica.- Conductividad térmica.- Punto de fusión.- Densidad.- Color.- Propiedades magnéticas.

Propiedades químicas.- Oxidación.- Reducción.- Corrosión.

El proceso de solidificación de los metales.- Formación de la estructura de los cristales.- Cristales y granos.- Los límites del grano.- Efecto del índice de enfriamiento en el tamaño del grano.

Disponibilidad de metales.- Comparación de plásticos y metales en aplicaciones de ingeniería.

Deslizamiento deformación plástica y recristalización.- Deslizamiento y deformación plástica.- Dislocaciones.- Trabajo en frío.- Recristalización y crecimiento del grano.- Trabajo en caliente.

CAPITULO III ----- **33**

ALEACIONES Y DIAGRAMAS DE CONSTITUCION.

Generalidades.- Curvas de enfriamiento.- Diagramas de constitución.- Aleaciones de metales mutuamente solubles en estado líquido y sólido.- Aleaciones de metales mutuamente solubles en estado líquido pero insolubles en estado sólido.- Aleaciones de metales mutuamente solubles en estado líquido y parcialmente solubles en estado sólido.- Cristales con núcleo.

CAPITULO IV ----- **39**

INTRODUCCION AL PROCESO DE FUNDICION.

Generalidades.- Fundición en arena (sand casting).- Fundición en molde permanente.- Fundición a presión.- Fundición por revestimiento.- Proceso de molde lleno.- Fundición centrífuga.- Clasificación de fundiciones.

CAPITULO V ----- **43**

FUNDICION EN ARENA.

Moldeo en arena.- Principio.- Clasificación de moldeo.- Técnicas de moldeo.- Diseño de la pieza a fundir (generalidades).- Requerimientos de resistencia mecánica.- Concentración de esfuerzos.- Grosor de sección.- Solidificación direccional.- Uniones de paredes.- Función y fabricación de modelos.- Terminología básica de los modelos.- Clasificación de los modelos.- Materiales para modelos.- Consideraciones para la configuración de un modelo.

CAPITULO VI ----- **56**

ARENAS PARA MOLDES.

Generalidades.- Arenas de moldeo.- Mezclas para arenas de moldeo.- Reutilización de arenas.- Mezclado de arenas.- Mezclado manual

Propiedades.- Permeabilidad verde.- Resistencia verde.- Aglutinantes.- Otras propiedades.

Métodos de prueba para arenas de fundición.- Principio.- Procedimiento para preparar probetas de arena.- Procedimiento para determinar la humedad.- Procedimiento para determinar la permeabilidad.- Procedimiento para determinar la resistencia al corte y compresión.

CAPITULO VII 59

LOS MOLDES DE ARENA Y SU FABRICACION.

Herramientas de moldeo y accesorios.- Moldeado con modelos naturales y bipartidos.- Moldeado con modelos montados en placa.- Moldeado con caja falsa y con piezas originales.- Cerrando los moldes.

CAPITULO VIII 80

FABRICACION DE CORAZONES.

Generalidades.- Herramientas y accesorios para fabricar corazones.- Refuerzos internos.- Consideraciones generales.- Almacenamiento de los corazones.- Mezclado de arena para corazones.- Corazones de arena húmeda.- Corazones de arena cocida.- Mezclas de arena para corazones cocidos (materiales convencionales).- Propiedades de los corazones de arena cocida.- Temperatura, tiempo de cocimiento y colapsabilidad.- Pegamento y relleno para corazones cocidos.- Mezcla de arena para corazón tipo cascara (shell).- Mezcla de corazones de bióxido de carbono.- Colocación de corazones.

CAPITULO IX 88

SISTEMAS GENERALES DE ALIMENTACION

Bebedores, mazarotas y enfriadores.- Características de un sistema de alimentación.- Reglas generales para un sistema de alimentación.- Tipos de alimentación.- Procedimientos útiles.- Tazas y basines.- Mazarotas.- Reglas generales para las mazarotas.- Forma de la mazarota.- Tamaño de las mazarotas.- Metodo Caine.- Localización de la mazarota.- Tipos de mazarotas.- Ventosa.- Enfriadores.- Enfriadores internos.- Enfriadores externos.

CAPITULO X 103

FUNDICION CON MODELO PERDIDO

Características en el diseño de las piezas y sistema de alimentación en el proceso con modelo perdido.- Alimentación.

Materiales para modelos.- Modelos de mercurio, orgánicos, de plástico, molde lleno de cera.- Las ceras.

Fabricación de modelos.- Modelos labrados.- Moldes para la obtención de modelos.- Moldes metálicos para modelos.- Moldes de hule para modelos.- Llenado de los moldes con cera.- Moldes de yeso y arcilla para modelos.

Moldea.- Moldes compactos.- Moldes de cáscara.- Materiales para moldes (investmentos).

Vaciado.- Vaciado por gravedad.- Colada centrífuga.- Vaciado a presión.- Vaciado al vacío.- Limpieza.

CAPITULO XI-----**118**

FUNDICION EN HUESO DE JIBIA

CAPITULO XII-----**120**

DESCRIPCION Y OPERACION DE EQUIPOS DE FUNDICION

Horno de crisol (de combustible).- Cargando el horno.- Ajuste de flama y atmósfera del horno.- Pormenores.

Hornos eléctricos.- Horno de arco eléctrico.- Horno de resistencia eléctrica.- Horno de inducción.

Horno de cubilote.- Naturaleza del hierro fundido.- Obtención del hierro y trabajo de un horno de cubilote.- Reacciones presentes en un alto horno.- El horno de cubilote.- Efecto de las diversas aleaciones en el acero.

Refractarios.- Crisoles.- Equipo para el transporte de crisoles.- Vaciado y determinación de temperatura.- Vaciado.- Temperatura de vaciado.- Medición de temperatura.

CAPITULO XIII-----**140**

METALES Y OTROS MATERIALES PARA ENSAYOS

Metales y otros materiales recomendados para ensayos didácticos.- Latón.- Bronce.- Latón rojo.- Bronce al manganeso.- Bronce- aluminio.- Bronce al silicio.- Aleaciones de zinc.- Aluminio.- Plata y oro.- Lingotes vs chatarra.- Fundentes desoxidantes y desgasificantes.

CAPITULO XIV-----**145**

FABRICANDO NUESTROS PROPIOS HORNOS

Horno eléctrico de crisol.- El concepto.- Versatilidad.- Seguridad.- Tamaños.- Horno de crisol de gas.- Horno pequeño de gas

CONCLUSION-----**157**

GLOSARIO-----**158**

BIBLIOGRAFIA-----**161**

MANUAL DE FUNDICIONES

INTRODUCCION

Durante los años que el Diseño Industrial ha encontrado su nicho en los sectores educativo y profesional de México, se ha hecho más evidente cada vez la falta de material bibliográfico especialmente preparado (o compatible) para esta actividad.

Los primeros pasos que se han dado para cubrir este déficit toman dirección de la teoría y de la metodología. Este hecho es plausible sin embargo, aún en esas mismas áreas no es suficiente.

Las condiciones en que el Diseño Industrial se ha desarrollado en México han sido muy distintas a las que se han presentado en países desarrollados, esto independientemente del hecho que el modelo educacional del Diseño Industrial en México ha sido tomado de las primeras escuelas europeas del mismo ramo.

Mientras en países desarrollados el Diseño Industrial ha tomado en ocasiones matices meramente esteticistas y ha sido concebido como una actividad interdisciplinaria, es decir que busca y ofrece apoyo a otras ramas profesionales, en México la realidad nos ha llevado a hacer del Diseño Industrial una actividad multidisciplinaria, esto en el sentido estricto de la palabra.

En ocasiones, ya no solo convive el diseñador con los ingenieros y administradores, sino que los sustituye. Cuando tiene la necesidad de comunicarse con ellos tal pareciera que existe una barrera que le impide hacerlo.

La cuestión en este punto no es saber quien ganará esta competencia, creo que si el diseño

industrial ha tomado algunas tareas correspondientes a otros profesionales ha sido más bien por las circunstancias que ha creado el sistema socioeconómico (De igual modo ingenieros han desempeñado el papel de diseñadores).

En las escuelas de Diseño el docente debe fomentar y el estudiante debe buscar una concocimiento tal que le permita resolver conjuntamente con otros profesionales los aspectos técnicos de un proyecto.

Normalmente, cuando un estudiante de Diseño industrial tiene como objetivo realizar un proyecto, se enfrenta a problemas técnicos desde la concepción hasta la realización del prototipo (Hablo del alumno que solo tiene los recursos necesarios para elaborar sus proyectos el mismo, no para entregarlo en maquila).

El apoyo técnico (independientemente de las instalaciones) que la institución educativa le otorga está condicionado a lo que los técnicos y docentes puedan aclararle, ya sea en la clase impartida, en el taller mismo (Proceso algunas veces defectuoso por la falta de capacitación de este personal) o el material bibliográfico que pueda otorgarle.

La mayoría de estos libros son traducciones literales de textos norteamericanos o europeos, estos no contemplan la posibilidad de aplicación de las técnicas en nuestro país, ya sea por la disponibilidad de materias primas, maquinaria, equipo o recursos.

Estos textos han sido elaborados por lo general para carreras de ingeniería en cualquiera de sus ramas, contaduría y administración, ergonomía, cerámica, etc.

La respuesta para alumnos y docentes, por lo que corresponde a textos, la encontrarían en material bibliográfico que contenga no solo el conocimiento formal, sino los trucos o "mañas" del oficio, que permitan no solo usar sino experimentar con la técnica aportando cosas nuevas.

Es importante que el centro de enseñanza cuente con instalaciones que apoyen este tipo de proceso de aprendizaje, sin embargo este equipo no debe ser complejo y grande ya que puede ejercer un efecto de confusión e intimidación en el alumno.

Los textos para la escuela de Diseño deben abarcar solo un poco más allá de los límites concernientes a la esfera del diseñador, esto no limita el conocimiento ya que siempre existe la posibilidad de consultar obras totalmente específicas.

El tipo de textos a que me refiero debe otorgar la pauta para obtener y fomentar el conocimiento, para despertar el interés y no ser tan solo una aburrida recopilación de datos abstractos que difícilmente serán aplicados.

Un caso personal.

Hace algún tiempo, después de salir de la licenciatura en Diseño Industrial, me enfrenté, al igual que todos, a la realidad, y me di cuenta que las cosas ya no eran tan simples por un lado y tan complicadas por otro, es decir, el trabajo ya no quedaba tan solo en el papel y en un "prototipo", sino que debía tener como resultado un producto comercializable, y, por otro lado la metodología escolar quedó o reducida, o modificada, o simplificando.

Fue entonces que me pregunté: ¿Porque no me enseñaron esto en vez de aquello?. Pero la lista de los conocimientos especializados que hubiera cuando aprender se hacía más y más grande y no hubieran pasado 20 años para comprender y dominar todas esas técnicas.

Una vez fuera de la escuela uno de los trabajos que corrió a mi cargo fue el diseño de algunos equipos que requerían la fabricación de carcazas por medio de fundición en arena, al principio hice bocetos y planos aplicando la técnica de configuración de modelos de fundición con lo que había aprendido en la escuela y por deducción.

Desafortunadamente (o afortunadamente, aun no lo sé) el modelista que contacté adolecía de un mal comúnmente conocido como "ahí se va" y su trabajo dejó mucho que desear, conseguir una persona que hiciera el trabajo con calidad y en un tiempo record (para ayer) fue imposible.

Fue por tales circunstancias que me fue encomendada la realización de tales modelos, conforme avanzaba el trabajo me di cuenta de mis errores y aciertos en el diseño de las piezas, pero también me percaté vagamente de las ventajas que acarrearía la enseñanza de tal proceso a ese nivel de detalle en la licenciatura, finalmente terminé los modelos, fui a la fundición a ejercitarme como trabajaban con ellos, y afortunadamente todo resultó bien.

El conocimiento adquirido con esta experiencia me fue útil después cuando necesité diseñar algunas piezas, que si bien no eran de fundición, requerían la manufactura previa de un molde.

Tiempo después comencé a impartir clases en la Facultad de Diseño de la Universidad de Guadalajara y me percaté de que hacía falta la enseñanza práctica de un proceso que por su naturaleza pudiera englobar los aspectos comunes de una serie de procesos, principalmente todos aquellos que requieren la configuración de un molde.

Me cuestioné si el proceso de fundición (en arena u otros con el mismo grado de sencillez) cumpliría con ese requisito, conforme me lo cuestionaba reiteradamente me contestaba que sí.

El proceso tiene en sí muchas ventajas sobre otros como la fundición en molde permanente o la inyección de plásticos, comenzando por el costo de los moldes, la rapidez en la obtención de una o algunas piezas para prototipos, el poco equipamiento e inversión que se requiere para producir algunos objetos, la facilidad con que se

pueden transpolar los principios o fundamentos del proceso a otros procesos.

Además ya familiarizado el alumno estaria en posibilidad de mejorar la calidad de sus proyectos, fabricando prototipos reales, terminando en parte con la tendencia de hacer tan solo modelos funcionales con madera, cartón y acrílico. Con el tiempo me he dado cuenta que en buena parte de los casos (no en todos, ya que se tiene que evaluar cada situación) se invierte mayor tiempo y dinero haciendo imitaciones, por ejemplo se fabrica la pieza en madera, se le da apariencia de metal, se coloca, se ajusta, se alija, se daña, se rompe, se vuelve a hacer o se ocupan varias y a cada una le pasa lo mismo, si hacemos esa pieza en madera y la utilizamos como modelo, no invertimos ya tanto tiempo y dinero, obteniendo así algunas piezas semejantes pero hechas de metal.

Tenemos que acostumbrarnos a obtener en lo posible del prototipo condiciones de operación reales y no imaginar como funcionaria si este fuera real.

La eficiencia en el resultado de un proyecto de Diseño motiva al alumno, y lo hace mas conciente de sus capacidades, la enseñanza del proceso que propongo no es una panacea ni pretendo insinuar que con su asimilación el alumno estará en posibilidad de conocer todos los procesos de fabricación, sin embargo creo que puede contribuir mediante un adecuado sistema de analogías, a la comprensión de buena cantidad de ellos.

El contenido.

La tesis de maestria que propongo es un manual de fundiciones para este tipo de escuelas, no pretende crear un complejo siderurgico dentro de los talleres, al contrario, aconsejo no rebasar cierto tamaño.

Los equipos (de los que propongo su fabricación en el último capítulo) son pequeños y versátiles, intentar utilizar en una escuela hornos y crisoles mayores redundaría en riesgos mayores a los existentes.

En el primer capítulo de esta tesis deseo abarcar los conceptos necesarios en seguridad para que, aun presentandose algún incidente o contratiempo, las personas que intervengan no resulten dañadas.

La obligatoriedad en el uso de los equipos de seguridad corre a cargo del técnico o maestro, y es su obligación exigir sin excusa su uso así como vigilar el proceso.

si se requirieran piezas de tamaño relativamente grande es conveniente encargar el trabajo a una fundición profesional.

Con el fin de dar elementos para un conocimiento del porque de las cosas en la configuración de las piezas de fundición abro algunos apartados (capítulos II y III) referentes a los aspectos teóricos de los metales tales como: La estructura atómica, cristalización, propiedades de los metales, su proceso de solidificación, deformación plástica, recristalización, trabajo en frío y en caliente y lo que son las aleaciones.

A lo largo del texto (capítulos IV, V, VI, VII, VIII y IX) se abarcan los temas necesarios para trabajar con el molde en arena verde como por ejemplo los criterios en el diseño de la pieza a fundir, tipos y ventajas de los modelos. Las arenas de moldeo, sus formulaciones, sus métodos de prueba, sus propiedades y su proceso o preparación.

No podriamos dejar de describir en ellos las técnicas específicas sobre como fabricar un molde de arena verde y un corazón para el mismo. Además presentamos los criterios para configurar los sistemas de alimentación de las cavidades.

Otro punto importante que trato (en el capítulo X) en esta tesis es el proceso de fundición con modelo perdido, doy mayor énfasis a las técnicas para trabajar con modelos de cera en molde compacto y en molde de cáscara y también el proceso con molde lleno exclusivamente con molde de cáscara.

En el capítulo XI explico de manera sencilla y breve un procedimiento para obtener piezas fundidas pequeñas, a este proceso se le conoce como fundición en hueso de jibia.

Considero que no solo es necesario describir los hornos y equipos y metales de fundición industriales es por eso que en estas páginas doy los parámetros necesarios para poder usarlos y fabricarlos a pequeña escala y cubrir las necesidades en la formación de un pequeño taller de fundición (capítulos XII, XIII y XIV).

El texto ha sido escrito para el técnico o maestro que desea impartir las nociones de lo que sería este taller, así como para los diseñadores que sientan interés en el tema, que tengan deseos de experimentar con esto, inclusive domesticamente, y no sentirse abrumados por la cantidad de recursos tecnológicos y conocimientos teóricos que se ocuparían con otro proceso para obtener un resultado.

CAPITULO I

SEGURIDAD

GENERALIDADES

Aplicar las normas de seguridad e higiene industrial, es hoy en día de vital importancia en la vida productiva de nuestro país, y aplicarlas en los centros de enseñanza es tal vez más importante, ya que estos tienen la facultad de forjar el carácter y las costumbres de los futuros profesionales, y lo que ellos aprendan se verá reflejado en los centros fabriles.

La instrucción con respecto a los aspectos de seguridad e higiene industrial tiene por objeto reducir la posibilidad de accidentes, incendios, enfermedades y riegos profesionales.

El trabajo de fundición es considerado por causas obvias como de alto riesgo, de ahí que numerosas personas que ocupan de este, prefieran no realizarlo y contratan los servicios de un profesional.

Más sin embargo, organizando el trabajo y actuando de acuerdo a las normas de seguridad y al sentido común, podemos estar a salvo de cualquier circunstancia riesgosa e imprevista.

El presente manual está destinado a la enseñanza y por lo tanto deben obedecerse al pie de la letra las normas que se enlistan en el mismo.

El profesor, técnico o responsable de la práctica debe procurar el apego total al concepto de seguridad, tomando en cuenta el carácter estudiantil (soltura y desenfado), es necesario que haga valer su autoridad, incluso con medidas como: reportar o sacar alumnos de la clase.

Si la práctica adquiere un matiz riesgoso puede incluso suspenderla.

Las normas de seguridad e higiene se clasifican en:

- 1.-Seguridad e higiene en instalaciones
- 2.-Seguridad e higiene en maquinaria, equipos y accesorios
- 3.-Seguridad e higiene personales

1.-SEGURIDAD E HIGIENE EN INSTALACIONES

Naturaleza del fuego y causas de incendio.

El manejo de altas temperaturas en las fundiciones hace necesario el conocimiento sobre la naturaleza del fuego y causas de incendio.

El accidente más temido y el que en general causa más desastres es el incendio. El fuego existe cuando están presentes tres elementos: combustible, oxígeno y calor, si un elemento de estos falta, el fuego no se produce.

Las causas más comunes de incendio en una industria son: la electricidad, flama abierta mal utilizada, fumar y/o arrojar cerillos y colillas de cigarrillos sin apagar, chispas producidas por fricción o por combustión, reacciones químicas que produzcan combustión, escape de sustancias inflamables, acumulación de basura, etc

Prevención y combate de incendios.

Las recomendaciones de prevención de incendios se basa en eliminar o reducir los elementos del triángulo de fuego, sin embargo una vez declarado el fuego, se combate en función de su naturaleza, ver tabla (1).

Existen muchos elementos que pueden ser utilizados además de los extintores para combatir el fuego, como: mantas, palas, hachas, arena y otros utensilios.

La prevención para estos riesgos se establece en el reglamento de obras e instalaciones eléctricas de la ley mexicana, el cual, tratando de resumir aconseja:

Tabla 1
TIPOS DE FUEGO

Clase de fuego	Naturaleza del fuego	Tipo de extintores recomendados
CLASE A	Provocado por materiales que forman brasa: papel, algodón, madera, lana, y seda.	De agua a presión. De sosa y ácido sulfúrico, de espuma química y en general cualquier extintor.
CLASE B	Provocado por líquidos, gasolina, pintura, aceites, resinas, etc.	De espuma química. De dióxido de carbono, de polvo químico.
CLASE C	Provocado por equipo eléctrico, motores, tableros, transformadores, cables.	De polvo químico. De aerosol.
CLASE D	Provocado por materiales combustibles que desprenden su propio oxígeno y al contacto con agua producen explosión.	De polvo químico. De aerosol.

Instalaciones eléctricas.

Los accidentes por mal manejo de la corriente eléctrica son también muy comunes en la industria y en los talleres, y como resultado pueden causar daños en la persona, como: Quemaduras,

parálisis de la función respiratoria, sacudimiento parcial o general del cuerpo, parálisis súbita del corazón, pérdida de conocimiento y la muerte.

-Cualquier elemento eléctrico (lámparas, cables, apagadores, interruptores, etc.) deben estar debidamente protegidos y en buen estado, además deben ser operados por personal capacitado.

-Los cables o conductores de electricidad deben ser subterráneos o aéreos.

-Las máquinas deberán tener conexión a tierra para la energía estática.

-los edificios, deberán tener pararrayos para eliminar las

descargas de energía eléctrica de la atmosfera.

-En los sitios donde se manejan sustancias inflamables, las lamparas y los aparatos deben ser a prueba de explosión.

-No se deberá exceder los rangos de trabajo de los implementos eléctricos, ni se deberá alterar el uso de los mismos.

Area de trabajo.

Las zonas de peligro y las areas de trabajo se deben trazar conforme a la norma oficial para los colores de seguridad.

ROJO. Alarmas contra incendio, extinguidores, bombas y redes de tubería contra incendio, cajas o cubos contra incendio.

AZUL. Interruptores y apagadores de motores, tableros y sustancias, transformadores, cajas de conexión y tapas de registro.

NARANJA. Botones de arranque de seguridad, partes expuestas (unicamente aristas) de poleas, engranes, dispositivos de corte, quijadas mecánicas.

NEGRO EN CONTRASTE CON BLANCO. Tránsito de peatones en areas peligrosas, para delimitar areas de trabajo considerando espacio para cada máquina.

VERDE EN CONTRASTE CON BLANCO. Botiquines de primeros auxilios, salidas de seguridad, tableros para boletines de seguridad.

AMARILLO EN CONTRASTE CON NEGRO. Esquinas o bordes de paredes donde se puede chocar con vehículos o bultos, postes o columnas que puedan ser golpeados.

ROJO EN CONTRASTE CON BLANCO. Señales de peligro.

VERDE, AZUL, CREMA EN TONOS CLAROS. Paredes en los lugares de trabajo.

Prevención de accidentes mediante carteles.

Es recomendable la colocación de carteles alusivos a las recomendaciones de seguridad a modo de promoverla, para lo cual conviene:

-Que estén colocados en los lugares donde los trabajadores

permanezcan algun tiempo o circulen mas.

-Deben presentarse en colores atractivos y donde exista buena iluminación.

-Solo exhibirse los mas indispensables.

-Renovarlos periodicamente.

Ventilación.

Con la generación de altas temperaturas en el proceso de fundición es natural que se alcance la temperatura de evaporación de algunos materiales o la reacción de sustancias, la inhalación de estos gases puede ser muy peligrosa, algunos de ellos son: Vapores de zinc, mercurio, hierro, plomo, magnesio, cianuro, cadmio, níquel, cromo, monóxido de carbono, fluorocarbonos, flúoruros además de ollin y polvos.

Para evitar esto es recomendable realizar la fundición en espacios abiertos o si es cerrado, con extractores de aire que permitan una buena ventilación.

Botiquín.

Lo mas práctico es tal vez comprar un botiquín ya equipado con los medicamentos y materiales para situaciones de emergencia, recordemos que su destino sería una fundición y que las quemaduras (leves o intensas) serían tal vez el accidente mas frecuente, por ello es necesario que cuente con gases estériles y soluciones asépticas o agua destilada, así como pomada para las quemaduras. Además deberá tener ilustrado en un lugar perfectamente visible el teléfono o lugar donde se soliciten los primeros auxilios o donde se preste servicio médico de emergencia (ambulancias, bomberos).

Almacenamiento y manejo de sustancias y materiales.

-Es conveniente almacenar materiales y sustancias de manera ordenada y por grupos (pinturas, maderas, solventes, resinas, etc.), cuidando de que estos estén alejados de cualquier fuente de riesgo (fuego, electricidad, etc.)

-Debe evitarse la acumulación de basura, polvo o materiales y sustancias fuera de uso.

-La disposición de los materiales en almacenamiento no debe obstruir el paso a los equipos de emergencia (extintores, mangueras, botiquines) ni ocultar la información de seguridad.

-Los materiales o productos que estén empacados o envasados deberán tener rotulado:

- 1.-Nombre del producto (nombre químico y comercial)
- 2.-Advertencia (precaución, peligro, etc.)
- 3.-Causa específica de advertencia (veneno, inflamable, etc.).
- 4.-Medidas de precaución (use solo en espacios ventilados).
- 5.-Venenos, si lo es (y antidotos).

2.-SEGURIDAD E HIGIENE PERSONAL

Las causas que originan accidentes del tipo personal pueden clasificarse como:

Condiciones inseguras:

Son relativas al medio que rodea al individuo, ejemplo: falta de iluminación, cables de corrientes desnudos, transmisiones motrices defectuosas, vaciar metal fundido en moldes cerámicos húmedos ocasionando que el agua vaporice violentamente en forma de explosión.

Prácticas Inseguras:

Son relativas a los actos de ejecución indebidos de un operario, ejemplo: Pumar en lugares prohibidos, improvisar herramientas, jugar en el trabajo, soplar con nuestros pulmones el polvo para retirarlo del molde, de este modo aspiramos polvos nocivos.

Causas remotas:

Son aquellas relativas al individuo y no son fáciles de eliminar o evitar, ejemplo: miopía, sordera, torpeza.

Tabla 2
EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL
Para trabajar en la sección de fundición, carga y vaciado es necesario:

Equipo suministrado por institución	Equipo propiedad del alumno
Careta de seguridad	Botas (cuero grueso, pref. punta de acero).
Casco de seguridad (metal)	Guantes (carnaza).
Guantes (asbesto)	
Mandil largo (carnaza)	
Polainas o guardapiernas.	
Cota de piel	

Para trabajar en la sección de modelos, moldes y corazones es necesario:

Equipo suministrado por institución	Equipo propiedad del alumno
Lentes de seguridad	Botas (cuero grueso, pref. punta de acero).
Mandil largo (carnaza)	Guantes (carnaza).

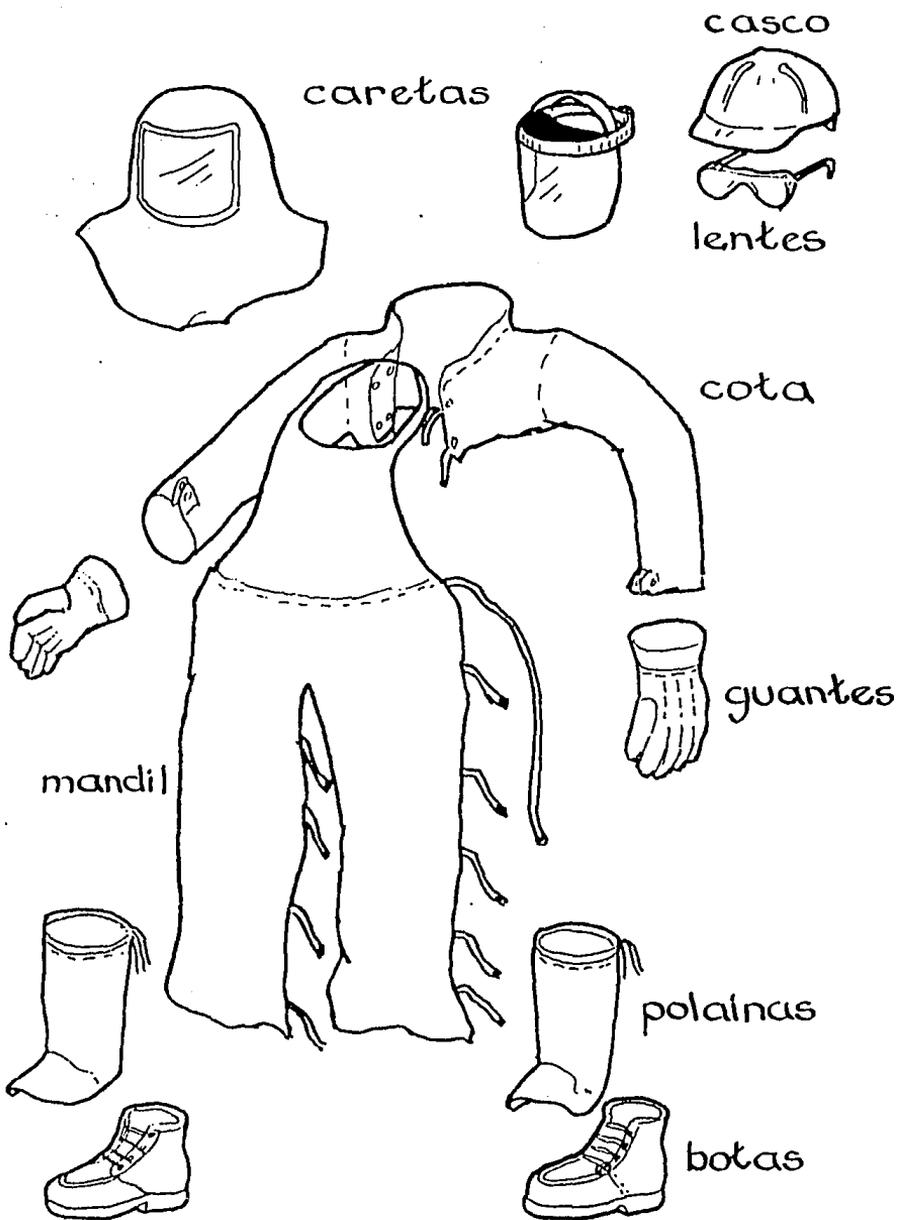


fig 1 Equipo personal de seguridad

Otras causas:

son de diversa índole, ejemplo: irresponsabilidad, distracción, ignorancia y enfermedad.

Las causas se pueden disminuir si somos capaces de encontrar

condiciones inseguras existentes, o que practicas inseguras se cometan, lo cual podemos realizar por sentido común, por experiencia o con la ayuda de personas con conocimiento técnico.

Equipo de seguridad personal.

Existen diferentes trabajos dentro de los procesos de fundición, por lo tanto el riesgo implícito es diferente. El equipo de seguridad personal varía según el nivel de riesgo existente, en cada parte del proceso. ver tabla 2.

3.-SEGURIDAD EN MAQUINARIA EQUIPOS Y ACCESORIOS

Las máquinas y equipos deben tener la protección necesaria y no poner en peligro la integridad del operario, por lo cual estas deben estar debidamente equipadas con accesorios de protección.

Particularmente las partes en movimiento, tales como transmisiones por bandas, engranes, mecanismos, partes neumáticas, etc. A su vez los accesorios de protección deben de ser seguros, estar integrados a la máquina, no poseer filos cortantes, no ser estorbosos, resistentes a un uso normal y de choque.

Otro factor de importancia es el suministro de energía eléctrica a la máquina, debe de ser a través de tubería tipo conduit, que proteja debidamente los cables, y que los motores estén aislados e integrados a la máquina.

La seguridad en los hornos.

1.-Mantenga materiales inflamables a distancia de los hornos

2.-No coloque su cara demasiado cerca de las aberturas del horno.

3.-Proteja el horno de corrientes de aire que modifiquen la dirección de las llamas o que las pueda incluso apagar.

4.-Asegúrese que el área de fundición está bien ventilada, principalmente si es en un espacio cerrado o si el calor del horno es generado por algún combustible.

5.-No utilice tuberías de gas que puedan proveer más de 15 pies cúbicos por hora, a menos que tenga equipo específico para ello.

6.-Revisar que la presión entre el regulador de gas y el quemador no exceda 0.5 pulgadas de presión en la columna de agua.

7.-Pruebe también que las válvulas automáticas de gas cerrarán el suministro del mismo en 20 segundos máximo.

Equipos de manipulación.

Las condiciones del equipo con el que manipulamos materiales a altas temperaturas deben ser óptimas, (horquetas, tenazas, varillas, etc.) si alguno de estos elementos no está en buenas condiciones deséchese, si es que no es posible hacer una correcta reparación.

Estos equipos deben tener la temperatura correcta al tocar los crisoles, ya que de lo contrario pueden ocasionar un choque térmico, ocasionando la ruptura de estos recipientes.

Todo aquello que entre en contacto con un crisol caliente debe precalentarse.

La zona de vaciado debe tener piso de arena suelta, así si el metal fundido cae, no salpicará ni correrá.

LA ESTRUCTURA DE LOS METALES

ESTRUCTURA ATOMICA

Los metales se usan ampliamente porque en la mayoría de las circunstancias:

a) tienen un comportamiento mecánico rígido, pero bajo cierto nivel de esfuerzo estos se comportan plásticamente.

Los metales se convierten en líquidos si se alcanza su punto de fusión, y pueden entonces adoptar alguna forma por medio del proceso de vaciado. En suma los metales son superiores a los materiales no metálicos gracias a la facilidad con que pueden ser trabajados.

Para un conocimiento adecuado de la constitución de los metales y de sus usos, fabricación y tratamiento, es necesario conocer algunos aspectos referentes a sus átomos, el cual constituye la estructura unitaria fundamental de los metales y contiene además sus características químicas.

El átomo no es un cuerpo sólido, este está constituido por un denso núcleo de protones cargados positivamente y de neutrones sin carga. El núcleo es muy pequeño, aprox. 10^{-13} de pulgada en su diámetro, la nube de electrones que lo rodea es de 20 a 40000 veces más grande, constituyéndose principalmente de espacio vacío, esta nube está cargada negativamente. No es del todo equivocado pensar en el átomo como un sistema solar en miniatura con el sol como núcleo y los electrones como planetas, ver fig. (2).

La carga positiva del núcleo balancea exactamente la nube negativa de los electrones, y el

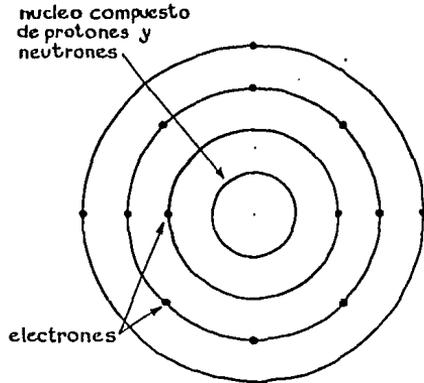


fig. 2 Concepto teórico del átomo

átomo se mantiene unido gracias a las fuerzas de atracción entre lo positivo y lo negativo.

Los electrones de un átomo revolotean alrededor del núcleo en una órbita definida, cada órbita asociada con un nivel de energía particular. Un electrón en la órbita más interna posee la más pequeña cantidad de energía.

Se le debe suministrar energía a ese electrón para que alcance una órbita más lejana del núcleo y un nivel de energía más alto, así mismo cuando un electrón cae de una órbita externa a una interna, pierde energía.

Cuando los átomos se encuentran agrupados de manera muy cerrada, como en el estado cristalino, los electrones son atraídos no únicamente por el núcleo del átomo al cual pertenecen, sino también por los núcleos de los átomos vecinos. Esta

interacción es la base de la resistencia y rigidez de los materiales sólidos.

En los metales, los electrones de las órbitas más externas se liberan fácilmente a sí mismos de sus átomos, y pueden pasar rápidamente a otro átomo; están tan compartidos, que se puede decir que no están asociados a un átomo individual permanentemente.

Es ese compartir de electrones lo que le da a los metales sus propiedades, como la conductividad térmica y eléctrica, lo que los distingue de otros materiales.

CRISTALIZACION

Los átomos de metal en estado líquido se mueven libremente, pero cuando la temperatura se reduce pierden energía y su movimiento decrece lentamente hasta que el estado de inmovilidad es alcanzado.

En ese punto la energía de movimiento comienza a ser excedida por la fuerza de atracción entre los átomos, la cual tiende a unirlos en un orden o patrón cristalino definido.

Cuando el núcleo comienza a solidificar, grupos de átomos tienden a formar núcleos (cristales diminutos) simultáneamente en varios puntos del líquido, y esos núcleos de cristales incrementan su tamaño con la adición progresiva de más átomos.

REDES CUBICAS Y HEXAGONALES.

Cuando ocurre la solidificación, el núcleo del cristal crece hacia afuera en diferentes direcciones y los átomos tienden a adquirir una posición en una geometría definida la cual es conocida como red cúbica, esta, es de tan pequeñas dimensiones que no puede ser enfocada por métodos ordinarios de microscopía. Las principales redes son :

Redes cúbicas de caras centradas
Redes cúbicas de cuerpo centrado
Redes hexagonales

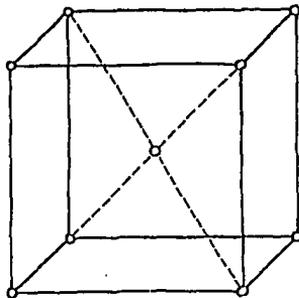


Fig. 3 Red cúbica de cuerpo centrado

A temperatura ambiente la red cúbica de cuerpo centrado corresponde a algunos de los metales comunes más resistentes: Cromo, hierro, molibdeno, tungsteno, vanadio, ver fig. (3)

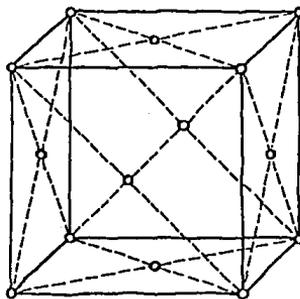


Fig. 4 Red cúbica de caras centradas

Metales dúctiles como el aluminio, cobre, oro, plomo, níquel y platino cristalizan de acuerdo con la red cúbica de caras centradas, ver fig. (4).

Los metales que cristalizan en la forma de red hexagonal son: antimonio, berilio, cadmio, cobalto, magnesio, titanio y zinc. Los metales de este último grupo generalmente carecen de plas-

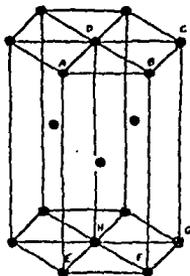


Fig. 5 Red hexagonal, formación típica del zinc y magnesio

ticidad o pierden plasticidad rápidamente durante el formado en frío, ver fig. (5).

La red cúbica de cuerpo centrado se puede considerar como representativa de la unidad celular mas pequeña posible ya que este es el agrupamiento de átomos mas pequeño, característico de las formaciones cristalinas respecto a las redes.

La formación de las redes y por lo tanto de los cristales, resultan de la multiplicación de esas unidades celulares en todas direcciones, a lo largo de sus ejes y en ángulo recto unas de otras, el crecimiento de estas redes puede compararse a la de los árboles, es decir, tronco, ramas grandes y ramas chicas.

Los átomos que constituyen las redes, están separados por intervalos definidos en un patrón repetitivo, y toman su posición gracias a las fuerzas de atracción y repulsión que actúan entre ellos. Por ejemplo cada átomo en el interior de una red cúbica de cuerpo centrado es rodeado por ocho átomos equidistantes, cada uno separado de este por una distancia de la mitad de la diagonal

del cubo. Y es por lo tanto mantenido en equilibrio por esas ocho fuerzas niveladas.

La atadura atómica repetitiva puede ser considerada análoga a los resortes que pueden resistir esfuerzos tanto de compresión como de tensión. Cuando el esfuerzo es moderado las ataduras se estrechan o se contraen, pero si el esfuerzo es incrementado ya sea por tirones, golpes de martillo o rolado, es posible romper algunas de esas ataduras produciéndose una deformación permanente del metal.

Durante el calentamiento, la red se expande porque esta se afloja. La desintegración de la red ocurre cuando se alcanza el punto de fusión.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS DE LOS METALES

Los metales no actúan como moléculas individuales o iones. Sus propiedades características son determinadas por las ataduras metálicas, ataduras causadas por el hecho de que todos los átomos en un metal comparten todos los electrones exteriores (o de valencia).

De esta manera, las propiedades que son las mas útiles en los metales pertenecen al metal en general y no al átomo individual o a una sola molécula, ver fig. (6)

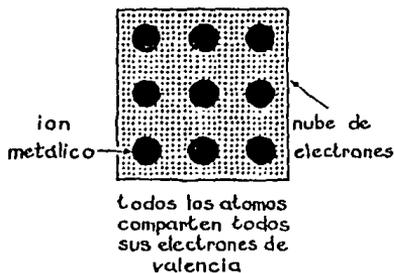


Fig. 6 Atadura metálica

PROPIEDADES MECANICAS

Las propiedades mecánicas o de trabajo son las más importantes para los ingenieros y metalurgistas porque ellas determinan la aptitud de una parte metálica para resistir roturas o rasgaduras cuando una fuerza mecánica es aplicada.

Resistencia a la compresión.

Es la medición de la capacidad por unidad de área de un material para soportar compresión (como en los pilares y soportes) sin falla.

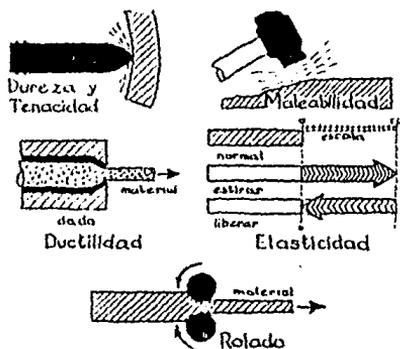


Fig. 7 Propiedades mecánicas de los metales

Normalmente las pruebas para determinar este valor se efectúan en prensas hidráulicas y el resultado de estos estudios se expresan en : Kg/mm², Lbs/pulg² (PSI), N/mm², Pa(=Nm²).

Resistencia a la tensión.

Es la medición de la carga máxima normal por unidad de área que un material puede resistir sin ruptura. Las pruebas de los materiales se realizan igual que en el caso anterior con prensas hidráulicas solo que el material se somete a

tensión, los valores que se manejan son los mismos.

La resistencia a la tensión es conocida también como resistencia máxima o resistencia última. Encontrándose un metal en su punto más bajo cuando ha sido rececido.

Dureza.

Es la capacidad para resistir penetración o para soportar abrasión.

Los métodos para medir la dureza de un material en general funcionan bajo el mismo principio: forzando un penetrador en la superficie del material bajo prueba con un peso o carga determinada.

El método Rockwell A es tal vez el más usado para medir la dureza de los metales, el penetrador utilizado es un punta cónica y el parametro a medir es la profundidad de la huella dejada, el sistema rockwell B utiliza una esfera de acero pero también se mide la profundidad.

El método Brinell utiliza también una bola de acero pero de mayor tamaño, en este caso lo que se mide es el diámetro de la impresión dejada.

El método Vickers utiliza un penetrador con punta en forma piramidal y el parametro a medir es la diagonal dejada en la impresión.

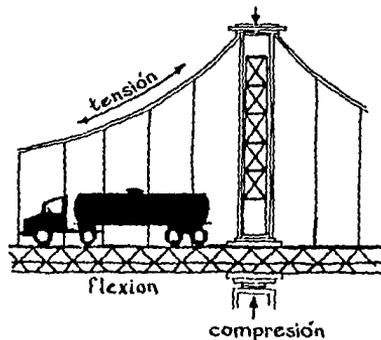


Fig. 8 Propiedades mecánicas en aplicaciones específicas

Tenacidad.

Es la capacidad de un material para resistir un golpe repentino, estando en relación directa con la resistencia al impacto.

Maleabilidad.

Es la propiedad de un material de ser permanentemente deformable por rolado, forjado, extrusión etc., sin ruptura y sin un pronunciado incremento en resistencia a la deformación aún después de haber realizado estas operaciones cosa que no sucede con la ductilidad.

La maleabilidad generalmente se incrementa a elevadas temperaturas. Algunos metales maleables son por ejemplo el aluminio, cobre, oro, magnesio y plata, todos los cuales pueden ser rolados en delgadas láminas sin requerir altas temperaturas, materiales como el acero se consideran menos maleables ya que para ser por ejemplo forjados necesitan ser calentados (ver pag. 29 y 30 deslizamiento y deformación plástica).

Ductilidad.

Es la propiedad que permite la deformación permanente de un material por un esfuerzo a la tensión y sin presentar ruptura. La ductilidad determina el grado al cual un metal puede ser trabajado en frío sin romperse. Algunos ejemplos pueden ser: La fabricación de alambres y la hechura de guardafangos curvos de automóviles. Los metales son dúctiles porque los átomos no están unidos directamente, ya que simplemente se mantienen juntos gracias a los electrones libres, así, las filas de átomos pueden deslizarse unas sobre otras fácilmente sin separarse.

Resistencia al Impacto.

Es el modo de medir la capacidad de un metal para resistir un impacto sin romperse.

La prueba para determinar esta resistencia se realiza dejando oscilar un péndulo con cierto peso sobre una probeta del material específico, su unidad de medición pueden ser los grados izod o lbs/pe.

Fatiga.

Es el fenómeno de fractura progresiva de un material por la propagación de fisuras bajo ciclos repetitivos de esfuerzo.

Límite elástico.

Es el límite de un esfuerzo aplicado, el cual si es excedido causará una deformación permanente. También se le conoce como resistencia a la flexión. Las pruebas y unidades de medición son similares a las de resistencia a la tensión.

Deslizamiento (creep).

Es la lenta deformación permanente en un espécimen metálico producida por una fuerza relativamente pequeña, por debajo del límite elástico, durante un largo periodo de tiempo, ver fig.(7) y fig. (8).

PROPIEDADES FISICAS

Conductividad eléctrica.

Es la capacidad de un metal para conducir corriente eléctrica; esta es recíproca a la resistencia eléctrica.

Los metales puros poseen una conductividad eléctrica mas alta que las aleaciones. Los metales conducen electricidad porque en sus átomos los electrones exteriores son libres de moverse en un campo electrico. La energía eléctrica es conducida en forma de ondas, estas ondas son capaces de pasar a través de una disposición regular de obstáculos, pero no a través de una disposición irregular. Por esta razón la conductividad eléctrica es mucho mas alta en metales puros que en metales calientes o aleaciones, en las cuales los átomos no tienen una disposición regular, ver fig. (9).

Conductividad térmica.

Es la capacidad de un metal de conducir calor. La conductividad térmica de los metales es alta porque los electrones libres pueden transferir energía térmica.

Punto de fusión.

Es la temperatura a la cual la fase sólida de una substancia cambia a fase líquida. Los metales

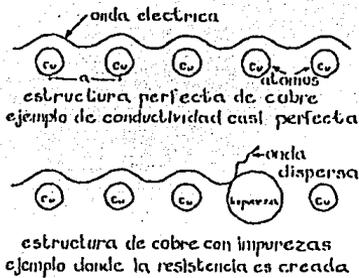


Fig. 9 Teoría de la conductividad

puros, eutécticos y algunos componentes intermedios se funden a temperaturas constantes. La mayoría de las aleaciones funden en un rango de temperaturas.

Densidad.

Es el peso por unidad de volumen de una sustancia.

Color.

Es la sensación producida en el ojo humano por la luz de una longitud de onda específica.

En la práctica metalúrgica, el color es usado para describir la apariencia superficial de un metal, la cual es determinada por la aptitud del

metal de absorber o reflejar luz de varias longitudes de onda.

Propiedades magnéticas.

Estas se limitan a los llamados metales ferromagnéticos. Estos incluyen únicamente: Hierro, cobalto, níquel y ciertas aleaciones de estos metales o de manganeso y cromo.

PROPIEDADES QUIMICAS

Oxidación.

En el sentido estricto, cuando el término es usado en el lenguaje de la fundición, es la combinación de un elemento con oxígeno para formar un óxido, o la combinación de un óxido con más oxígeno para formar un óxido más alto.

Reducción.

En términos de metalurgia, es la remoción parcial o completa de oxígeno de un óxido.

Corrosión.

Es un ataque químico no deseado en un metal y consecuentemente representa un desperdicio de metal. Esta puede ser atmosférica submarina, subterránea o electrolytica.

tabla 3
COMPARACION DE ALGUNAS DE LAS PROPIEDADES DE ALGUNOS METALES

Metal	Densidad Kg/dm ³	Punto de fusión	Resistividad ohms.mmm ² /m	Módulo elástico	Resist tensión PSI
Acero dulce	7.85	1400 C	0.13	210 000	14496-21750
Aluminio	2.6	658 C	0.0278	70 000	8698-10149
Bronce	8.0	900 C	0.065	90 000	8698-13050
Cobre laminado	8.9	1083 C	0.0175	110 000	5074- 7248

EL PROCESO DE SOLIDIFICACION EN LOS METALES

La transición de un metal del estado líquido al sólido toma lugar en dos etapas.

En la primera etapa algunos átomos se acomodan en la disposición geométrica característica del metal, y cuando solidifican dejan a su alrededor una parte de la energía con la cual podrían moverse libremente en estado líquido.

Por lo tanto esos átomos se vuelven relativamente estables y sirven como núcleo del cristal, al cual los otros átomos son atraídos en la misma disposición geométrica para así formar el cristal, ver fig. (10a)(10b)(10c).

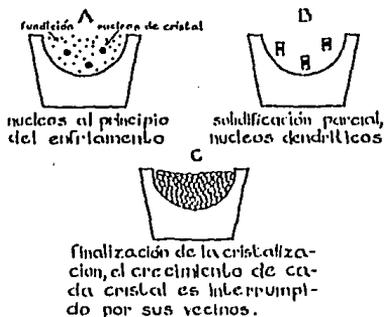
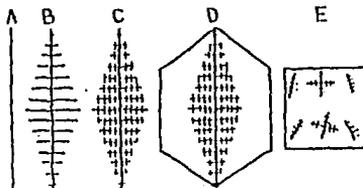


Fig 10 etapas de la cristalización

Durante la segunda etapa de crecimiento del cristal los cristales incrementan su tamaño a lo largo del metal fundido por la atracción que ejercen sus redes sobre otros átomos, siendo este crecimiento en forma de brazos a través del líquido.

Otros brazos crecen sobre estos primeros formando ramas, sobre las cuales crecen espinas.

Este sistema de crecimiento tiene como resultado la formación de esqueletos de cristales los cuales semejan árboles de coníferas por lo cual son llamados dendritas, ver fig. (11).



- A: formación del primer eje
 - B: aparición rápida de ejes secundarios
 - C: aparición rápida de ejes terciarios
 - D: dendrita completa una vez que sus intersticios han sido llenados
 - E: segregación dendrítica en el acero
- Fig 11 Formación de una dendrita

Este sistema dendrítico se desarrolla dentro del líquido del mismo modo que los árboles dentro de un bosque, pero durante la formación de estos esqueletos del cristal, los troncos se extienden en todas direcciones, no únicamente de abajo hacia arriba como en el caso de los árboles. La dimensión de un grano cristalino normal de un metal es de 0.004 a 0.008 pulgadas, que es aproximadamente una hilera de 520000 átomos.

Las dendritas frecuentemente pueden ser vistas en la superficie del acero por ojos experimentados cuando este se enfría lentamente.

Eventualmente, los cristales adyacentes se encuentran e interfieren unos con otros. Como resultado de esta interferencia mutua en todas partes, la forma externa de los cristales después de que se ha completado la solidificación es geométricamente irregular.

FORMACION DE LA ESTRUCTURA DE LOS CRISTALES

La nube de electrones móviles cargada negativamente sirve como una especie de pegamento móvil que adhesion a los iones positivos del metal por atracción electrostática.

Como resultado se forma una masa compacta, cuya estructura y volumen depende en gran medida de la geometría de las redes cercanas.

En los metales puros donde estas redes son semejantes en tamaño, la formación de la estructura cristalina es simple. En algunas aleaciones hay cierta diferencia en el tamaño de los átomos y consecuentemente diferentes estructuras y un acomodo mas denso.

Ya que los electrones libres funcionan como un pegamento universal para todos los átomos, los cristales metálicos son libres de las restricciones de las valencias químicas, las cuales son muy importantes en la mayoría de las sustancias no metálicas.

La fuerza de cohesión de los límites del grano en los metales es excesivamente alta porque los diferentes cristales metálicos pueden ser unidos rapidamente por sus electrones libres, por lo tanto es extremadamente difícil romper un metal frío a lo largo del límite de sus granos si estos límites no han sido contaminados con impurezas.

En un cristal perfecto todos los átomos serían idénticos y tendrían posiciones correctas, aunque esto es imposible porque:

1.- Los átomos vibran a cualquier temperatura, eso evita que adopten una posición estacionaria y correcta en la estructura de la red.

2.- En la estructura de los cristales existen espacios libres que tienden a ser ocupados por átomos, el número de espacios libres se incrementa conforme se incrementa la temperatura, exi-

tiendo un espacio libre por cada 400 a 1000 átomos en el punto de fusión.

Se puede considerar que estos espacios circulan muy lentamente en un cristal; lo que realmente sucede es que el átomo adyacente ocupa este lugar, dejando vacante el sitio donde se encontraba. De esta manera si un átomo se mueve a un espacio libre hacia la izquierda, el espacio parece moverse a la derecha. De esta manera la presencia de espacios libres permite la circulación de átomos en los cristales hasta llegar a las partes externas, ver fig. (12).

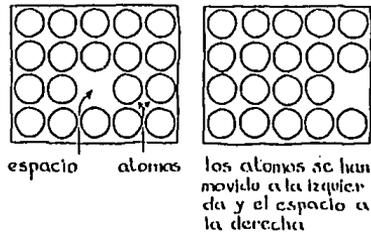


Fig 12 Circulación de átomos en los espacios de una formación cristalina

CRISTALES Y GRANOS

Aunque el metalurgista tiene pocas ocasiones en la práctica de distinguir los cristales del grano, es conveniente aclarar que existen diferencias técnicas entre ellos.

Un cristal es un sólido homogéneo con una estructura geométrica regular, peculiar del elemento, compuesto o mezcla isomorfa, del cual está compuesto.

Dentro de cada cristal los átomos están dispuestos de acuerdo a un patrón característico.

Un grano es una estructura mas grande formada tanto por acumulaciones del metal fundido como por la unión de cristales. A pesar de que cada una de las partículas que componen un grano tienen una forma geométrica definida, la forma externa del grano es usualmente no simétrica porque se forman superficies irregulares debido a la interferencia mutua de cristales adyacentes durante la cristalización.

La solidificación del bismuto ilustra claramente lo mencionado.

Si el bismuto fundido es enfriado rapidamente, cada partícula sólida individual que aparece tiene una forma cúbica regular, la cual es característica del bismuto; cada una de esas partículas es un cristal. En cuanto los cristales se atan unos con otros las estructuras resultantes (mas grandes) son granos.

El acero y la mayoría de los metales industriales no llegan a formar cristales regulares, pero como consecuencia de la agregación de granos formados irregularmente.

En cada grano hay solo una y continua orientación en la disposición de los átomos. Obviamente la orientación en los granos adyacentes debe ser diferente, porque de otra manera los granos se fusionarían.

El acero difiere de la mayoría de los otros metales en que en este pueden existir cualquiera de los tipos de redes, existiendo una amplia variedad en el tamaño, forma y constitución de los granos, de acuerdo al tipo de acero.

Las propiedades características del acero y de otros metales y aleaciones también son determinadas por la estructura de su grano.

Las sustancias amorfas son aquellas que no presentan una estructura cristalina, ya que los átomos de los cuales están compuestas no están dispuestos de la manera geométrica como lo están en las redes.

Una sustancia amorfa no tiene un punto de fusión definido como lo tiene un metal u otras sustancias cristalinas, se reblandecen gradual-

mente conforme se eleva la temperatura hasta que su viscosidad baja a un punto que el material fluye.

El vidrio y la breá son los ejemplos típicos de los materiales amorfos y pueden considerarse como soluciones sólidas que aún enfriándose a cualquier grado, no existe cristalización dentro de ellos.

LOS LIMITES DEL GRANO

Es una capa de únicamente algunos átomos de grosor, la cual constituye la zona de contacto entre los granos adyacentes, teniendo diferentemente orientadas sus redes.

Como resultado de la interferencia entre los granos diferentemente orientados durante el proceso de solidificación, los átomos del límite del grano no están acomodados de acuerdo al patrón geométrico característico del metal, ver fig. (13).

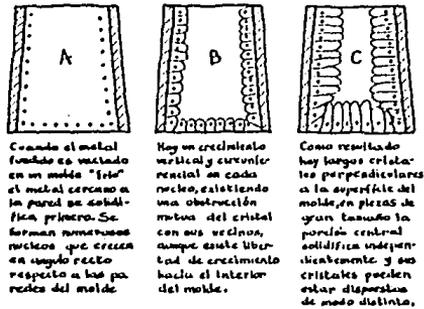


Fig 13 Formación de cristales en un molde frío

Por lo tanto, el metal en el límite del grano tiene diferentes características del metal del interior del grano.

A temperatura moderada el límite del grano es mas duro que el interior del grano. Sin embargo a

altas temperaturas el efecto de esa diferencia es importante ya que las ataduras atómicas que unen a los átomos que no están en orden son las primeras en soltarse.

Los átomos en desorden adquieren libertad de movimiento cuando las ataduras se pierden, y el metal tiende a ceder o fluir cuando se le aplica un esfuerzo, bajo esas condiciones el límite del grano es la parte más débil del metal.

EFFECTO DEL INDICE DE ENFRIAMIENTO EN EL TAMAÑO DEL GRANO

El índice de enfriamiento es de gran importancia porque este gobierna el tamaño, forma y orden de los granos en una fundición metálica. En secciones que son enfriadas lentamente hasta el rango de solidificación, el grano que comienza en un lado incrementa su tamaño hasta que encuentra otros granos que han empezado del otro lado, la estructura resultante es de grano grueso. Si el enfriamiento es rápido, como en el caso de secciones delgadas, o si el metal es vaciado en moldes con enfriadores, la solidificación comienza en un gran número de puntos, y se desarrolla un mayor número de granos, siendo la estructura resultante de mayor finura.

Si es necesario un mayor control del tamaño del grano, un material ajeno como la alumina, puede ser adicionado a la fundición para proveerle núcleos de cristalización adicionales.

DISPONIBILIDAD DE METALES

De los 102 elementos que han sido aislados aproximadamente 70 son metálicos, y aproximadamente 40 de ellos son usados comercialmente.

Únicamente 8 elementos son usados comúnmente en aleaciones de ingeniería: aluminio, cobre, hierro, plomo, magnesio, níquel, estaño y zinc; los otros 32 no son considerados metales básicos de ingeniería porque su abasto no es suficiente o porque su extracción de los yacimientos es muy costosa. De cualquier modo esos metales son importantes en metalurgia ya que gracias a ellos se pueden imprimir importantes propiedades a muchas aleaciones.

Algunos de los más importantes son el antimonio, berilio, calcio, cobalto, cromo, manganeso, mercurio, molibdeno, titanio, tungsteno, vanadio y zirconio, algunos de esos metales no se encuentran en el país y deben ser importados.

De los metales básicos de ingeniería únicamente el aluminio, hierro y magnesio están presentes en la corteza terrestre en más de un 2%. Se encuentran en combinación física o química con otros elementos, deben ser extraídos de sus yacimientos y purificados para poderse usar. Algunos de los metales más útiles, incluyendo el cobre, plomo y zinc están presentes en grandes cantidades aunque no tanto como el aluminio, hierro y magnesio. Metales como el oro, platino y plata existen pero en cantidades relativamente pequeñas.

COMPARACION DE PLASTICOS Y METALES EN APLICACIONES DE INGENIERIA

Ventajas de los plásticos
-baja densidad.

- gran resistencia eléctrica.
- baja conductividad térmica.
- alta capacidad de amortiguamiento.
- facilidad de proceso (relativa al plástico).
- colores ilimitados (no todos los plásticos).
- transparencia (no todos los plásticos).
- alta resistencia al ataque químico (no todos los plásticos).

Ventaja de los metales.

- alta resistencia mecánica.
- alto módulo de elasticidad.
- menor expansión térmica.
- bajo fluido en frío.
- alta resistencia al calor.
- alta dureza.
- baja absorción de agua.
- ductilidad.
- tratable para cambiar sus propiedades.
- adecuación de la estructura del material para variar:
 - resistencia, dureza y costo.

DESLIZAMIENTO, DEFORMACION PLASTICA Y RECRISTALIZACION

La resistencia de un metal es determinada parcialmente por la cantidad de deformación necesaria para iniciar una deformación plástica y por ende un deslizamiento de los átomos. Por debajo de esa cantidad de deformación se dice que es elástica: el metal regresa a su forma y condición original cuando la fuerza externa es removida.

Si rebasamos esa cantidad de deformación, la fuerza causa que los planos de los cristales metálicos cambien de lugar unos con respecto a otros, ese cambiar de lugar es conocido como deslizamiento.

DESLIZAMIENTO Y DEFORMACION PLASTICA.

El deslizamiento depende del grado de perfección en que se encuentra la estructura repetitiva del cristal metálico, lo cual permite a los átomos del plano del cristal separarse de los átomos vecinos originales correspondientes al plano adyacente; así, podemos decir que un plano se desliza sobre otro y que los átomos cambian de vecinos.

Gracias a que los cristales están hechos de estructuras repetitivas, las nuevas ataduras son idénticas a las antiguas y las propiedades estructurales internas del cristal se mantienen.

La disposición de los átomos en las redes metálicas es determinante para el deslizamiento. Se puede considerar que varios grupos de planos paralelos pasan a través del grano, y todos los átomos del grano deben necesariamente estar en algún plano de cada grupo. Dependiendo del tipo de red, cierto grupo de planos paralelos son más proclives al deslizamiento.

Usualmente son aquellos grupos en los cuales los planos paralelos están separados por una gran distancia y contienen a su vez una gran cantidad de átomos por unidad de superficie.

Esto puede ser explicado por el hecho de que las ataduras interplanarias de los átomos son más largas y la fuerza cohesiva de los planos separados por grandes distancias más débil, mientras que los planos con una gran densidad atómica son los más fuertes ya que las ataduras de sus átomos son más cortas.

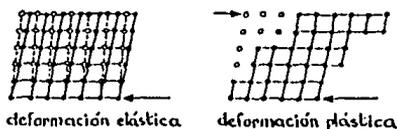
Cuando el empaquetamiento de los átomos dentro del plano es muy estrecho, los planos en sí mismos tienden a resistir el desplazamiento, mientras que la relativamente débil atadura que existe entre dos planos paralelos cede al esfuerzo produciéndose un deslizamiento.

Los metales que cristalizan bajo el patrón cúbico de caras centradas tienen por ejemplo doce planos de deslizamiento, resultando este de relativa facilidad.

El deslizamiento comienza en aquellos granos en los cuales un grupo de planos propensos a un fácil deslizamiento esta orientado hacia la fuerza aplicada (aprox. 45 grados), la red cristalina completa adopta una dirección en la que el plano tiende al paralelismo con la dirección de flujo. Cuando el deslizamiento se incrementa en el plano que ha empezado, se desarrolla una resistencia al mismo. Cuando la resistencia se ha incrementado suficientemente en ese primer plano para detener el deslizamiento, el esfuerzo repercute en los planos paralelos adyacentes, y estos progresivamente comienzan a deslizarse. Este progresivo deslizar de planos paralelos es el que determina la ductilidad de un metal, esta es mayor en aquellos metales que tienen el mayor número de planos deslizantes. Cuando un grano se deforma de esa manera es necesario ejercer presión hasta que los granos adyacentes inicien su propio deslizamiento, ver fig. (14).

El efecto es similar al desplazamiento producido en una pila de cartas a la cual se le presiona horizontalmente de tal modo que las cartas se deslizan unas sobre otras.

La resistencia ofrecida al deslizamiento y consecuentemente a la deformación, es el resultado



- localización de los átomos antes de la deformación
- localización de los átomos después de la deformación

Fig 14 Deformación de una estructura metálica simple

de cambios producidos en las posiciones relativas de los átomos y por ende en sus fuerzas interatómicas.

Cuando el deslizamiento ya ha empezado en los granos que estan favorablemente orientados, en otros granos que no están favorablemente orientados, se ejerce un efecto retardante al deslizamiento inicial, ya que para iniciar en ellos el deslizamiento se requiere una gran fuerza, así en general la resistencia al deslizamiento es mayor. Todavía habrá mas resistencia si tomamos en cuenta los límites de los granos cuyos átomos no estan dispuestos del mismo modo que la red cristalina, pero que son mas resistentes que el grano en si. Eventualmente el deslizamiento no esta restringido a los planos mas favorables a ello, también puede abarcar otros planos.

Conforme el deslizamiento se incrementa, se incrementa la resistencia al corte hasta que el deslizamiento termina.

Esta simple explicación de la deformación plástica y el deslizamiento es tan solo para dar una idea del fenomeno. Actualmente esta materia de estudio es mucho mas complicada.

La característica de los metales de autodetener su deslizamiento y la tendencia de los fragmentos adyacentes de mantener sus ataduras en vez de separarse (fracturarse), son la principal característica de la deformación en los metales.

Un metal suave es aquel que ofrece poca resistencia a la deformación ya que el deslizamiento se produce rapidamente en él; cuando cualquier cosa interfiere el deslizamiento, la dureza del material se incrementa y se torna mas difícil la deformación.

Un ejemplo lo tenemos si comparamos la ferrita (casi hierro puro) con el acero, la ferrita contiene menos de 0.05% de carbono y menores cantidades de otros elementos, gracias a esto los cristales tienen una estructura que permite el deslizamiento rapido y la ferrita es de consistencia suave. Si agregamos carbono por un procedimiento siderúrgico se convierte en acero, y si este se enfria rapidamente, obtenemos un producto mas duro.

Con esta adición de carbón obtenemos la formación de partículas de perlita, que es una mezcla de ferrita y carburo de hierro, esas partículas que son más duras que la ferrita, interaccionan con el deslizamiento y lo hacen autodetenible, de ahí que el acero sea más duro que la ferrita.

El punto al cual se incrementa la dureza depende de la finura de la estructura interna de los granos de perlita.

Cualquier deformación o distorsión dentro de las redes incrementa la resistencia de las mismas a la deformación plástica así como la dureza.

DISLOCACIONES.

Las dislocaciones son irregularidades en la estructura de los cristales que permiten que el deslizamiento se efectúe más fácilmente. Los metales que tienen grandes dislocaciones logran un fácil deslizamiento y por lo tanto son más suaves. El cobre, el aluminio y el oro son extremadamente suaves debido a sus grandes dislocaciones; la disposición de sus estructuras y la atadura de sus electrones libres, permiten a sus átomos deslizarse sobre otros con relativa facilidad. La dureza se puede incrementar bloqueando sus dislocaciones. Al añadirlos se introducen átomos extraños, los cuales forman grupos que ofrecen resistencia a las dislocaciones. El duraluminio es un ejemplo de lo que se logra con las aleaciones.

Las dislocaciones se acumulan en los límites del grano, así si reducimos el tamaño del grano se incrementará la dureza del metal. El endurecido (ver siguiente apartado) con el cual el metal adquiere resistencia a un mayor deslizamiento, se logra con la creación de nuevas dislocaciones. Cuando hay un número suficiente de ellas, se mueven de modo que interceptan los planos de deslizamiento, eso obstruye el movimiento de unos con otros previniendo un deslizamiento mayor.

TRABAJO EN FRIO

El endurecido se presenta en un metal cuando un trabajo de cualquier clase, ya sea doblado, rolado, martillado, estirado, corte o por el estilo, se realiza a una temperatura inferior a la de recristalización.

Cualquier trabajo que es realizado a tales temperaturas se llama trabajo en frío y el resultado de esto se llama trabajo de endurecido. Un buen ejemplo de esto es un trozo de alambre de cobre, cuando el alambre se dobla por vez primera es bastante suave, pero si se dobla repetidamente en el mismo punto, el doblado se torna más difícil, el cobre se vuelve más duro y quebradizo hasta que finalmente se rompe.

En cierto modo la medida de la ductilidad de un metal es la cantidad de trabajo en frío que se puede realizar en él.

El trabajo en frío puede hacerse deliberadamente a fin de obtener mayor dureza en nuestra pieza de metal, por ejemplo: El estirado de un alambre de cobre y el rolado en frío del acero. En ocasiones el trabajo en frío endurece tanto el metal que es necesario reblandecerlo para poder seguir trabajándolo.

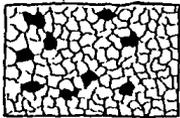
RECRISTALIZACIÓN Y CRECIMIENTO DEL GRANO.

Quando un metal ha sido trabajado en frío en gran medida, sus granos se deforman y rompen, y el metal, como resultado, se encuentra en estado de tensión interna. Esta tensión puede eliminarse por medio del recocido (calentamiento), ya que la energía extra que se imparte a los átomos por medio del calor, les proporciona poder de

movimiento, y ellos tienden a regresar a una posición normal y estable.

Cuando la temperatura es elevada, parte de la tensión se pierde sin que el metal cambie apreciablemente en un principio sus resistencia y dureza.

Cuando la temperatura sube aun mas, se alcanza un punto en el cual se forman nuevos nucleos entre los granos deformados, y si el metal permanece a esa temperatura suficiente tiempo aparece el fenomeno de recristalización y nuevos granos cristalizan de los viejos granos deformados en el metal sólido del mismo modo como lo harian del metal fundido, ver fig. (15).



estructura original
los granos de ferrita están
nucleados con granos de per-
lita (arroz obscuro)



despues de rodar
los granos se alargan des-
pues de rotarse



despues de calentar
el recalentamiento ocasiona
que los granos de ferrita
recristalizan su forma original
como que no sufre con los
granos de perlitita

fig 15 Resultado del rodado y recalentado

La formación de los nuevos granos tiene lugar en las partes donde la deformación plástica ha ejercido mayor tensión, generalmente en los límites del grano.

Cuando todos los viejos granos han sido remplazados por nuevos, la recristalización se considera completa.

La temperatura de recristalización varia de acuerdo a como se haya trabajado la pieza para lograr su endurecido, también de acuerdo al tamaño original del grano antes de la deformación, así como que tanta deformación se logro. La línea de los granos se incrementa si anteriormente a la recristalización se incrementó la deformación. si el metal alcanza una

temperatura mayor a la necesaria para la recristalización y se mantiene suficiente tiempo, los granos formados por recristalización comienzan a crecer rapidamente; esto se llama crecimiento del grano, y es una continuación del proceso de recristalización. El tamaño que los cristales alcanzan depende en gran medida de la temperatura a la cual el metal es calentado; si el metal se mantiene a esa temperatura por un periodo mas grande de tiempo del requerido para ese máximo crecimiento, no hay un crecimiento adicional.

Si se permite que la temperatura alcance un nivel excesivamente alto, los cristales tendrán un tamaño excesivamente grande, teniendo como consecuencia un debilitamiento del metal. Un ejemplo interesante de esto es el filamento de tungsteno de una lampara incandescente. El filamento opera a una temperatura considerablemente mas alta que la requiere para recristalizar, el crecimiento del grano en un filamento de tungsteno puro es excesivo y tiene como resultado una debilidad tal que se rompe por la fuerza que la gravedad ejerce sobre el. Para solucionar este problema, se le agrega torio al tungsteno para inhibir el crecimiento del grano; el grano mas pequeño que resulta de esto produce un metal mas fuerte.

TRABAJO EN CALIENTE

El trabajo en caliente así como el rodado en caliente o forjado en caliente, consiste en trabajar el metal a una temperatura mayor a la de recristalización.

A pesar de que los granos estan siendo deformados y rotos constantemente, otros nuevos se forman constantemente para ocupar el lugar de los primeros. El resultado del trabajo en caliente es por lo tanto el mismo que el del trabajo en frio seguido de un recocido. Algunos metales como el plomo, cadmio, estaño y zinc no se endurecen trabajandolos a temperatura ambiente ya que sus temperaturas de recristalización están por debajo de la temperatura ambiente y el trabajo que se les hace es en si un trabajo en caliente.

ALEACIONES Y DIAGRAMAS DE CONSTITUCION

GENERALIDADES.

Ya que la mayoría de los metales puros son demasiado blandos para destinarlos a un uso industrial, es necesario combinarlos con dos o mas metales para formar una aleación.

La estructura interna que resulta de una aleación es de gran importancia dependiendo del uso que se le destine, el estudio de estas estructuras es una de las ramas de la metalurgia.

Un diagrama de constitución (o gráfica de equilibrio) es una gráfica que muestra las relaciones entre las cantidades relativas de porciones sólidas y líquidas de todos los constituyentes en determinado rango de temperaturas, bajo condiciones de equilibrio.

Los diagramas de constitución son trazados a partir de una serie de curvas de enfriamiento, de aleaciones que contienen diferentes proporciones de los metales constituyentes.

El estudio de estos diagramas de constitución proveen información con respecto a la estructura normal y algunas propiedades físicas y químicas.

Ya que un diagrama de constitución representa un estado de equilibrio teorico, el cual existe solo bajo condiciones ideales, la información que se obtiene de el, debe ser considerada como aproximada.

CURVAS DE ENFRIAMIENTO.

Los cambios térmicos que ocurren cuando un metal puro o una aleación es enfriada de una temperatura en la cual esta fundida a una temperatura en la que se vuelve sólida, se registran en una gráfica, el tiempo en las abscisas y la temperatura en las ordenadas.

La investigación encaminada a obtener información de este tipo se le conoce como análisis térmico.

Como se obtienen los datos para una curva de enfriamiento?

Se inserta un pirómetro en la masa fundida del metal y se lee a intervalos conforme el material se enfria lentamente hasta una temperatura inferior a la cual está completamente solidificado.

La curva de enfriamiento de un metal puro cae lentamente hasta que la temperatura de solidificación es alcanzada,

nuestra curva da vuelta y se convierte en una horizontal por un periodo de tiempo, y finalmente reasume su descenso suave mientras el metal sólido se enfria, ver fig. (16).

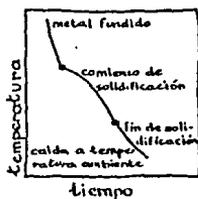
La sección horizontal representa el periodo durante el cual el metal esta cambiando del estado líquido al sólido, y el calor latente de solidificación esta siendo disipado.

Algunas aleaciones especiales producen curvas del mismo tipo, pero la solidificación en la mayoría de las aleaciones no ocurre a una sola



Curva de enfriamiento de un metal puro.

Fig 16



Curva de enfriamiento de una aleación binaria compuesta de metales que forman una solución sólida.

Fig 17

temperatura. Un segundo cambio de dirección toma lugar en la temperatura a la cual la solidificación es completa, ver fig. (17).

DIAGRAMAS DE CONSTITUCION.

De cada curva de enfriamiento, determinada por una serie de aleaciones conteniendo diferentes proporciones de dos metales, son tomadas las lecturas a las cuales la evolución inicial del calor se presenta, esas temperaturas son trazadas como ordenadas y las abscisas corresponden al porcentaje de composición del metal. La curva resultante representa las temperaturas a las cuales cada aleación comienza a solidificar y es llamada "liquidus". Similarmente, las temperaturas en las cuales se presenta la segunda pausa de la caída estable de temperatura en la curva de enfriamiento de cada aleación se convierten en las ordenadas para otra línea en el diagrama de constitución. Esa línea representa las temperaturas en las cuales cada aleación ha completado su solidificación y se llama "solidus", ver fig. (18).

Se pueden hacer diagramas de constitución de aleaciones de mas metales puros, pero son mas complicadas que los de aleaciones binarias.

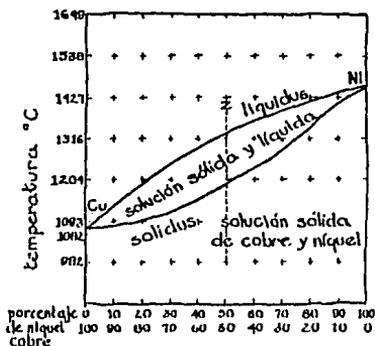


Fig 18 Diagrama constitucional de aleaciones níquel-cobre

Algunas variedades importantes de aleaciones son:

- 1.- Aleaciones en las cuales los constituyentes son mutuamente solubles tanto en estado líquido como sólido.
- 2.- Aleaciones en las cuales los constituyentes son mutuamente solubles en estado líquido pero insolubles en estado sólido.
- 3.- Aleaciones en las cuales los constituyentes son mutuamente solubles en estado líquido y parcialmente solubles en estado sólido.

ALEACIONES DE METALES MUTUAMENTE SOLUBLES EN ESTADO SOLIDO Y LIQUIDO.

El hecho de que las diferentes sustancias presentes en una aleación puedan disolverse unas con otras y formen una mezcla homogénea en estado líquido, hacen que estas aleaciones en-

cabecen la clasificación. Por ejemplo si los dos metales que componen una aleación son solubles mutuamente en estado sólido y líquido, eso significa que el metal permanece completamente disuelto antes y después de la solidificación.

La solución formada después de que la aleación solidifica es conocida como solución sólida.

Una solución sólida puede ser formada de dos maneras:

1.- Si los átomos del solvente y el soluble son del mismo tamaño, los átomos del soluble pueden reemplazar algunos de los átomos del solvente, resultando una solución sólida sustitucional. El metal monel, aleaciones de cobre-níquel son un ejemplo de esto.

2.- Si los átomos del soluble y el solvente no son del mismo tamaño, los átomos del soluble pueden ocupar los espacios entre los átomos del solvente. Esto producirá una solución sólida intersticial.

La figura (18) es el diagrama de constitución de las aleaciones de cobre y níquel: el punto de fusión del cobre puro es 1082°C y el del níquel puro es 1454°C, en todas las temperaturas superiores a "liquidus", las aleaciones de cualquier composición son líquidas, en todas las temperaturas por debajo de "solidus" las aleaciones de cualquier composición son sólidas. El área entre "liquidus" y "solidus" representa un rango en el cual la consistencia es la de una masa blanda tanto de metal sólido como líquido.

ALEACIONES DE METALES MUTUAMENTE SOLUBLES EN ESTADO LIQUIDO PERO INSOLUBLES EN ESTADO SOLIDO.

El diagrama de constitución de las aleaciones de cadmio bismuto ilustra perfectamente este tipo de aleaciones. El cadmio puro se funde a 321°C y el bismuto puro a 271°C. Cuando el bismuto es agregado a la masa de cadmio, el punto de fusión se reduce progresivamente a partir de el de cadmio, recíprocamente, cuando el cadmio se agrega a una masa de bismuto el punto de fusión se vuelve progresivamente mas bajo que el de bismuto puro. El punto de fusión entre ambas direcciones alcanza un valor común mínimo de 143°C para una aleación con un 60% de bismuto y un 40% de cadmio. La aleación que tiene esta composición se conoce como "eutéctica", y los 143°C es la temperatura eutéctica.

En su forma sólida las aleaciones eutécticas consisten en una mezcla de finos cristales de cadmio y bismuto casi puros.

La temperatura permanece constante mientras la solidificación de esta o cualquier otra aleación eutéctica se lleva a cabo; vemos que en este punto las aleaciones eutécticas se comportan como metal puro, ver fig. (19).

Las líneas CB y EB forman la línea "liquidus" y la línea horizontal AED es la "solidus", en el área superior de "liquidus" unicamente la fase líquida de dos metales fundidos mutuamente solubles está presente. En el área que se encuentra dentro del triángulo CEA, están presentes el líquido mezclado y el cadmio sólido; en el área que se

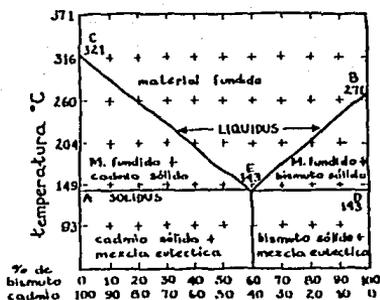


Fig 19 Diagrama constitucional de las aleaciones cadmio-bismuto

encuentra dentro del triángulo BED, están presentes el líquido mezclado y el bismuto sólido.

En el área que se encuentra debajo de la línea "solidus" y en la izquierda de la perpendicular inferior de E, están presentes el cadmio sólido y la mezcla eutéctica de cadmio y bismuto. En el área que está a la derecha de la anterior, están presentes el bismuto sólido y la mezcla eutéctica.

La información que se muestra en el diagrama hace posible calcular las cantidades relativas aproximadas de cualquier constituyente para cualquier temperatura seleccionada gracias a la ley de las horizontales.

"La composición a cualquier temperatura dicha es la indicada en el punto de intersección de la línea horizontal con la línea "liquidus"."

Dos ejemplos de cálculos posibles se presentan a continuación, en cada caso la aleación fundida consiste en 80 Kg. de cadmio y 20 Kg. de bismuto.

1.- La fundición es enfriada de cualquier punto por encima de la línea "liquidus" a la temperatura eutéctica de 143°C, conforme se enfría la aleación el cadmio se cristaliza y el líquido remanente se vuelve progresivamente más rico en bismuto, cuando la temperatura eutéctica es alcanzada, el líquido remanente contiene 20 Kg. de bismuto y suficiente cadmio para mantener la proporción de 40% de cadmio y 60% de bismuto, es decir 13.3 kilogramos de cadmio.

La cantidad eutéctica total es por lo tanto la suma de 20 Kg. de bismuto y 13.3 Kg. de cadmio, 33.3 Kg. de metal, la cantidad de cadmio que

cristaliza antes de que la temperatura caiga a 143°C es la cantidad original de 80 Kg. menos las 13.3 Kg. que no han solidificado en la mezcla eutéctica, o sea 66.7 Kg.

$$x/20 = 40/60$$

$$x = 13.3 \text{ Kg.}$$

2.- La fundición se enfría desde cualquier punto por encima de la línea "liquidus" a 204°C, la línea horizontal de 204 se intercepta con la línea "liquidus" en el punto que corresponde a una composición de 61% de cadmio y 39% de bismuto.

La cantidad de cadmio que todavía permanece fundida a esa temperatura se encuentra por la proporción:

$$x/20 = 61/39$$

$$x = 31.3 \text{ Kg.}$$

La cantidad de cadmio que se ha solidificado es por lo tanto 80 Kg. menos 31.3 Kg., o sea 48.7 Kg.

ALEACIONES DE METALES MUTUAMENTE SOLUBLES EN ESTADO LIQUIDO Y PARCIALMENTE SOLUBLES EN ESTADO SOLIDO.

Un ejemplo típico de este tipo de aleaciones es la de estaño plomo cuyo diagrama se muestra a continuación ver fig. (20). En este diagrama, AEC es la línea "liquidus" y ABEDC es la "solidus". Estos metales forman dos tipos de soluciones sólidas:

1. Solución de estaño en plomo, las cuales se designan como solución "alfa" y se encuentran representadas a la izquierda de B. El punto B

corresponde a una composición de una solución sólida alfa de aproximadamente 19.5% de estaño y 80.5% de plomo, que representa la máxima solubilidad de estaño en plomo en estado sólido.

2. Soluciones de plomo en estaño, que son llamadas soluciones "beta", y están representadas a la derecha de D en la gráfica. El punto D corresponde a una composición sólida "beta" de aproximadamente 2.5% de plomo y 97.5% de estaño, que es la máxima solubilidad de plomo en estaño en estado sólido.

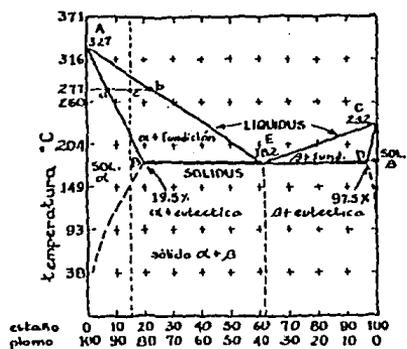


fig 20 Diagrama constitucional de las aleaciones plomo-estaño

La reacción eutéctica que se da en el punto E es una mezcla de soluciones sólidas "alfa" y "beta". El área ABE contiene material sólido y líquido, pero en ese caso el sólido no es un metal puro sino una solución sólida alfa; similarmente el área CDE contiene solución sólida y líquida "beta". El área que se encuentra sobre la línea "liquidus" contiene únicamente líquido, por debajo de esa línea existen únicamente soluciones "beta" y "alfa".

La cantidad de constituyentes presentes a determinadas temperaturas puede ser determinada por el llamado principio de brazo de palanca; sirviendo de ejemplo una mezcla que contiene 15% de estaño y 85% de plomo. Cuando una mezcla fundida de esta composición se enfría de una temperatura superior a la línea de "liquidus", la solución sólida alfa comienza a cristalizarse a

una temperatura aproximada de 290°C y continúa haciéndolo si bajamos la temperatura aun más, cuando la temperatura cae a 277°C la composición de esta solución se indica por la intersección "a" que corresponde a la horizontal de 277°C con la línea AB; teniendo aproximadamente 9% de estaño y 91% de plomo. La composición de la fase líquida se ilustra en la intersección "b", de la misma línea de temperatura con la línea AE, teniendo aproximadamente 22% de estaño y 78% de plomo. La línea perpendicular representa la fundición original de 15% de estaño y 85% de plomo, la cual se interseca con la línea de temperatura de 277°C en el punto "e"; a esa temperatura el porcentaje de la solución sólida "alfa" en la fundición total es bc/ab, y el porcentaje del líquido con la totalidad del metal es ac/ab.

La relación bc/ab es 0.54 y la relación ac/ab es 0.46. Si la fundición original es de 100 Kg. de metal tenemos que 54 Kg. corresponden a la solución sólida "alfa" y 46 Kg. corresponden a la líquida. Los 54 Kg. de solución sólida "alfa" están compuestos de:

- 0.09 X 54 = 4.9 Kg. de estaño
- 0.91 X 54 = 49.1 Kg. de plomo
- y los 46 Kg. de líquido están compuestos de:
- .22 X 46 = 10.1 Kg. de estaño
- .78 X 46 = 35.9 Kg. de plomo

CRISTALES CON NUCLEO.

Cuando una aleación en estado líquido es enfriada rápidamente, el metal que se encuentra en mayor concentración comienza a cristalizar primero, y su difusión a través de la masa metálica no es suficientemente rápida para establecer un equilibrio real. Como resultado de esto la composición es distinta a la que nos presenta equilibradamente el diagrama. Así, tenemos que los cristales y dendritas resultantes no son uniformes porque esas porciones que

solidificaron primero tienen una composición distinta a las que solidificaron después.

Por ejemplo las dendritas de una aleación níquel-cobre que ha sido enfriada rápidamente sin permitir su completa difusión, tiene una estructura heterogénea la cual es rica en níquel al centro. Un cristal que tiene una estructura no uniforme es llamado cristal con núcleo.

CAPITULO IV

INTRODUCCION AL PROCESO DE FUNDICION (CONCEPTOS BASICOS)

GENERALIDADES.

En terminos simples el proceso de fundición consiste en vaciar metal fundido en un molde, el cual es una cavidad con forma y dimensiones determinadas, el resultado de esto es un objeto metálico con las mismas formas de esa cavidad, normalmente en la fundición en arena hemos usado un modelo para hacer el molde el cual posteriormente se destruye aunque existen moldes en los que no ha sido necesaria la utilización de modelos (un ejemplo de esto es el caso de la fundición a presión), la cavidad en si misma tiene las características necesarias para la reproducción de la pieza deseada. Estos últimos son moldes permanentes lo cual quiere decir que se utilizan incluso miles de veces

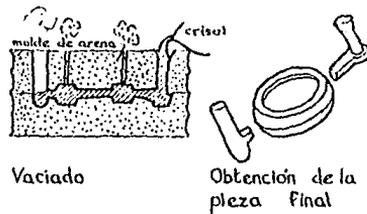
La fundición es un arte que ha sido practicado a traves de los siglos. En la antigüedad se lograban objetos útiles en metal con los mas simples recursos, que consistian en arena, barro carbón, cera y metal, el objeto del presente manual es presentar las técnicas de fundición básicas y la manera práctica de trabajar con ellas en un taller perteneciente a una institución de educación.

La obtención de piezas metálicas a traves del vaciado de metal fundido en un molde se le conoce como proceso de fundición.

Por el metodo de moldeo empleado, las fundiciones se clasifican en:

FUNDICION EN ARENA (sand casting).

Este es un proceso de moldeo cuyo principal componente es arena silicea, que se utiliza para hacer el molde; aglutinantes, para dar consistencia a la arena y un modelo para conformar la cavidad a llenar, el metal vaciado en el molde de arena una vez que se solidifica se convierte en la pieza deseada, que en la mayoría de los casos es de metal ferroso, ver fig. (21a).



Para conocer este proceso paso a paso ver capítulo VII fig 58

Fig 21a Fundición en molde de arena.

FUNDICION EN MOLDE PERMANENTE (permanent mold casting).

También se le conoce como fundición de coquilla, los moldes permanentes son de acero o fundidos en hierro y son usados para recibir el vaciado de metal fundido, las piezas se fabrican por lo general con metales no ferrosos, ver fig. (21b).

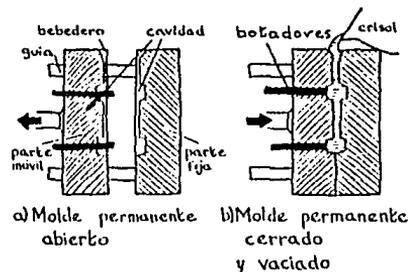


Fig 21b Fundición en molde permanente o coquilla

FUNDICION A PRESION (die casting).

El metal fundido es inyectado a presión en un molde metálico. Este proceso tiene la ventaja de que proporciona piezas con un grado de precisión aceptable.

Por su naturaleza solo se realiza con metales de bajo punto de fusión, y por lo tanto no ferrosos, ver fig. (21c).

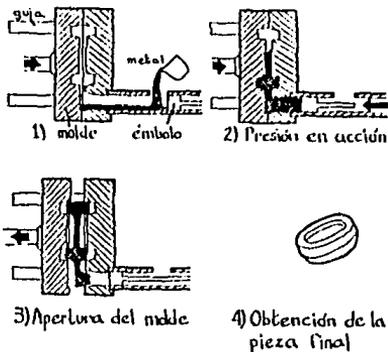


Fig 21c Fundición a presión

FUNDICION POR REVESTIMIENTO (investment casting).

Proceso a veces conocido como "a la cera perdida", "espuma perdida" o también "mercurio perdido". Cada uno de estos es diferente por el material utilizado en el modelo pero conservan similitud en cuanto al proceso.

En este sistema se utiliza un modelo desechable de cera, plástico (espuma de poliestireno) o mercurio congelado, este modelo se reviste con un material refractario. Posteriormente el modelo se elimina por aplicación de calor en un horno, por volatilización con el calor del metal fundido (si se trata de espuma de poliestireno) o por descongelamiento en el caso del mercurio.

Posteriormente la cavidad se llena de metal fundido a fin de obtener la pieza requerida, ver fig. (21d).

FUNDICION CENTRIFUGA.

El metal se vacia en un molde de arena, de material refractario o metalico el cual gira sobre su eje vertical u horizontal, o tambien sobre un eje independiente, todo esto con el fin de asegurar que el metal se distribuya por las partes deseadas. Este proceso se utiliza normalmente para la elaboracion de piezas dentales y de joyeria de manera conjunta con el proceso de fundicion por revestimiento o cera perdida.

Tambien se utiliza para la fabricacion de tubos aunque en otra modalidad de giro centrifugo, ver fig. (21D).



Fig 21d Fundición por revestimiento

PROCESO DE MOLDE LLENO.

Esta es una tecnica de moldeo e donde se utiliza un modelo de poliestireno (espuma) el cual se moldea en arena y sin extraerlo se vacia el metal fundido, el plástico se gasifica al contacto con el metal, ver fig. (21e).

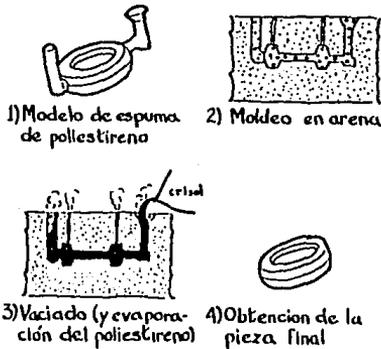


Fig 21e Proceso de molde lleno

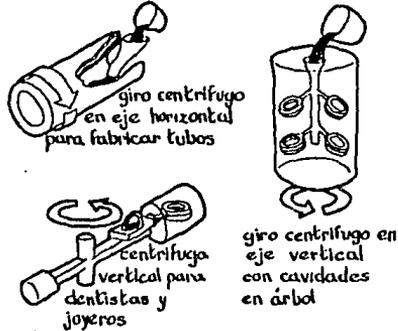


Fig 21f Fundición centrifuga

CLASIFICACION DE FUNDICIONES.

En base al metal fundido las fundiciones mas comunes y comerciales se clasifican como sigue:

a) Fundiciones de hierro.

Hierro gris.- Hierro con alto contenido de carbono.

Hierro blanco.- Hierro con medio contenido de carbono.

Hierro dúctil.- Hierro con grafito esferoidal.
Aleaciones de hierro gris.- Hierro más elementos aleados.

Hierro maleable.- Hierro blanco recocido con grafito en forma nodular.

b) Fundición de acero.

Acero al carbón.- Aleaciones de hierro con cantidades bajas de carbón.

Aceros aleados.- Aceros con algunos elementos de aleación especiales.

c) Fundición de metales no ferrosos.

Bronce y latón.- Aleaciones con metal base de cobre más otros elementos de aleación.

Aluminio y aleaciones.- Aleaciones con metal base de aluminio más otros elementos de aleación.

Magnesio y aleaciones.- Aleaciones con metal base magnesio más otros elementos de aleación.

CAPITULO V

FUNDICION EN ARENA

MOLDEO EN ARENA

Principio

El moldeo en arena es el conjunto de actividades necesarias para poder transformar en molde la arena silico arcillosa que se encuentra en estado plástico, esta es compactada dentro de una caja de moldeo donde previamente se coloca el modelo de la pieza. Al conjunto formado por la caja de moldeo, la arena apisonada y la cavidad formada por el modelo, se le conoce como molde.

CLASIFICACION DE MOLDEO

Se puede clasificar según el estado de la arena en:

- Moldeo en verde.
- Moldeo en verde con secado superficial.
- Moldeo en verde con secado completo.

Moldeo en verde.

Se denomina moldeo en "verde" cuando el estado de la arena en el molde contiene humedad relativa en toda su masa.

Las ventajas de este moldeo son:

- Es un procedimiento sencillo.
- Se obtiene un enfriamiento rápido de las piezas.
- La impresión de la cavidad se obtiene con relativa precisión.

Los problemas comunes son:

- La poca resistencia del molde.
- El molde no tiene resistencia a la erosión.
- Existe un templado superficial en las piezas (perjudicial para el maquinado).
- Requiere de mano de obra calificada.

Moldeo en verde con secado superficial.

Es la operación del moldeo en verde pero además se realiza un secado en las caras de contacto a fuego directo.

Sus ventajas son iguales a las del moldeo en verde pero permite además:

Vaciar piezas mas pesadas, debido a un aumento en la resistencia del molde.

Se evita el templado superficial en buena medida.

Se mejora el acabado superficial.

Moldeo en verde y secado completo.

El secado completo de un molde en verde se logra haciendo pasar el molde en hornos de secado en tiempos preestablecidos.

Las ventajas de este proceso son:

- Se obtiene la mayor resistencia del molde.
- La cantidad de gases a evacuar es mínima.
- No hay templado superficial de las piezas y se facilita el maquinado.

Se obtiene un buen acabado superficial.

Las desventajas son:

- Es un procedimiento lento.
- Se eleva el costo de la fabricación.
- Debido a su alta resistencia, impide la libre contracción del metal.

TECNICAS DE MOLDEO

Moldeo con equipo manual.

La compactación de la arena (apisonado) puede realizarse a mano con un apisonador manual o mecánicamente con herramienta neumática, atacando pequeñas cantidades de arena cada vez que sea necesario.

Esta técnica es utilizada para piezas pequeñas, medianas y grandes pero en producciones unitarias o series pequeñas. ver fig. (22a).

Este moldeo se puede practicar en el piso, en bancos de moldeo o en fosas de moldeo, si la pieza es muy grande.

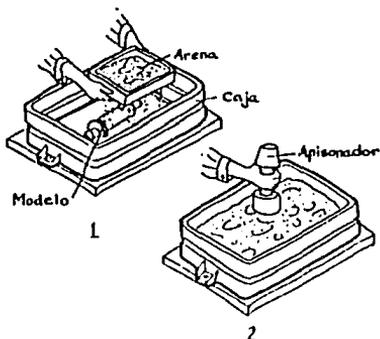


fig 22a Moldeo manual

Moldeo por presión.

Se realiza mecánicamente y se obtiene el molde comprimiendo de una sola vez un volumen determinado de arena.

Se recomienda para piezas pequeñas utilizando cajas de moldeo de poca altura, ver fig. (22b).

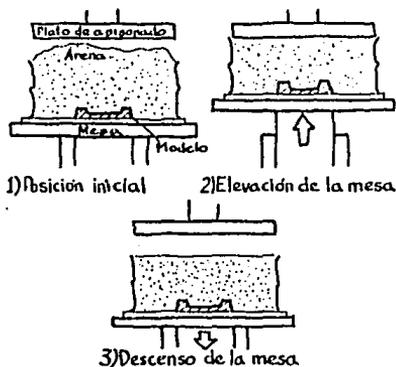


fig 22b Moldeo por presión

Moldeo por sacudidas.

Se realiza mecánicamente, bajo esta técnica la caja de moldeo se eleva a cierta altura, desde la que se deja caer, deteniéndose la arena subitamente, prensándose en la caja.

La fuerza de prensado será mayor si la altura (h) es mayor también. Este trabajo es pesado para el equipo, y la compactación de la arena es disparajera, razón por la cual se recomienda para piezas pequeñas, ver fig. (22c).

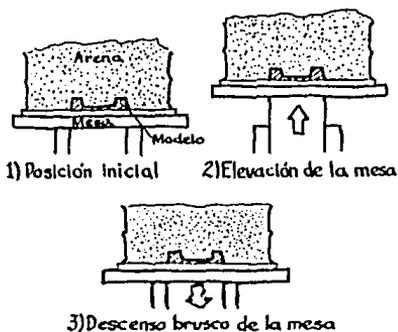


fig 22c Moldeo por sacudidas

Moldeo por proyección.

Bajo esta técnica la arena es proyectada por medios mecánicos contra el modelo y la caja,

logrando así que la arena se detenga bruscamente y los granos queden cohesionados. Es una operación rápida y de apisonado uniforme, ver fig. (22d).

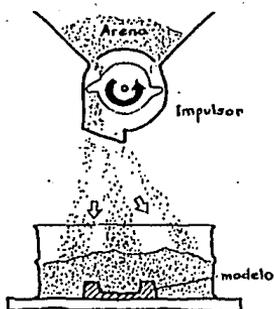
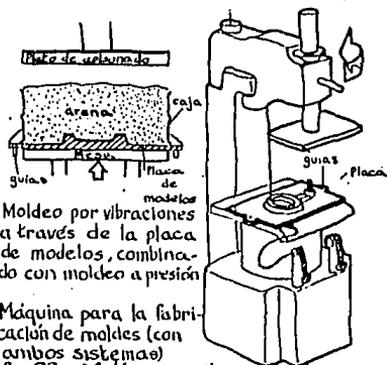


Fig 22d Moldeo por proyección

Moldeo por vibraciones.

Se ejerce conjuntamente con el apisonado por presión. La vibración es producida por un vibrador o martillo que golpea el conjunto placa caja arena, ver fig. (22e).



Moldeo por vibraciones a través de la placa de modelos, combinado con moldeo a presión

Máquina para la fabricación de moldes (con ambos sistemas)

Fig 22e Moldeo por vibración (y presión)

Moldeo combinado.

Se entiende por moldeo combinado a dos o mas acciones en el molde, por ejemplo: Moldeo por presión y sacudidas o por presión y vibración. Actualmente en el mercado se encuentran máquinas de moldeo combinado que son las mas utilizadas.

DISEÑO DE LA PIEZA A FUNDIR

El diseño de la parte que posteriormente fundiremos tiene gran influencia en la solidez, limpieza en superficies, contracción, porosidad, burbujas y roturas que posteriormente pueden aparecer en la pieza, afectando su grado de eficiencia. Un buen diseño de nuestra pieza toma como base dos consideraciones generales:

1.- La primera cosa a tomar en cuenta es el uso que se hará de la pieza final, esto es si sera una estructura de soporte, parte móvil, soportara presión o movimiento, estas características de trabajo determinaran la forma general de nuestro objeto.

2.- La segunda consideración es el tipo de metal o aleación que se propone usar, en este caso la resistencia a la corrosión y al desgaste, la maquinabilidad, y la resistencia mecánica determinaran el material a utilizar.

La mayoría de las veces es necesario combinar características sin importar a que grupo de consideraciones generales pertenezcan.

Algunas veces las propias características del diseño ocasionan problemas al fundidor, lo cual por consecuencia afecta la vida útil de la parte.

Por lo tanto el primer paso en la producción de una pieza de fundición, deberá ser un concienzudo estudio en su diseño. Aquí proporcionaremos los datos básicos para lograrlo.

Estos criterios de diseño se aplican tanto a los nuevos diseños como a aquellos que estan en vias

de remplazo, en este último caso conviene estudiar la parte a remplazar para determinar si las fallas se han debido a un error de diseño, si esto es así conviene corregir esta falla.

REQUERIMIENTOS DE RESISTENCIA MECANICA

La resistencia mecánica que una pieza requiere, se determina primeramente por la función que desempeña en la estructura o máquina a que va destinada.

Una pieza de fundición debe ser diseñada para que los requerimientos de resistencia mecánica concuerden con el factor de seguridad apropiado. Se debe tener cuidado de no sobrediseñar. Algunas veces, cuando la pieza falla, se observa que la zona donde se presentó el deterioro es mas gruesa, esto es un error de diseño, y es que algunas veces creemos que incrementando el espesor de una pared, esta sera mas resistente. En realidad este sobrediseño produce defectos de fundición que disminuyen la resistencia.

Las secciones de material que son mas gruesas de lo necesario no permiten obtener la resistencia que el metal nos puede dar.

Como regla general un metal tiene mas baja resistencia mecánica cuando se ha vaciado en piezas con paredes gruesas que cuando se ha hecho con paredes delgadas.

Es **IMPORTANTE** señalar que una vez seleccionado un espesor de pared determinado se mantenga en lo posible a todo lo largo y ancho de la pieza, esto aumentará la resistencia de la pieza, evitará rechupes concentración de esfuerzos y facilitará la solidificación direccional.

El incrementar el grosor de las secciones y su efecto en la resistencia a la tensión y compresión de cuatro diferentes aleaciones a base de cobre se muestran en la fig (23).

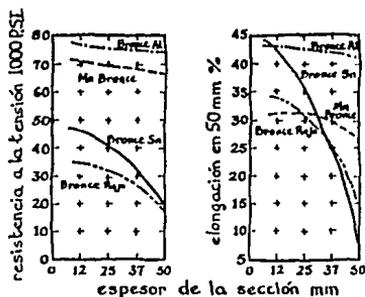


Fig 23 Efecto del espesor de la sección en las propiedades físicas

Es evidente que el bronce y el latón rojo son muy sensibles al incremento del espesor de la pieza, mientras que el bronce aluminio y el bronce manganeso se ven menos afectados.

Con esto podemos ver que si queremos obtener todas las ventajas del metal escogido, debemos considerar el incremento de sección de la pieza de fundición a fin de obtener las mejores propiedades de la misma.

CONCENTRACION DE ESFUERZOS

Uno de los principales factores que causan fallas inoportunas en las piezas de fundición es la concentración de esfuerzos internos residuales, que son el resultado de un diseño inapropiado.

Por supuesto que estos esfuerzos son las fuerzas y cargas que ocasionan que el elemento se fracture, fisure o rompa.

Las esquinas agudas y las muescas se deben evitar ya que son punto de altos esfuerzos.

El libre uso de esquinas y perfiles redondeados de tamaño adecuado es la mejor manera de reducir la concentración de esfuerzos en las esquinas.

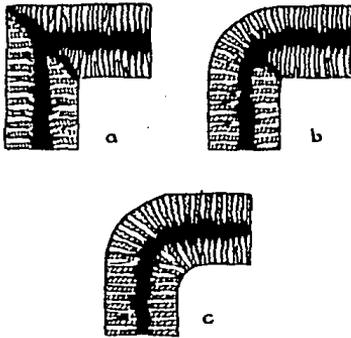


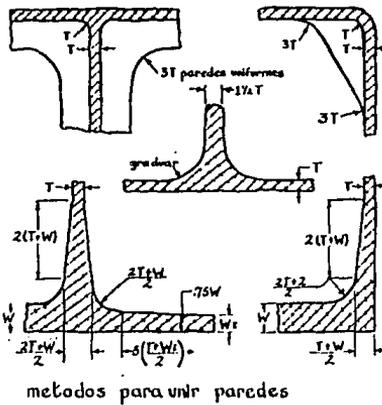
fig 24 Uso de perfiles redondeados

Las esquinas agudas producirán una unión de paredes débil ya que los cristales del metal tienden a encontrarse perpendicularmente, ver fig(24a). La combinación de esfuerzos residuales altos con el surgimiento de un plano de debilidad tiene como resultado una falla temprana del elemento.

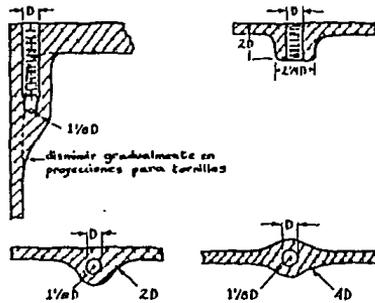
La remoción parcial de este plano de debilidad por medio del redondeo de las esquinas se muestra en la fig (24b), y su completa eliminación en la fig (24c).

La unión de secciones delgadas y gruesas es otro punto de concentración de esfuerzos.

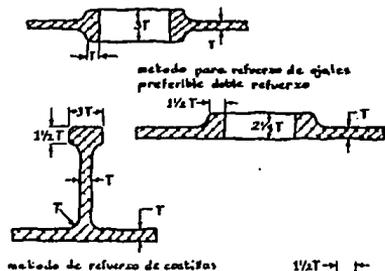
Los esfuerzos en este caso son el resultado de una solidificación y contracción rápida de la sección delgada.



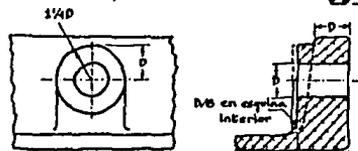
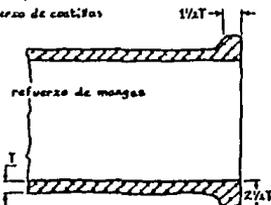
metodos para unir paredes



critérios para proyecciones de sujeción



metodo de refuerzo de costillas



proporciones recomendadas para soporte de tornillo

refuerzos

Fig. 25 Sugerencias para el diseño de piezas de fundición

Esta concentración hará aparecer grandes esfuerzos en la unión con la sección gruesa que será mas débil, tardará mas en enfriar y se podrán producir fisuras.

Algunos consejos para la unión de secciones de diferentes espesores se dan en la fig (25), estos criterios se recomiendan para la mayoría de los metales.

Existen algunas piezas en las cuales su diseño debe permitir la absorción de esfuerzos internos.

Como ejemplo de lo correcto e incorrecto lo tenemos en la polea de la fig. (26).

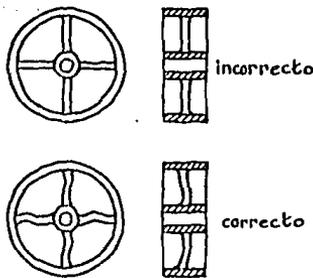


Fig 26 Diseño de poleas

El diseño original (con brazos rectos) causaba la aparición de grietas en la unión de los brazos con el aro y el eje.

El diseño modificando (con brazos curvos) produjo una pieza sin grietas. Este nuevo diseño permite que los brazos se extiendan y distorsionen libremente sin ocasionar roturas o deformaciones funcionales por los esfuerzos debidos a la contracción.

Frecuentemente el esfuerzo interno originado por la contracción causa deformación en las piezas. Cuando esta deformación no puede ser solucionada por medio de diseño, puede recurrirse a la utilización de una tolerancia de distorsión, la

cual es el resultado de la experiencia del modelista y el moldero.

La corrección de este tipo de problema se logra fabricando el modelo con una distorsión inversa intencional, para que una vez que se vacía, enfría y distorsiona, la alineación de la pieza de metal vaya de acuerdo a los requerimientos.

GROSOR DE SECCION

El grosor de sección mínimo que puede ser colado es determinado por la facilidad con que el metal fluya y llene las secciones delgadas sin recurrir a una excesiva temperatura de vaciado.

Las secciones mínimas para el vaciado de algunos metales se muestran en la tabla (4).

tabla 4
SECCIONES MINIMAS NORMALES PARA VACIADO

Metal	Sección mínima normal mm.
Hierro gris	3.0
Fundición blanca	3.0
Acero	2.4
Bronce y latón	2.4
Aluminio	3.0

Estas dimensiones mínimas para secciones delgadas, pueden variar un poco de acuerdo con la composición de la aleación, temperatura de vaciado y tamaño o diseño de la pieza. El uso de un adecuado pero no excesivo espesor de sección no somete la pieza a esfuerzos internos intensos.

Debemos hacer todo el tiempo un esfuerzo para mantener el grosor de las paredes de la pieza constante o bien incrementar gradualmente el espesor de la sección hacia la reserva de metal líquido de la mazarota pero nunca en sentido contrario. Esto facilitará la solidificación direccional descrita en el siguiente párrafo. Un cambio repentino en el espesor de la sección se debe evitar en lo posible, este debe ser gradual.

La fig.(27) nos muestra como cambiar del espesor de una pared a otra.

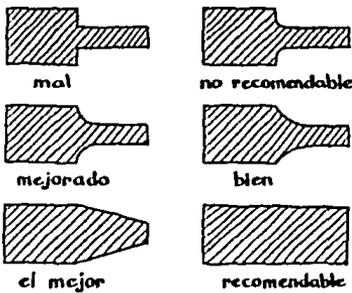


Fig 27 Cambios en el tamaño de sección

SOLIDIFICACION DIRECCIONAL

Solidificación direccional significa que la solidificación comienza en una parte del molde y gradualmente se dirige a una zona deseada. Esto significa que el metal fundido no comenzará a solidificar donde se hace necesaria su liquidez a fin de alimentar la pieza. Un buen diseño de la pieza puede contribuir a resolver este factor, un ejemplo de esto se puede contemplar en la fig.(28).

El metal que ha sido vaciado y que fluye sobre las superficies internas del molde, proporciona

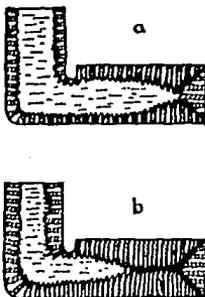


Fig 28 Solidificación direccional simple

parte de su calor al molde. Esto significa que cuando el molde ha sido llenado, el metal que se encuentra al final de la cavidad no estará tan caliente como el que se encuentra cercano al bebedero o mazarota. El primer metal en solidificar será el metal de la derecha fig. (28a).

El molde de la parte izquierda ha sido ya calentado por el metal fundido que fluye por esta parte y la facilidad con que disipa el calor fuera de la fundición será reducida de manera que el enfriamiento de la pieza en esa area se retardará.

La figura (28b) muestra la pieza en una etapa mas avanzada de solidificación. Gracias a esta solidificación controlada probablemente esta será una pieza robusta, aunque desde el punto de vista de diseño estructural no es deseable la reducción de area en la esquina.

Ya en la práctica usualmente las condiciones son tales que la solidificación no puede obtenerse de la manera tan simple como mencionamos arriba ya sea por las propiedades del metal, del diseño o del proceso. En tales casos la solidificación direccional deseada debe obtenerse con otros metodos. Para obtener control sobre la solidificación direccional en el proceso de diseño podemos valerlos de la reducción del espesor de las paredes o secciones.

El espesor de las paredes se disminuye gradualmente permaneciendo orientadas las zonas de mayor espesor hacia el punto de alimentación. Cuando se vacia una pieza plana y gruesa la solidificación comenzará aproximadamente al mismo tiempo en los extremos, esto originará la aparición de una línea central de contracción, debida a la carencia de solidificación direccional.

Las piezas planas y delgadas no presentan realmente este problema.

Este tipo de solidificación se conoce como progresiva y se muestra en la figura (29).

Si en una pieza no es necesaria la presencia de planos paralelos en una sección, su reducción es un factor que actuará a favor del proceso. La figura (29b) muestra la reducción aplicada a fin de obtener la solidificación direccional. Es necesario hacer notar que a pesar de que la

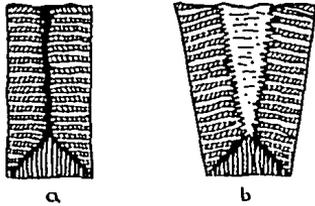


Fig 29 La reducción de una sección ayuda a la solidificación direccional

solidificación ya ha hecho acto de presencia al mismo tiempo en ambas caras, la reducción permite al metal líquido alimentar la zona.

Si es imposible diseñar una pieza que satisfaga totalmente el requerimiento de solidificación direccional, es posible utilizar otros recursos. El más efectivo y sencillos de usar es el enfriador. Los enfriadores se utilizan para iniciar o acelerar la solidificación en determinada zona de la pieza. Su aplicación y uso será descrito en el capítulo (9).

Otro método de obtener solidificación direccional es aumentar y reducir las secciones intencionalmente y posteriormente remover el exeso de material por medio de maquinado (método de relleno).

UNIONES DE PAREDES

Deben darse consideraciones especiales a las uniones de secciones en forma de "L" y "T" cuando se diseña una pieza de fundición.

Normalmente un punto de unión es más grueso y pesado que las paredes o secciones que lo conforman, por ende su enfriamiento es más lento. Para predecir la localización de estos puntos calientes podemos usar el método de los círculos inscritos que se ilustra en la figura (30), con esto podemos saber donde se llevara a cabo la solidificación final y los posibles rechupes.

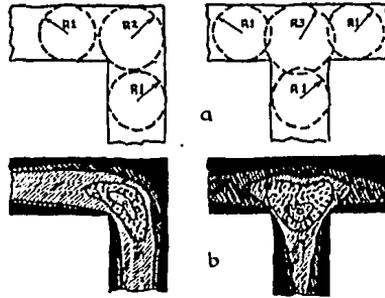


Fig 30 Localización de puntos calientes por el método de círculos inscritos

En la sección "L" el círculo que está dibujado en la unión de los planos es más grande que los círculos que están dibujados en cada una de las paredes. Lo mismo se puede decir de la sección en forma de "T". La aparición de estos círculos más grandes predicen la localización de puntos calientes, lo cual producirá debilitamientos si no se toman las debidas precauciones.

La unión de dos paredes puede tomar la forma de "L", "V", "X" o "T". Aún redondeando las esquinas de sección "L" o "V" estas tendrían una sección gruesa. Se deben utilizar radios que permitan obtener una esquina con el mismo grosor que las paredes.

Las secciones en "X" tienen aún más tendencia a crear puntos calientes y débiles que las secciones en "L" o "V". Un modo de reducir la sección de este tipo de uniones es usar un corazón como se muestra en la fig. (31a) a fin de producir una cavidad en la unión.

Una alternativa que podemos utilizar si las circunstancias lo permiten, es el desplazamiento de las secciones a fin de producir dos o más uniones

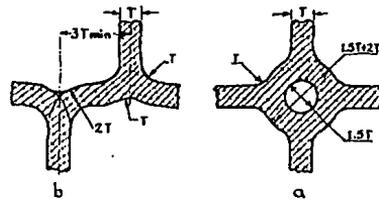


Fig 31 Solución a las uniones en cruz

"T", las cuales se pueden controlar con enfriadores, corazones o con la creación de una depresión en la parte posterior de la pared donde descansa la unión, esto lo podemos ver en la figura (31b).

En piezas de gran tamaño frecuentemente es necesario disponer la colocación de costillas de refuerzo, a fin de proveer de resistencia a la pieza en alguna de sus partes.

El uso de costillas de refuerzo favorece la aparición de puntos calientes ya que en estos el espesor es mas grande. La sección de estos puntos puede reducirse con la utilización de corazones en la zona donde se une la costilla con la unión de las paredes, ver figura (32).

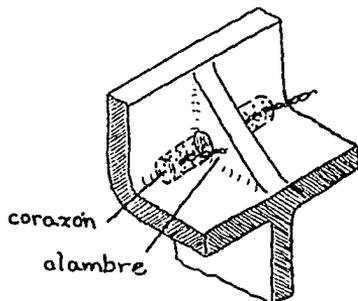


Fig 32 Colocación de corazón para reducir la sección en la unión de una costilla.

FUNCION Y FABRICACION DE MODELOS

Los modelos son usados para conformar la cavidad del molde en la cual se vacía el metal fundido a fin de producir determinada pieza. El modelo en sí, se considera una herramienta para el fundidor.

Buena parte del éxito en la obtención de nuestras piezas dependerá de la calidad y diseño

del modelo. Por ejemplo, un modelo que no tenga un correcto ángulo de salida, es difícil de desmoldar y seguramente dañara nuestro molde de arena.

El diseño de la pieza deberá ser tan simple como sea posible, ya que esto determinará: La facilidad con que será removido el modelo del molde, el número de corazones requerido y la cantidad de partes que configuran el modelo.

TERMINOLOGIA BASICA DE LOS MODELOS

En la fig. (33) se ilustra un modelo en el cual se presentan las diferentes definiciones fundamentales que existen para identificar sus partes.

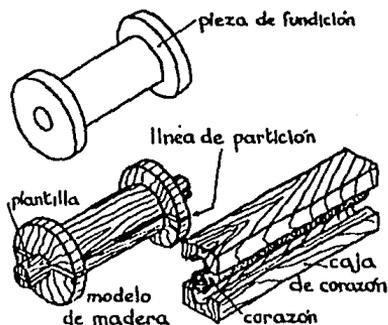


Fig 33 Terminología de los modelos

Modelo de madera.- Es semejante a la pieza que se desea obtener en fundición.

Línea de partición.- Es la línea que parte o divide al modelo en dos o mas partes y se hace con el fin de facilitar la operación de moldeo.

Corazón o macho.- Sirve para formar el interior o hueco de una pieza y se hace de arena seca o estufada, para fabricarlo se requiere de una caja de corazón (la arena se introduce en la caja y se apisona).

Plantilla o soporte de corazón.- Se localiza en el modelo y sirve para formar el apoyo del corazón

o macho, el cual es colocado posteriormente en el molde.

CLASIFICACION DE LOS MODELOS.

Por la forma en se construyen los modelos de fundición se clasifican como sigue:

Modelos naturales.-

Es el modelo simplificado, de una sola pieza similar a la pieza de fundición.

Modelos bipartidos.-

Se presenta en dos partes, el plano de partición en forma general se localiza en el plano de simetría de la pieza.

Modelos con plantillas para corazón normal.-

Es natural o bipartido pero con plantillas. El corazón normal se fabrica en una máquina de extruido de arena.

Modelo con caja de corazón.-

Es el modelo con plantillas para corazón pero con caja de corazón adicional.

Modelos en secciones.-

Son modelos en dos o mas secciones y generalmente el plano de partición es irregular.

Modelos montados en placa.-

Cuando el trabajo de producción es en serie, suele ser mas economico y rápido montar varios modelos metálicos en una placa de aluminio y usar maquinas para moldear, ver fig. (34). Otra ventaja de este sistema es que los canales de alimentación

pueden también montarse en la placa ahorrandonos su fabricación manual.

Si deseamos utilizar este sistema de producción

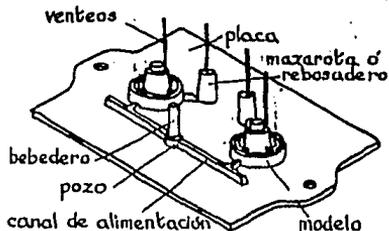


Fig 34 Modelo en placa con dos impresiones

podemos hacer los modelos que necesitamos, elaborando primeramente un modelo de madera y a partir de este fabricar piezas similares en metal o plástico vaciado que serán a su vez los modelos para la placa, en este caso debe configurarse el primer modelo tomando en cuenta la doble contracción de que será participe la pieza final.

Con la aparición de resinas epóxicas y de poliéster es posible realizar los modelos también en estos materiales, aunque esto debe tratarse en otro texto.

MATERIALES PARA MODELOS

El material mas comunmente utilizado para la fabricación de modelos es la madera ya que es fácil de conseguir y de trabajar, las maderas mas recomendables son la caoba y el cedro.

Es esencial que la madera tenga un nivel bajo de humedad (5% o 6% si es posible) a fin de evitar resquebrajamientos y contracciones una vez que se termine el modelo.

La elaboración de modelos metálicos para montaje en placa es conveniente solo cuando se fabrican muchas piezas, por las razones ya dadas anteriormente.

Un material que puede ser utilizado para la elaboración de modelos de "emergencia" que no se utilizarán mas que para la elaboración de algunas piezas es el yeso de moldeo o cerámico. Los modelos hechos con este material tienen la desventaja de ser muy frágiles, por eso requieren de un manejo cuidadoso.

La utilización de resinas epóxicas y de poliéster es una opción bastante aceptable, solo que como ya dijimos anteriormente no lo trataremos en esta ocasión.

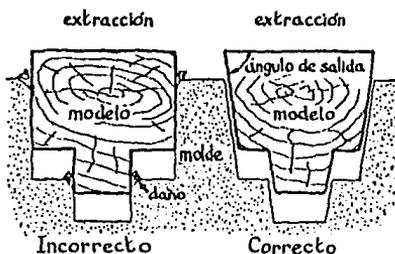


Fig 35 Ángulo de extracción

CONSIDERACIONES PARA LA CONFIGURACION DE UN MODELO

Un buen modelo de fundición debe cumplir con los siguientes requisitos:

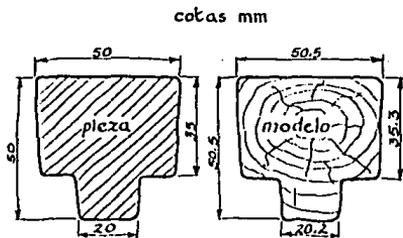
1.- Ángulo de extracción.

Al tener preparado el molde es necesario abrirlo en 2 o mas partes para poder extraer el modelo, para lo cual es necesario que este tenga en todas sus caras normales a la línea de partición, una inclinación que permita su extracción, sin que el modelo arrastre arena consigo, ver fig. (35).

Para determinar el ángulo de extracción de los modelos se recomiendan los valores que se dan en la tabla (5).

Tabla 5
ANGULOS DE SALIDA RECOMENDADOS

Altura del modelo mm.	Ángulo de salida
1 a 10	3
11 a 20	2
21 a 35	1
36 a 65	0,45°
66 a 150	0,30°
151 a 250	1,5 mm
251 a 400	2,5 mm
401 a 600	3,5 mm
601 a 800	4,5 mm
801 a 999	5,5 mm



La pieza es de fundición gris y el modelo correspondiente tiene un 1% más en sus dimensiones para compensar la contracción.

fig 36 Contracción metálica

2.- Contracción metálica.

Al solidificarse los metales o aleaciones se contraen y disminuyen su volumen, este fenómeno origina una reducción en las medidas de la pieza, por lo cual los modelos al ser proyectados, deben contener en sus dimensiones el porcentaje de contracción del metal o aleación, ver fig. (36) y tabla (6).

tabla 6
VALORES DE CONTRACCIÓN METALICA

Metal	dimensiones del modelo mm.	contracción %
Fundición gris	hasta 600	1.0
	601 a 1200	.8
	mayor 1200	.7
Acero	hasta 600	2.0
	601 a 1800	1.5
Aluminio	hasta 600	1.2
	mayor 601	1.0
Latón		1.5
Bronce		1.5

3.- Sobrespesores de maquinado.

Al proyectar las dimensiones para un modelo también se debe tener en cuenta aquellas superficies que se maquinan, a fin de dar un sobrespesor de material para el maquinado. Existen diferentes criterios y normas al respecto. La tabla (7) es un extracto de la norma francesa NF-A-32-001.

tabla 7
SOBRESPESES DE MAQUINADO EN PIEZAS MOLDEADAS
(fundición gris)

Mayor dimensión de la pieza	Dimensión específica (mm.)						
	de 1 a 25	de 26 a 63	de 64 a 100	de 101 a 160	de 161 a 250	de 251 a 400	de 401 a 630
de 1 a 250	4	4.3	5	5.5	6		
de 251 a 630	4.5	5	5	5.5	6	7	7.5
de 631 a 1600	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8.5

Primeramente se ubica la mayor dimensión de toda la pieza en la columna de la izquierda y de acuerdo a la dimensión específica se busca el sobrespesor de maquinado en las columnas restantes, esta tabla puede ser utilizada como una estimación para el uso de otros metales.

4.- Colores de los modelos.

Una vez que se ha terminado el modelo y para facilitar su identificación así como el conocimiento de las operaciones que se realizarán con las piezas finales es necesario codificarlo de algún modo, el modo más sencillo de hacerlo es pintar

sus partes de diferentes colores, con ellos es posible saber el material final de que estará hecha la pieza, si tiene corazonas, si requerirá posterior maquinado etc.. En la norma DIN 1511 se proporcionan los parámetros para hacer esto.

Norma DIN 1511 (Síntesis)
CODIGO DE COLORES PARA MODELOS

Superficie o parte de la superficie	Acero	Fundición gris	Fundición maleable	Fundición metales pesados	Fundición metales ligeros
Color de fondo en superficie en el modelo y caja de corazonas que no se mecanizan en la pieza final	azul	rojo	gris	amarillo	verde
superficies a mecanizar en la pieza fundida	listas amarilla	listas amarillas	listas amarillas	listas rojas	listas amarillas
Asiento de piezas a encajar en el modelo o en la caja de machos así como para tornillos de piezas sueltas	ribeteado en negro				
Lugar para enfriadores, marcas para colocación de clavos	rojo	azul	rojo	azul	azul
Portadas de corazonas o platillas	negro				
Mazarotas cerradas, demasias de maquinado por motivos técnicos de fundición	listas negras y rotulado correspondiente				

CAPITULO VI

ARENAS PARA MOLDES

GENERALIDADES.

El principal material de moldeo que se utiliza en las fundiciones es la arena sílica. La arena sílica es un material de fácil adquisición, posee propiedades que le permiten soportar los efectos del metal fundido.

Des de las principales regiones productoras de este material son San Luis Potosí y Juanita, Veracruz, Aunque en algunas partes de Chihuahua, Nuevo Leon y Coahuila también se obtiene. Hay fabricantes que prefieren arenas de ciertos lugares ya que les atribuyen calidades y cualidades específicas, debido a las variaciones en su composición como por ejemplo las arenas de cuarzo. A simple vista es posible distinguir unas arenas de otras por el color que tienen (amarillentas, rosadas, o muy claras), pero solo mediante pruebas es posible determinar la mas conveniente.

La función primaria de un material de moldeo es mantener la forma de la cavidad de la fundición hasta que el metal fundido se vacía en su interior y se solidifica.

Las propiedades que hacen de la arena sílica un material útil para el moldeo son su refractabilidad y su capacidad de adoptar formas complejas. La refractabilidad le permite soportar altas temperaturas provenientes del metal fundido.

Su capacidad de adoptar forma se debe a la acción de la arcilla (que puede estar contenida naturalmente en la arena o ser adicionada), aditivos aglutinantes y agua. Estos aglutinantes

mantienen la arena en posición hasta que el metal se vacía y se solidifica.

Los tres componentes básicos de una arena de moldeo son:

- 1.- Los granos de arena, que son los que poseen las propiedades refractarias necesarias.
- 2.- El material aglutinante, el cual se puede encontrar naturalmente en la arena o puede ser adicionado como la bentonita o caolines, existen otros aglutinantes como los cereales o la dextrina pero estos se toman como agregados o modificadores cuya finalidad es la de modificar o mejorar determinadas propiedades.
- 3.- El agua, que hace posible la adhesión de los granos de arena por medio de el aglutinante.

ARENAS DE MOLDEO

Aunque la situación ideal sería tener a nuestra disposición un almacén con grandes cantidades de todos tipos de arenas y arcilla es conveniente reconsiderar esto, ya que implicaría contar con mucho espacio y dinero. Por otro lado pensar que con un solo tipo de arena podemos trabajar los metales en cualquier cantidad y tipo, es equivocado ya que cada tipo de trabajo exige el uso de su correspondiente tipo de material. Sin embargo en ocasiones no es posible o costoso disponer del material específico y tenemos que adaptarnos a las circunstancias, para poder realizar este tipo de improvisaciones es necesario conocer los detalles sobre las características de cada tipo de arena y su relación con los aglutinantes y el ngua.

ARENAS SINTETICAS

Las arenas a las que se les denomina sintéticas no son sintetizadas de varios elementos. Se elaboran mezclando varios materiales individuales a fin de formar una arena de moldeo. Tal vez un mejor nombre para estas arenas podría ser el de "arenas compuestas". De cualquier modo el adjetivo "sintético" se ha convertido en palabra de uso corriente en la industria de la fundición.

Una arena sintética está compuesta básicamente de arena lavada (con toda la arcilla contenida naturalmente retirada) y un aglutinante agregado, como la bentonita.

Las arenas sintéticas tienen las siguientes ventajas sobre las arenas naturales:

- 1.- Tamaño del grano más uniforme.
- 2.- Más alta refractabilidad.
- 3.- Moldeo con menor humedad.
- 4.- Requieren menos aglutinante.
- 5.- El grupo de propiedades es controlado más fácilmente.
- 6.- Menor espacio de almacenamiento, ya que se puede utilizar para diferente tipo de fundiciones.

ARENAS PARA TODO USO

Las arenas que se utilizan para varios tipos y tamaños de piezas fundidas se conocen como arenas para todo uso.

En la práctica comercial, se utilizan diferentes arenas para vaciar diferentes metales y diferentes tamaños de piezas, aún siendo del mismo metal. Pero en un taller pequeño (como en el caso de una escuela), la limitación de espacio de almacenamiento y de presupuesto, hace prácticamente imposible mantener existencias muy variadas de arenas. Es posible utilizar un tipo de arena sintética como base de una arena para todo uso. Naturalmente habrá que sacrificar algunas ventajas en la utilización de este sistema. El factor que más se sacrifica es tal vez la calidad de la superficie, si lo que exigimos a nuestra pieza es

funcionalidad no importa tanto la rugosidad que presente, si lo que deseamos es una buena apariencia tendremos que invertir en la compra de una arena más conveniente.

Si utilizamos por ejemplo una arena recomendada para vaciar piezas de acero en piezas de materiales no ferrosos como bronce o aluminio, obtendremos piezas de superficie muy aspera.

ARENAS NATURALES

Las arenas naturales contienen únicamente la arcilla que está ya asociada con ellas cuando es extraída de los yacimientos. Estas arenas se utilizan frecuentemente tal y como se reciben.

Únicamente es necesario humedecerlas para obtener las propiedades requeridas.

Las arenas naturales tienen la ventaja de mantener su humedad por periodos de tiempo más prolongados, tienen un rango de trabajo de humedad más amplio y permiten una mejor reparación y acabado de los moldes. Como desventajas podemos mencionar que sus propiedades son muy variables de un lote a otro.

Cuando a una arena natural se le agrega bentonita se le llama arena "semisintética".

MEZCLAS PARA ARENA DE MOLDEO

En las siguientes tablas hay varios ejemplos de mezclas de arenas que pueden tomarse como parámetro en la preparación de material de moldeo.

Las mezclas de arena proporcionadas en las tablas siguientes deben utilizarse tan solo como una guía.

Las propiedades de las arenas pueden variar de un embarque a otro, es conveniente por lo tanto realizar algunas pruebas a cada remesa de arena.

Si las propiedades no varían mucho pueden utilizarse las proporciones que previamente ya se han establecido.

tabla 8
MEZCLAS DE ARENA PARA FUNDICIONES DE ALUMINIO

Arena		Material (% del peso)			Propiedades		Peso pza
Tipo	# malla	Arena	Bentonita	Agua	Resis. verde	permeabilidad	Kg
verde	70-100	90	5	5	5-10psi	50-100	hasta 200

tabla 9
MEZCLAS DE ARENA PARA FUNDICIONES DE ALEACIONES DE COBRE

Arena		Material (% del peso)				Propiedades		Peso pza	
Tipo	# malla	Arena	Bentonita	Agua	Cereal	Harina Silicio	Resist. verde	Permeabilidad	Kg
verde	70-100	91	4	4	1		6-7psi	60-70	2000
verde	70-100	76	4	5	1	14	7-12	40-80	100

tabla 10
MEZCLAS DE ARENA PARA FUNDICIONES DE HIERRO GRIS

Arena		Material (% del peso)					Propiedades		Peso pza
Tipo	# malla	Arena	Bentonita	Agua	Cereal	Otros	Resist. verde	Permeabilidad	Kg
verde	70-100	87	5	3		5 arcilla	8.3psi	110	5-15
verde	70-100	90	4	4.7	.3	1 carbón	10.2psi	76	150-800

tabla 11
MEZCLAS DE ARENA PARA FUNDICIONES DE ACERO

Arena		Material (% del peso)				Propiedades		Peso pza
Tipo	# malla	Arena	Bentonita	Agua	Ceral	Resist. verde	Permeabilidad	Kg
verde	50-70	91	5	3	1	7.5-9psi	120	500
verde	50-70	95	1.8	2.5	.7	5-7psi	120	500

REUTILIZACION DE ARENAS.

Al contacto con el metal fundido los aglutinantes de una arena de fundición se queman, como resultado la resistencia verde y la permeabilidad de la arena se tornan mas bajas al reutilizar esta arena.

La permeabilidad decrece porque la fineza de la arena se incrementa. El uso periódico de equipos de prueba de arena es recomendable a fin de medir las propiedades y determinar las adiciones necesarias antes de llegar al punto donde es necesario descartar la arena.

Las adiciones de nuevo aglutinante pueden ser tanto como de 0.3% como de 0.5% de la arena que se reprocesa, estas adiciones se refieren a la bentonita, si utilizamos alguna arcilla corriente sera necesario agregar un porcentaje mas alto, ya que su poder de aglutinación es menor.

MEZCLADO DE ARENAS.

Cuando reutilizamos las arenas, el uso de un molino triturador, un separador magnético de partículas, una criba y un molino mezclador es necesario para obtener los máximos beneficios de nuestro material, ver (37).

A partir del desmoldeo se obtienen terrones de arena verde (los corazones de arenas con aglutinantes no regenerables se desechan), estos se muelen en un triturador, la arena obtenida se pasa por un separador magnético para quitarle las partículas de hierro. Posteriormente la arena se pasa por una criba para clasificarla y almacenarla. Cuando se desea volver a utilizar la arena se mezcla con el aglutinante en el molino mezclador.

Si realizamos el mezclado manualmente es necesario agregar una mayor cantidad de aglutinante.

Es especialmente importante que la arena que se destina a los corazones y que está en contacto

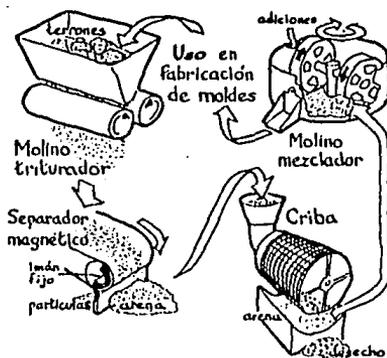


Fig 37 Reutilizacion de arenas

con los modelos sea procesada con un molino mezclador, ya que así obtenemos un control más preciso de las características de la arena.

Para conocer las características de operación de cada máquina mezcladora deben consultarse las especificaciones del fabricante o se deben realizar pruebas.

Los mejores resultados se obtienen mezclando la arena y el aglutinante secos por lo menos durante un minuto.

Esta operación distribuye el aglutinante uniformemente en la arena.

Se agrega entonces una parte del agua necesaria para humedecer la mezcla, se continua con la operación de mezclado (tiempo variable 1 a 5 minutos, según la máquina) agregando el agua restante. Mezclar la arena por un periodo más largo del necesario no incrementa las propiedades de esta.

El molino y el mezclado de la arena distribuye las arcillas y otros aglutinantes sobre cada grano de arena gracias a una acción de amasado y embadurnado. Tal distribución del aglutinante es imposible de realizar manualmente, no importando que tan cuidadosamente se haga. Además como las arenas mezcladas manualmente requieren de más aglutinante ven decrementada su permeabilidad.

MEZCLADO MANUAL.

Hay ocasiones en que no es posible disponer de una máquina que haga el mezclado, entonces no queda más remedio que hacerlo manualmente. Cuando esto es necesario, debe realizarse preferentemente un día antes de que la arena sea utilizada.

El aglutinante seco debe agregarse al montón de arena seco, poco a poco mientras se mezcla minuciosamente.

Después que el aglutinante ha sido agregado en su totalidad y que el mezclado en seco ha sido completado, debe adicionarse el agua poco a poco con una regadera de jardín mientras se continúa mezclando la arena. Si la cantidad de arena es mucha, es necesario utilizar una pala del modo en que se ve la fig. (38), esto se logra dando un giro a la pala con la mano que tomamos el maneral.

Una vez completada la operación de mezclado la arena debe cernirse y dejar que repose al menos por unas horas, cubriéndola con una película plástica.



fig 38 Mezclado manual de Arena

PROPIEDADES

Las propiedades de las arenas son las siguientes:

- Permeabilidad.
- Resistencia mecánica (compresión, tracción y corte).
- Compactabilidad.
- Humedad.
- Estabilidad.
- Fluidez.
- Refractariedad.
- Colapsabilidad.

En este manual analizaremos solo las más importantes y útiles que son:

- Permeabilidad verde (humeda).
- Resistencia verde (humeda).
- Contenido de humedad.
- Y la influencia del contenido de arcilla y fineza de grano en estas.

PERMEABILIDAD VERDE.

La permeabilidad verde es aquella propiedad de una arena verde que permite la circulación de gases o vapor a través de la arena. La porosidad o aberturas entre los granos de de un molde de arena son los que proporcionan esta propiedad.

Existen cuatro factores que controlan la permeabilidad de una arena de fundición:

- 1.- Fineza de los granos de arena.
- 2.- Forma de los granos de arena.
- 3.- Cantidad y tipo de aglutinante.
- 4.- Contenido de humedad.

La permeabilidad se expresa con un número que se incrementa conforme aumenta la porosidad de la arena.

El efecto general del tamaño del grano en la permeabilidad se muestra en la fig. (39).

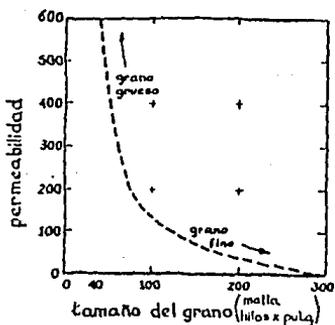


Fig 39 Influencia del tamaño del grano de arena en la permeabilidad

Fineza de los granos de arena.

Antes de proseguir conviene aclarar que la medida de la fineza de la arena se da por el número de la malla utilizada para cernirla, así por ejemplo para obtener una arena número 90 es necesario utilizar una malla con 90 hilos por pulgada.

La permeabilidad de la arena de grano grande es muy alta, mientras que si disminuimos el tamaño de los granos de arena la permeabilidad decrecerá rápidamente. Este decremento es debido a lo estrecho de las aberturas entre los granos individuales de las arenas finas.

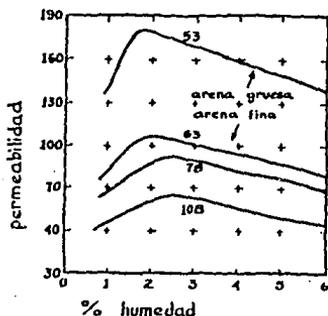


Fig 40 La permeabilidad se ve afectada por el tamaño del grano y la humedad

La permeabilidad de cuatro arenas típicas de fundición, cuyo grano va de grande a fino se muestran en la fig. (40).

Los números que se muestran en la gráfica son los correspondientes a la fineza del grano. La arena gruesa, que tiene una gran abertura entre sus granos tiene una alta permeabilidad. Las otras arenas como tienen granos mas pequeños el espacio entre ellos es menor y por lo tanto la permeabilidad.

Forma de los granos de arena.

Existen dos formas basicas de arena: Angulares y redondeadas. Hay a su vez varios grados de angularidad y redondez entre un extremo y otro. Los granos angulares pueden ser comparados a

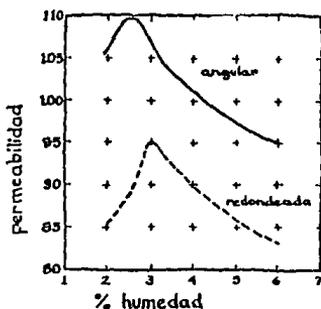


Fig 41 Efecto de la forma de los granos de arena en la permeabilidad

una roca que se ha roto, tendrá filos y esquinas, mientras que los granos redondeados tienen la apariencia de piedra de playa, la cual ha sido erosionada por la acción de las olas.

Los granos de arena angulares tendrán mayor permeabilidad, ver fig. (41).

Aglutinante.

La cantidad y tipo de aglutinante también tiene un efecto en la permeabilidad de la arena de fundición.

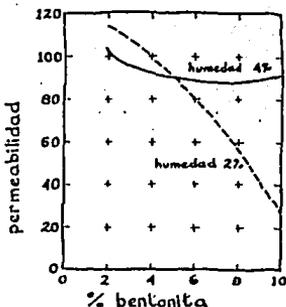


Fig 42 Efecto de la cantidad de bentonita en la permeabilidad

El resultado del incremento en la cantidad de bentonita en la permeabilidad se muestra en la fig. (42). Las permeabilidades mostradas corresponden a humedades del 2% y 4%. Con un 2% de

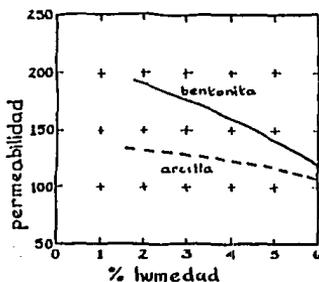


Fig 43 Efecto de la bentonita o la arcilla en la permeabilidad

humedad, la arena muestra un rápido decremento en permeabilidad con el incremento de bentonita.

La arena que contiene un 4% de humedad presenta una permeabilidad constante después de que se ha alcanzado un 4% de bentonita, esto hace suponer que un 4% de humedad en este tipo de arena produce la mejor permeabilidad independientemente del contenido de aglutinante.

El tipo de aglutinante también afecta la permeabilidad como se muestra en la fig. (43).

Contenido de humedad.

El efecto del contenido de humedad en la permeabilidad se mostró en las figuras (40 y 41).

La baja permeabilidad que se presenta cuando tenemos un bajo contenido de humedad se debe a que las partículas secas de arcilla llenan los espacios entre grano y grano.

Las figuras (40 y 41) muestran un incremento en la permeabilidad a un valor máximo, y posteriormente un decremento conforme se le adiciona agua.

El incremento de la permeabilidad se produce cuando la humedad ocasiona que las partículas de arcilla se aglomeren o adhieran.

Cuando se agrega agua en exceso, esta comienza a ocupar los espacios entre los granos de arena, como resultado tendremos un descenso en la permeabilidad.

RESISTENCIA VERDE

La resistencia verde es aquella que tiene la arena de molde justo después de que ha sido preparada.

Esta resistencia es necesaria para el manejo de la arena durante las operaciones de moldeo y para mantener la forma del molde una vez que se ha vaciado el metal en su interior.

La resistencia verde se expresa en las libras por pulgada cuadrada necesarias para romper una probeta de arena.

Los mismos factores que controlan la permeabilidad también controlan la resistencia verde, estos son:

- 1.- Píneza de grano.
- 2.- Forma del grano.
- 3.- Cantidad y tipo de aglutinante.
- 4.- Contenido de humedad.

El mezclado o molido también afecta este factor, aunque esto debe tratarse en otro apartado (ver sección de mezclado).

Fineza de grano.

Para tener una gran resistencia en la arena de moldeo es necesario asegurar una amplia area de contacto entre los granos de la arena, por supuesto que esto es mas fácil de lograr si utilizamos una arena fina. Una arena de grano grande tendrá mucho menor area de contacto, aún siendo la misma cantidad de arena, esto tendrá como resultado una menor resistencia verde, ver fig. (44). La resistencia verde se incrementa cuando cam-

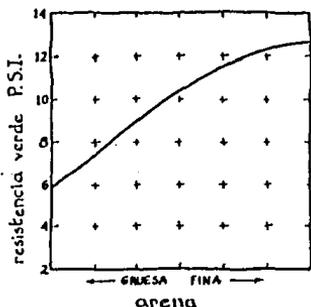


Fig 44 La resistencia verde se ve afectada por la fineza de la arena

biamos de arena gruesa a arena fina.

La fig. (45) muestra las variaciones de la resistencia verde para cuatro diferentes arenas. La arena con el mas alto número de fineza (108) es la

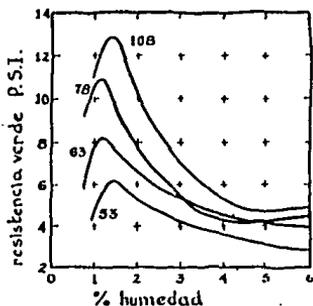


Fig 45 Resistencia verde con diferentes tamaños de grano de arena

que posee la mas alta resistencia con un determinado contenido de humedad.

Las otras arenas se tornan progresivamente mas débiles conforme aumenta su grano.

Forma del grano.

El area de contacto entre los granos de arena se ve afectada por la forma de los granos. Los granos redondeados se compactan mas cercanamente que los angulares, como resultado tenemos una adhesión mas firme entre ellos.

Una comparación de resistencia verde entre arenas de granos redondeados y angulares puede observarse en la fig. (46).

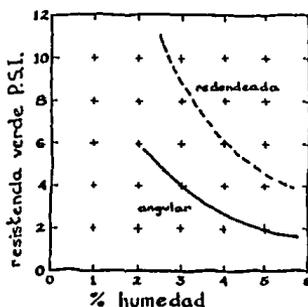


Fig 46 La resistencia verde se ve afectada por la forma del grano de arena

Aglutinantea

La resistencia verde es afectada directamente por la cantidad de aglutinante que se le agrega. A mayor cantidad de aglutinante será mayor la resistencia, tal como se muestra en la fig. (47).

El tipo de aglutinante usado (barro, cereal, dextrina, colofonia) también afecta la resistencia de nuestra arena de moldeo.

Una comparación entre la resistencia de la bentonita y una arcilla convencional puede observarse en la fig. (48).

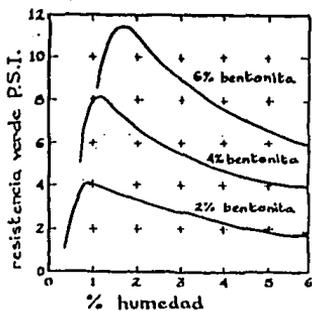


Fig 47 La resistencia verde es afectada por la cantidad de bentonita y humedad

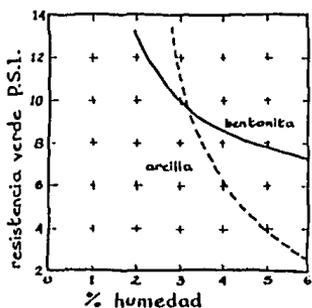


Fig 48 Efecto de la bentonita y arcilla en la resistencia verde

Contenido de humedad.

El efecto de la humedad en la resistencia verde es similar en sus efectos a la permeabilidad.

La resistencia se incrementa con las primeras adiciones de agua, se alcanza una resistencia máxima, y posteriormente comienza a decrecer.

Esto se ilustra en las figuras (41 y 47).

AGLUTINANTES

Los aglutinantes son materiales que se agregan a las arenas de moldeo a fin de mantener unidos los granos de la arena, esta característica con-

vierte en material de moldeo nuestra materia prima.

El efecto que surten aglutinantes como la bentonita y otras arcillas en la permeabilidad y resistencia verde ya se ha tratado en los párrafos anteriores. Sin embargo existen otros aglutinantes como los cereales, dextrina y colofonia, que son usados como aditivos para aumentar o modificar las características de los aglutinantes comunes.

Los aglutinantes a base de cereal son la harina de maíz y trigo. La harina de maíz mejora moderadamente la resistencia seca pero mejora sobremanera la resistencia verde (cuando se trabaja la arena en estado húmedo y posteriormente se hornea). La harina de trigo por otro lado, contribuye un poco a incrementar la resistencia verde, pero mejora la colapsabilidad de una arena.

Es importante descubrir que los efectos de los aglutinantes a base de cereal no son los mismos.

Los aglutinantes a base de dextrina son una forma de azúcar y producen una resistencia seca mucho más alta que la que producen los cereales, aunque el uso de la dextrina produce una reducción en la resistencia verde de las arenas de moldeo. La melaza se utiliza como un sustituto de la dextrina, aunque los resultados no son tan ventajosos.

Los aglutinantes a base de colofonia son productos comerciales que se utilizan principalmente como aglutinantes para corazones o para moldes de arena seca.

Una arena que ha sido aglutinada a base de colofonia presenta una superficie dura una vez que ha sido horneada, pero tiene la desventaja de que absorbe mucha humedad una vez que se almacena. Es por esto que los moldes y corazones que han sido hechos con arenas aglutinadas a base de colofonia tienen que utilizarse tan pronto han sido elaborados.

OTRAS PROPIEDADES

Para el fundidor otro tipo de propiedades que son importantes son la resistencia caliente y la colapsabilidad.

La resistencia caliente es la que tiene una arena cuando se encuentra sometida a la temperatura de vaciado del metal fundido en cuestión. Este tipo de resistencia es necesaria para retener la forma del molde antes de que comience la solidificación del metal.

La colapsabilidad es la propiedad que permite que un molde o corazón de arena se desmorone cuando se sujeta a las fuerzas de contracción de una pieza fundida.

Tanto la colapsabilidad como la resistencia caliente pueden determinarse por observación, estas propiedades van de la mano, y no se puede hablar de una sin la otra. La arena ideal de fundición tendría buena colapsabilidad y buena resistencia caliente, pero una combinación como esta es difícil de lograr, solo si se tiene un control muy preciso del proceso, se logrará.

Estas propiedades pueden verificarse observando la condición de la arena cuando retiramos la pieza de fundición obtenida.

Si la arena es difícil de remover de las cavidades profundas, carece de colapsabilidad. La aparición de alguna fractura es indicación de una muy alta resistencia caliente y falta de colapsabilidad.

En estas páginas hemos visto que resulta obvio que los factores que afectan las propiedades de una arena de moldeo están en constante dependencia unos de otros. Esta interdependencia de propiedades debe mantenerse en mente constantemente, especialmente cuando tratamos de determinar la causa de algún defecto de fundición. La causa de algún defecto aparentemente obvio puede no ser real, pudiendo en muchos casos deberse a la combinación de factores que se encuentran en la arena de fundición.

METODOS DE PRUEBA PARA ARENAS DE FUNDICION

Para el proceso ordinario de fundición a la arena se requiere el empleo de cantidades considerables de arena. Esta es empleada en la fabricación de los moldes que servirán para hacer el vaciado del metal directamente en ellos. Para lograr una buena arena, es necesario prestar mucha atención a todos los detalles que entran en la preparación, control, manejo y uso apropiado de la misma.

La medición de las propiedades de las arenas, forman parte del control de este material, siendo dichas mediciones muy importantes cuando se correlacionan con la calidad de las piezas obtenidas.

Una arena de moldeo es el resultado de unir y mezclar convenientemente varios componentes para obtener de ellas las características deseadas.

Una arena verde (se le llama así a la mezcla de arena húmeda), que es el tipo de arena más utilizada, se compone de los siguientes elementos:
Arena sílica, arcilla y agua.

Cualquier otro elemento deberá ser considerado como un agregado o modificador cuya finalidad es la de modificar o mejorar determinadas propiedades.

En nuestro país hoy en día, las fundiciones utilizan equipo americano y métodos de ensayo recomendados por la sociedad americana de fundidores (AFS).

Para realizar estos ensayos es necesario el siguiente equipo:

1. Píison normalizado marca Harry W. Dietert Co.
2. Bascula granataria marca Ohaus (o equivalente).
3. Medidor de permeabilidad marca Harry W. Dietert Co.

4.- Medidor de humedad Dietert marca Harry W. Dietert Co.

5.- Máquina universal de resistencia marca Harry W. Dietert co.

PROCEDIMIENTO PARA PREPARAR PROBETAS DE ARENA

Para llevar a cabo los distintos ensayos es necesario elaborar las probetas. Estas deberán ser normalizadas para las pruebas de permeabilidad, resistencia al corte y a la compresión. Las probetas normalizadas tienen 2" de diámetro y 2" de altura. Para lograr esto, se colocan 160 gr. en el tubo de probetas, se posiciona este en el pisón, se coloca la cabeza del pisón sobre la arena, se le da al tubo media vuelta hacia el lado izquierdo.

Una vez realizada esta operación se apisona la probeta accionando la manivela del excentrico 3 veces.

Terminado el apisonado, se debe observar si la parte superior del émbolo corresponde con la línea central del marcador de tolerancia ver fig. (49). En caso negativo la probeta se debe desechar y volver a preparar otra ajustando el nuevo peso en forma estimativa, se repite el procedimiento hasta obtener la probeta dentro de la altura recomendada de 50.8mm (2").

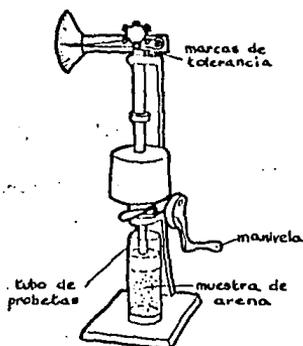


Fig 49 Pisón de probetas

Algunos ensayos requieren la extracción de la probeta del tubo (Resistencias), en tal caso se utiliza un poste extractor. Esta extracción debe realizarse suavemente para no deformar la probeta.

Como la arena apisonada comienza a secarse al aire inmediatamente después del apisonado y como los valores de resistencia y permeabilidad cambian con el contenido de humedad, los ensayos deben realizarse en un tiempo mínimo.

Al terminar de utilizar el pisón normalizado es conveniente limpiarlo de arena con una brocha y lubricar el émbolo.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD

Actualmente el método mas utilizado en todas las fundiciones es conocido como método por aire caliente forzado, el cual consiste en dirigir aire caliente a través de una charola con una muestra de arena hasta evaporar toda humedad.

La charola es contenida en el aparato por un soporte que permite asegurar un cierre hermetico por medio de un resorte.

Para llevar a cabo este ensayo, se coloca en la charola una muestra de arena (50 gr.), posterior-

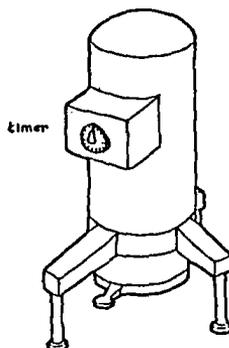


Fig 50 Medidor de humedad

mente es secada por medio del aparato Dieler, una vez secada se vuelve a pesar y por medio de la siguiente fórmula podremos determinar la cantidad de humedad.

$$\% \text{humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} (100)$$

En donde: P_i = peso inicial, P_f = peso final.

Por otra parte los equipos especialmente fabricados para este tipo de pruebas ver fig. (50) resultan ser de fácil mantenimiento y manejo, pero a pesar de ello se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para llevar a cabo la determinación más precisa de la humedad:

1.- La muestra debe ser representativa del lote de arena.

2.- El peso de la muestra se debe determinar antes y después del secado con una aproximación hasta miligramos.

3.- Cuando se mide humedad en arenas finas, se sugiere colocar una pieza de papel bajo la charola durante la operación, para que se retengan en el las partículas de polvo que son forzadas a través del filtro por la presión del aire del ventilador. Estas partículas deben añadirse a la muestra de arena antes de calcular el porcentaje de humedad.

4.- La muestra de la mezcla de arena debe extenderse sobre la charola en una capa delgada para facilitar el secado.

5.- La operación de secado debe realizarse sin interrupciones.

6.- Después de cada ensayo la charola debe voltearse para eliminar la arena y utilizando una brocha suave quitar toda la que este adherida.

Los valores límite de humedad para una arena verde son:

límite mínimo 2%

límite máximo 8%

Un exceso de humedad puede provocar defectos en las piezas tales como: Seopaduras, porosidades, burbujas o ampollas.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD

Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad se utiliza un medidor de permeabilidad, que consiste en un tambor flotante engargolado a una circunferencia calibrada la cual trabaja a cierta presión, ver fig. (51).

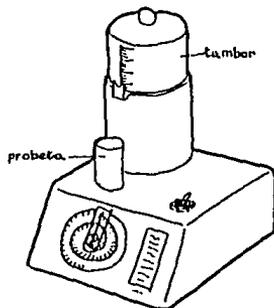


fig 51 Medidor de permeabilidad

La probeta se coloca en la parte destinada para ella, el tambor se coloca hasta el límite que indica X para iniciar la prueba, una vez que se opera la máquina el tambor desciende inyectando aire a la probeta, de esta manera podemos leer en un reloj indicador el número de permeabilidad.

Con el mismo instrumento es posible medir la permeabilidad "manualmente" de la siguiente manera:

Se levanta el tambor y se coloca en la marca X, se coloca la probeta de la manera usual, con un cronómetro tomamos el tiempo que tarda en bajar del punto X al nivel 2000 del tambor, dividimos 3007.2 (constante) entre el tiempo desespeñado y obtenemos la permeabilidad AFS.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE Y A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión de una arena en verde es la resistencia máxima que una muestra es capaz de soportar cuando se le prepara, apisona y eneya.

Para realizar este ensayo se requiere utilizar probetas de arena normalizadas y la maquina de resistencia, ver fig. (52).

Una vez efectuada la prueba de permeabilidad, extraemos la probeta del tubo y se coloca en las mordazas de nuestra máquina de resistencia universal. Las mordazas pueden seleccionarse para realizar la medición de la resistencia a la compresión o para la del corte.

Esta máquina se compone de un brazo que tiene una cremallera y un piñon, se opera por medio de una manivela la cual al ir subiendo ejerce cierta carga a nuestra probeta hasta llegar al límite de resistencia, que queda indicado por un imán que se desplaza a lo largo de la escala.

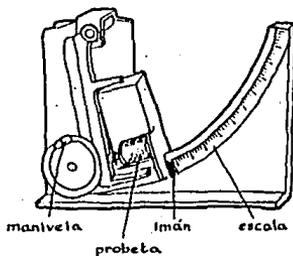


fig 52. Medidor de resistencia

Es necesario que el ascender y descender del brazo de la maquina sea en forma continua, para lo cual se recomienda girar la manivela lenta y constantemente (1 vuelta/seg.).

Una variante de esta máquina, es un modelo automático que no requiere acción manual ya que posee un sistema electromecánico que se desconecta automáticamente cuando la probeta se rompe al rebasar el límite de su resistencia.

Cuando la probeta se quiebra se debe de detener el giro de la manivela y leer la carga de rotura sobre la regla correspondiente.

La resistencia a la compresión debe ser el promedio de los resultados de 3 a 5 ensayos. Si el resultado de uno de ellos varía demasiado con respecto a los demás ensayos, el resultado obtenido debe descartarse.

CAPITULO VII

LOS MOLDES DE ARENA Y SU FABRICACION

GENERALIDADES.

Las piezas de fundición se fabrican vaciando el metal fundido dentro de moldes refractarios, permitiendo que se solidifique dentro de ellos.

El metal solidificado retendrá la forma de la cavidad que conforma el molde.

El molde se fabrica dándole forma a una mezcla de arena alrededor de un modelo con una forma determinada. Una caja de moldeo (metálica o de madera) se utiliza para retener esta arena. El modelo es entonces removido de la arena dejando una cavidad en la arena, dentro de la cual el metal fundido puede ser vaciado.

Todas estas operaciones pueden realizarse manualmente o con la ayuda de maquinaria, la cantidad de piezas y la capacidad del taller determinará el modo en que se realice, el principio operativo de la maquinaria se describe en el capítulo (4).

Por tratarse este de un texto de enseñanza, ilustraremos el proceso con el equipo y la manera en que se hace manualmente.

HERRAMIENTAS DE MOLDEO Y ACCESORIOS

Las herramientas y accesorios básicos especiales para el moldeo que utilizan los molderos se describen a continuación.

Cajas de moldeo.

Las cajas de moldeo son de madera o metal y en ellas se fabrica el molde. Deben ser lo suficientemente rígidas para evitarse distorsión durante el apisonado y transporte del molde.

Deben también resistir la presión del metal fundido durante el vaciado.

Estas cajas deben verificarse continuamente para evitar que no coincida la parte superior con la inferior. Es preferible usar cajas de moldeo de acero, de hecho la utilización de cajas de moldeo normalizadas es aún más deseable, ver fig. (53).

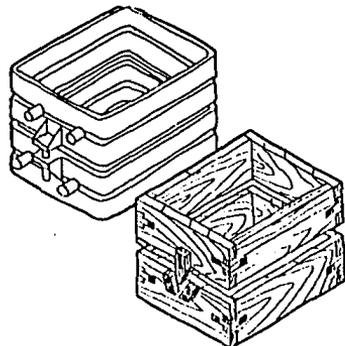


Fig 53 Cajas de moldeo

Bajo ciertas circunstancias o cuando no se tienen suficientes recursos las cajas pueden fabricarse de madera. Las circunstancias a las que nos referimos son aquellas en las que el tamaño de la pieza no permite utilizar las cajas normalizadas o cuando no existen suficientes recursos para adquirirlas. Las cajas de madera deben ser suficientemente robustas para soportar un trato rudo y bastante humedad, deben además ser más amplias de lo que sería una caja metálica, ya que se quemarían si el metal fundido está cercano a ellas.

Una caja de moldeo está compuesta básicamente de dos partes la superior y la inferior, aunque puede haber una parte intermedia cuando las dimensiones o características de la pieza lo exigen, ver fig. (54), de este modo podemos observar que existen cajas de 3 o más elementos.

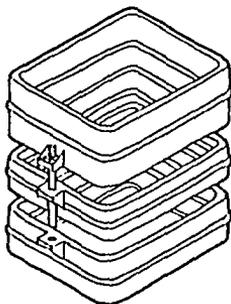


fig 54 Caja de moldeo de 3 secciones

Cuando el tamaño de la pieza es tan grande que no permite el uso de una caja de moldeo puede hacerse el molde en el piso o en un pozo, ver fig. (55).



Fig 55 Moldeo en piso

HERRAMIENTAS DE MANO.

Cernidores.

Se utilizan para cernir la arena sobre la superficie del modelo cuando se comienza un molde, esto con el fin de asegurar una correcta distribución de la arena en cada resquicio del modelo y para deshacer los terrones que forman por la naturaleza húmeda de la arena. Esto no tiene por objeto separar los granos de arena según su tamaño (ver cap. VI, perm. verde, fineza arena).

Una arena fina puede exigir un cernidor "fino" No. 3 (8 hilos por pulgada) que una gruesa (No. 4). Cabe aquí recordar que cuando se desea mayor detalle en la pieza es conveniente utilizar arenas de malla fina, ver fig. (56).

Apisonadores.

Se usan para apisonar la arena en torno al modelo en el interior de la caja, hay de muchos tipos, de hierro fundido, de mango de madera, de solera, los hay para trabajo de banco y para piso, ver fig. (56).

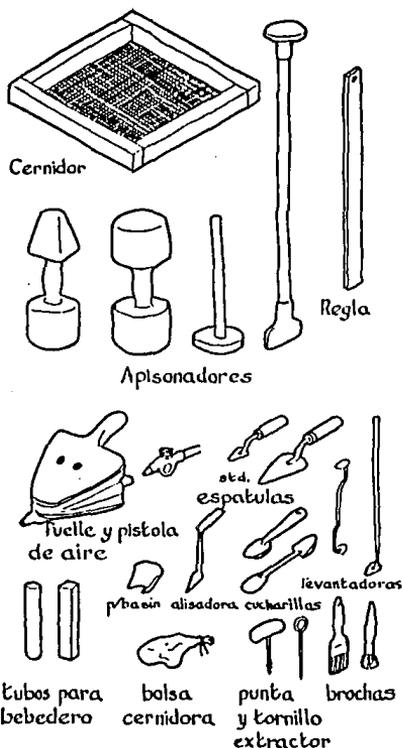


fig 56 Herramientas para moldeo

Reglas.

Se utilizan para dejar rasa la arena en las partes exteriores de las cajas de moldeo, están hechas de metal delgado pero rígido, ver fig. (56).

Fuelles y pistolas de aire.

Son útiles para quitar los exesos de material de separación (harina de silicio o talco) o partículas de arena que han caído en las cavidades, ver fig. (56).

Su utilización es muy recomendable ya que sustituir su uso con la fuerza de nuestros pulmones

puede acarrear riesgos para la salud al inhalar estos polvos.

Espátulas y cucharillas.

Las hay de muchos tipos y tamaños, su uso depende en gran medida del gusto del operario, recalcando que incluso el, puede ser el fabricante de las mismas, ver fig. (56).

Espátulas en general.

Sirven para hacer uniones dar acabados y allanar las superficies del molde.

Espátula levantadora.

Se utiliza para remover la arena que ha caído en las cavidades mayores de un molde hay de varias formas y tamaños. Son útiles también para alisar y conformar la arena en las partes profundas.

Espátula alisadora.

Son de varias formas y tamaños, además de alisar y dar la forma correcta al molde permite hacer reparaciones del mismo.

Cucharillas.

Tienen forma de cuchara (se utilizan incluso cucharas convencionales) y permiten dar la forma correcta a las esquinas redondeadas.

Cucharillas para basín.

Es un elemento de lámina de latón u otro metal que permite formar el basín con una sección cónica.

Tubos para bebederos.

Con ellos se conforman los bebederos, pueden ser de tubo cuadrado o redondo, aunque el uso de dispositivos de sección cónica es preferible ya que evitan la entrada de aire en la pieza, ver fig. (56).

Angulos.

Se utilizan para dar soporte a las masas de arena que cuelgan y que pueden romperse por su propio peso, ver fig. (57).

Estos deben limpiarse y cubrirse con arcilla con el fin de que se adhieran correctamente a la arena.

Los ángulos así como todos los refuerzos, soportes y enriadores metálicos no deben ser galvanizados, estar oxidados o tener suciedad ya que pueden generar gases y perjudicar la calidad de la fundición.

Otro punto en que se debe tener cuidado es en su localización, ya que pueden ocasionar el mismo efecto que un enriador, solidificando el metal antes de tiempo en un sitio inconveniente.

Soportes para corazones.

Los soportes para corazones sirven para mantener un corazón en determinada posición cuando no es posible utilizar una plantilla en el mismo.

En lo posible debe evitarse su uso, pero si no es posible, el material de que están hechos debe ser igual o compatible con el de la fundición (acero suave para fundición de hierro y acero, de cobre para latón y bronce).

Estos soportes no deben tener filos ni esquinas internas ya que el metal fundido no llenará este espacio, ver fig. (68).

Enriadores.

La meta de estos es lograr que el metal solidifique en determinada parte de la fundición y a determinado tiempo, evitando con esto rechupes en el material, mayores detalles los veremos en el capítulo (9).

Prensas y pesos.

Sirven para mantener unidas la parte superior e inferior de la caja de moldeo, el metal fundido se comporta igual que cualquier líquido, por lo tanto tiende a separar las dos mitades del molde una vez que ocupa la cavidad del mismo.

Los pesos simplemente se colocan en la parte superior de la caja de moldeo, ver fig. (57).

Bolsa cerndora.

Para evitar que se peguen las partes del molde por su línea de partición y para facilitar el desmoldeo del modelo es necesario aplicar una delgada capa de polvo separador (talco o harina de silicio) por medio de una pequeña bolsa de manta, que a través de sus tejidos permite esparcir uniformemente el polvo, ver fig. (56).

Alambres para venteo.

Es necesario contar con alambres rígidos y delgados para hacer los venteos, ver fig. (57).

Puntas y tornillos extractores.

Se utilizan para extraer los modelos de madera de la arena compactada, ya sea alornillandolos o clavandolos en los barrenos que han sido hechos con esa intención, ver fig. (56).

Brochas.

Se utilizan para limpiar el modelo y la unión del molde, las brochas de pelo suave se usan para limpiar las caras del molde, ver fig. (56).

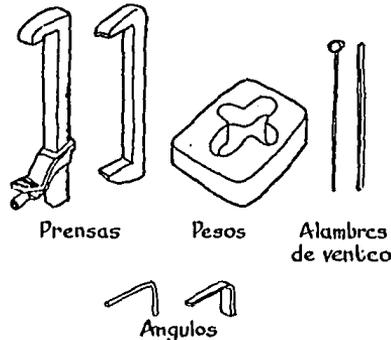


Fig 57 Herramientas para moldeo

MOLDEADO CON MODELOS NATURALES Y BIPARTIDOS.

Moldear con modelos naturales (de una pieza) o con modelos bipartidos facilitan bastante el trabajo.

En la figura (58) mostramos como moldear con un modelo bipartido que utiliza un corazón.

El moldeado con piezas originales o con modelos no naturales de una pieza implica hacer cortes en la arena para hacer la línea de partición o la fabricación de una caja falsa, veremos esto después.

Cuando hacemos un molde debemos escoger una caja de moldeo que nos proporcione la amplitud necesaria entre modelo y caja para ubicar los bebederos y mazarotas.

Debe haber también espacio suficiente arriba y abajo del modelo para prevenir posibles escapes de metal durante el vaciado o por alguna deformación del molde.

Es mejor escoger una caja mas grande de lo necesario, seleccionar una caja muy pequeña nos dificulta la ubicación de los bebederos y mazarotas. Si utilizamos una caja de moldeo de acero y si ubicamos demasiado cerca de sus paredes los bebederos o mazarotas, estos serán enfriados prematuramente por la caja y no desempeñaran su función correctamente.

Es necesario que el moldeo se realice sobre un tablero robusto de madera, este debe ser 5 o 6 cm. más grande que la caja de moldeo.

Un tablero de triplay de 19 mm que no tenga millimetrada su superficie es una buena elección, una superficie rugosa o marcada nos hará trabajar más.

Antes de comenzar el moldeo debemos verificar que el modelo esté limpio y que ajuste correctamente con otras piezas si es que este es bipartido.

Debemos recordar que cernir las primeras capas de arena es muy importante ya que esto asegura una reproducción mas fiel del modelo.

El molde debe ser compactado firme y uniformemente para obtener una superficie limpia y suave en la pieza evitando a su vez penetración de metal en la arena, así también debe haber suficiente arena para evitar golpear el modelo y por consecuencia dañarlo.

Debe existir un contacto sólido y completo entre el tablero de madera y la arena ya compactada de la caja, ya que el molde debe tener un adecuado soporte cuando es volteado.

El material que se espolvorea en las caras internas del molde evita que se pegue la arena de la parte superior con la arena de la parte inferior, puede utilizarse para este fin harina de silicio o talco.

MOLDEANDO CON MODELOS MONTADOS EN PLACA

Moldear con modelos en placa es más sencillo y productivo que hacerlo pieza por pieza, ver fig. (34).

Los modelos utilizados comunmente son de metal aunque pueden ser hechos de resina epoxicas. Cuando los modelos son metálicos pueden ser fabricados en fundición a partir de un modelo de madera, teniendo cuidado de dimensionar este con una doble contracción, para que la pieza final posea las dimensiones requeridas.

La placa en que se montan los modelos debe ser de aluminio para que sea más ligera.

El alineamiento de los modelos superiores e inferiores debe realizarse con precisión.

Este tipo de moldeo tiene la ventaja de poder ser trabajado con más fuerza, puede también ser con-

estado un dispositivo vibrador a la placa para facilitar la compactación de la arena así como la extracción de los modelos. Una ventaja muy importante es que los sistemas de alimentación pueden ser incluidos como parte de la placa ahorrándonos un tiempo considerable en su configuración.

La secuencia de operaciones para moldear con modelos montados en placa es en realidad la misma que se realiza con los modelos bipartidos.

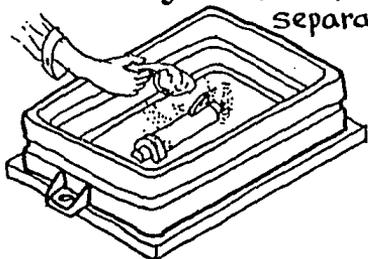
La placa de modelos se coloca entre la caja de moldeo superior y la caja de moldeo inferior.

La caja de moldeo inferior se llena de arena y compacta primero, se da vuelta a la caja y la parte superior se trabaja enseguida, una vez compactada la arena se retira la caja superior y posteriormente la placa de modelos.

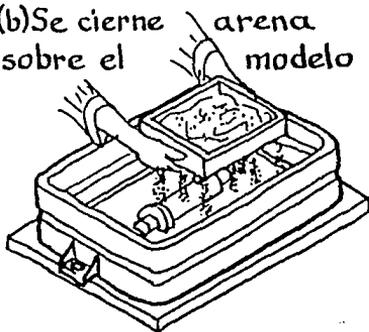
El resto de las operaciones es igual a las señaladas con los modelos bipartidos.

Fig 58 Moldeo en arena con modelo bipartido

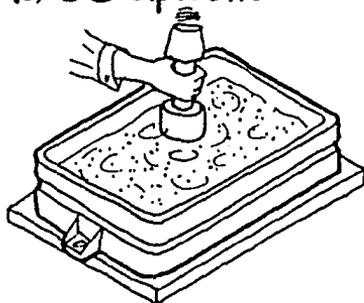
(a) Se coloca la 1a mitad del modelo y se aplica polvo separador



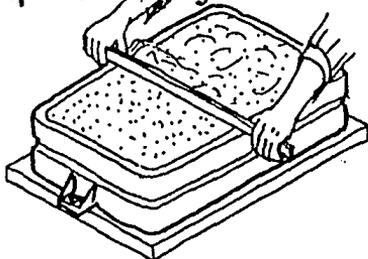
(b) Se cierra arena sobre el modelo



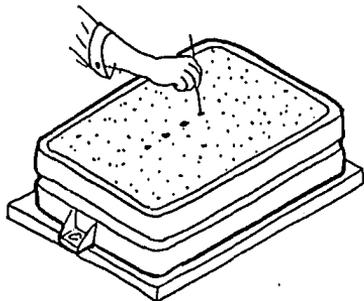
(c) Se apisona



(d) se llena de arena, se aplisona y se rasa



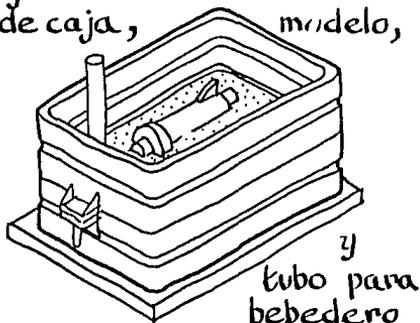
(e) Se hacen venteos



(f) Se voltea la caja y se aplica polvo separador



(g) Se coloca la 2ª mitad de caja, modelo,



y tubo para bebedero

(h) Se repite procedimiento



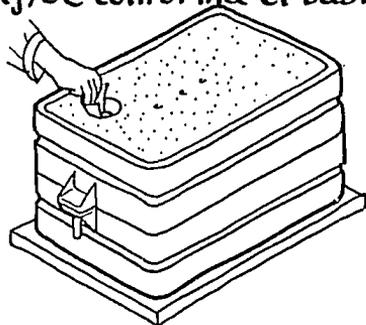
miento con la arena

(i) Se retira tubo

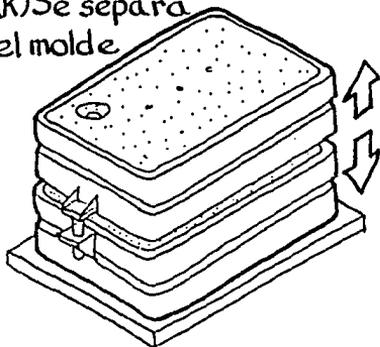


y se hacen venteos (sin retirar modelo)

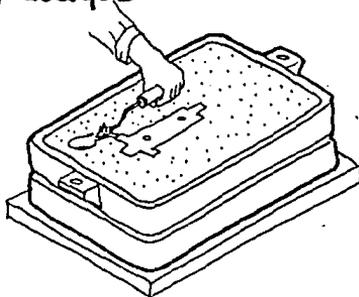
(j) Se conforma el basín



(k) Se separa el molde



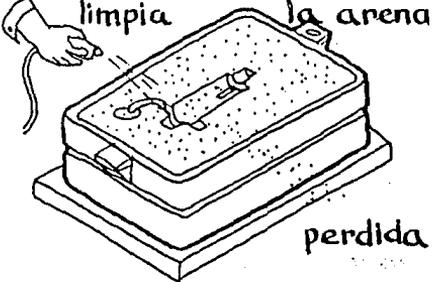
(l) Se conforman el canal y ataque



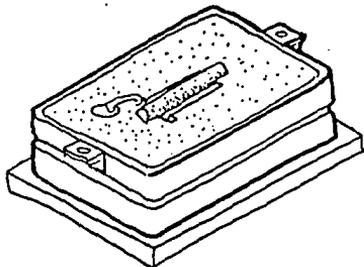
(m) Se coloca tornillo extractor



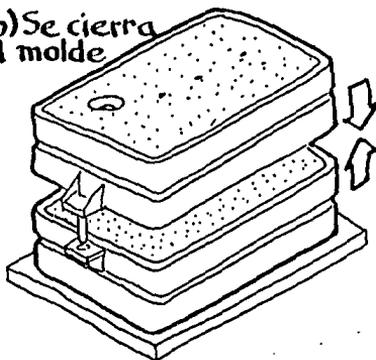
(n) Se extrae el modelo en ambas partes y se limpia la arena

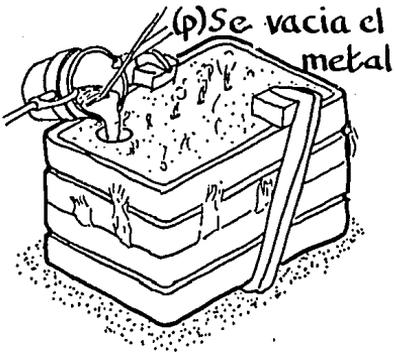


(ñ) Se coloca el corazón

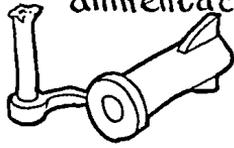


(o) Se cierra el molde





(q) Obtención de la pieza (con sistema de alimentación)



MOLDEO CON CAJA FALSA Y CON PIEZAS ORIGINALES

Algunos modelos no tienen línea de partición recta o carecen de línea de partición que permita asentarse el modelo correctamente en el tablero. Cuando utilizamos piezas originales como modelo (frecuentemente la pieza disponible está rota) casi invariablemente la situación es esta.

El modelo o pieza requiere soporte especial mientras se conforma el molde.

El método de la caja falsa provee este soporte extra y hace posible tener una línea de partición bastante irregular.

Esencialmente el método consiste en moldear con la parte o modelo una burda caja falsa que soportará la parte misma mientras la parte inferior del molde es formada.

La caja falsa es entonces removida y se trabaja la parte superior del molde, finalmente se unen las dos mitades del molde para tenerlo completo.

El corte de una línea de partición es probablemente el paso más importante en el moldeo con caja falsa.

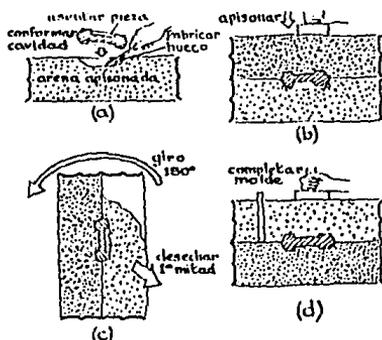


Fig 59 Moldeo con caja falsa

El proceso puede tener algunas variantes, una de ellas es compactar con arena la caja de moldeo superior sin modelo o pieza alguna, el modelo se asienta conforme a la línea de partición de la caja de moldeo retirando o agregando arena adicional o las dos cosas, ver fig. (59), una vez obtenida esta parte podemos moldear la otra mitad del molde conforme el método tradicional, pero esto no significa que la labor este terminada ya que la primera mitad del molde que hicimos debe ser desechada y substituirse por un cuerpo de arena que haya sido moldeado de una sola vez.

Cuando se requieren varias piezas con un plano de partición irregular se recomienda la fabricación de una caja falsa permanente, esta puede ser de madera o yeso, es conveniente el uso de una caja falsa de madera cuando sabemos de antemano a la fabricación del modelo que ocuparemos la misma.

Cuando no tenemos modelo y solo disponemos de una pieza original y sus formas son irregulares es más sencillo utilizar una caja falsa de yeso.

La única diferencia utilitaria entre una caja falsa de madera y una de yeso es el material de que estan hechas, siendo más durable la de madera.

Para fabricar una caja falsa de madera se utilizan los mismos procedimientos que para los modelos de madera.

Si la caja falsa es de yeso se coloca la pieza o modelo en un tablero plano y rígido de madera en la parte central de una caja de madera que sea más pequeña que la caja de moldeo, tanto en su altura como longitudinalmente. Es conveniente señalar que el modelo debe tener sus paredes completamente lisas y embadurnarse con vaselina para evitar que quede pegado al yeso, ver fig. (60).

Una vez hecho esto, se vacía el yeso hasta cubrir lo que se pretende sea la línea de partición.

Una vez que el yeso comienza a fraguar podemos hacer los rebajes necesarios para dar forma a la línea de partición y poder hacer salir el modelo.

Una vez que ha secado completamente el yeso se le aplican una capa de sellador para evitar que la humedad penetre en nuestra caja falsa. Trabajar con una caja falsa permanente es muy

sencillo solo debemos retirarla cuando ya ha cumplido con su función.

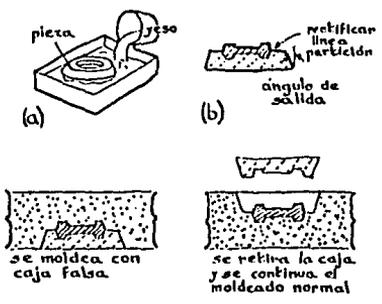


Fig 60 Moldeo con caja falsa (yeso)

CERRANDO LOS MOLDES

El factor mas importante para cerrar apropiadamente un molde es contar con cajas de moldeo en buen estado, los pernos y anillos deben estar limpios y las paredes de la caja deben estar en ángulo recto.

CAPITULO VIII

FABRICACION DE CORAZONES

GENERALIDADES.

Parte de las actividades de moldeo es la obtención de corazones, estos son necesarios cuando una pieza debe tener una cavidad o hueco.

El corazón es un cuerpo de arena previamente fabricado dentro de una caja de corazón que se coloca dentro de la cavidad del molde después de haber retirado el modelo. También puede

utilizarse para evitar contrasalidas, y en general para facilitar el moldeo. La lámina (61) ilustra la obtención de los corazones y su colocación en los moldes.

Los corazones pueden ser de arena húmeda, formados con la misma arena del molde; los corazones de arena cocida son utilizados cuando se debe tener una buena resistencia para soportar el impacto y la temperatura del metal, y a la vez,

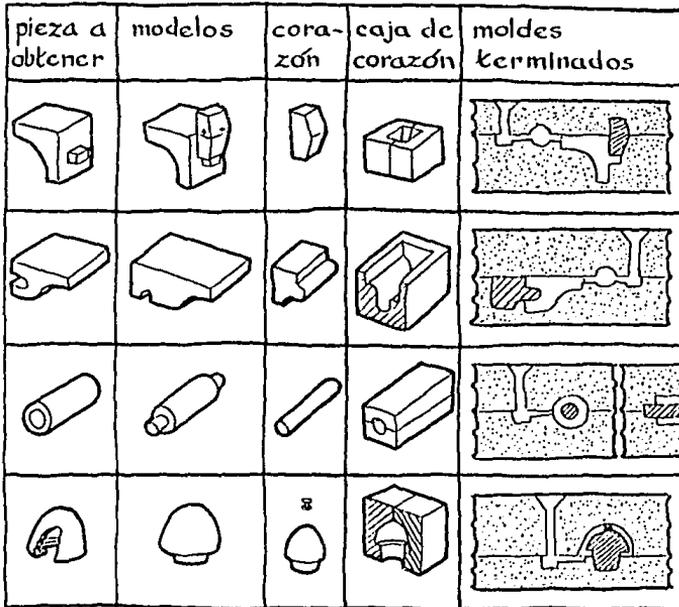


Fig 61 Obtención y colocación de corazones

para evitar fracturas por la contracción de esta como para facilitar su extracción.

Los corazones de arena cocida utilizan como base arena sílica nueva o arena de cuarzo y otros aglutinantes. Los mas usuales son el aceite de linaza, la harina, dextrina y otras mezclas que se obtienen ya preparadas como urea y formaldehído fenólico; Todos estos se curan o endurecen por la acción del calor al ser horneados.

Existen otros materiales que para endurecer no requieren calor, como por ejemplo una mezcla de arena y silicato de sodio, que obtiene resistencia al introducir dentro de ella una corriente de bióxido de carbono.

HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA FABRICAR CORAZONES.

Las herramientas y accesorios que se utilizan para fabricar corazones son basicamente las mismas que se utilizan para fabricar moldes.

Los corazones toman su forma de la caja de corazones. Los corazones que tienen formas complejas pueden ser hechos en mitades por separado, se hornean o curan y posteriormente se adhieren.

REFUERZOS INTERNOS.

Los corazones están hechos de mezclas de arena que no poseen una resistencia aceptable sino hasta que han sido horneados, secados o curados (si es un corazón shell).

Estos corazones necesitan algun tipo de refuerzo para permitir su manipulación mientras se somete al horneado. Aunque el refuerzo sigue siendo útil aún después, principalmente si sus secciones son delgadas o débiles.

En ocasiones es necesaria la fabricación de corazones con secciones largas o delgadas, la fragilidad que se hace presente en estos casos hace necesaria la utilización de un alma metálica que refuerze el corazón, esta alma debe ser lo suficientemente sencilla o débil para poder ser retirada de la pieza fundida una vez que esta ya se encuentra solidificada, ver fig. (62), además debe estar bien centrada o cuando menos perfectamente cubierta de arena para evitar su incrustación en el metal.

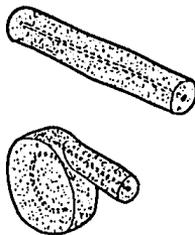


Fig 62 Refuerzos para corazones

Cuando un corazón esta hecho completamente de arena, la fuerza con que tiende a flotar cuando el metal es vaciado es bastante grande, pero cuando el corazón es hueco o está relleno con carbón, cosa que se hace para mejorar su colapsabilidad, la fuerza es todavía mayor. Si el corazón se mueve, flota, o se deforma, puede romper la pieza o será casi siempre defectuosa.

Los refuerzos mas comunmente usados son alambres y barras de acero. estos refuerzos pueden si es necesario tomar la forma de enrejado, atando alambres o soldando barras o tiras de acero.

Se debe tener cuidado de que el o los refuerzos no se aproximen a la superficie, ya que pueden ejercer el mismo efecto que un enfriador o pegarse con el metal.

CONSIDERACIONES GENERALES.

En la elaboración manual de los corazones es necesario tener en cuenta algunos puntos:

La arena que se vierte en la caja de corazones debe dosificarse en capas de 15mm, la compactación debe hacerse capa tras capa, esto asegura la uniformidad de la consistencia del corazón.

Al vaciar la arena en la caja de corazones debe fluir esta con cierta libertad sin necesidad de compactarla con gran fuerza, aunque el apisonado que se realice debe ser suficientemente firme con el fin de asegurar que la superficie del corazón sea uniforme y suave.

Cuando la parte a compactar es demasiado intrincada como para poder permitir el paso de un apisonador común, podremos auxiliarnos con los dedos de la mano o con herramientas especiales.

Cuando los corazones que se fabrican son de tamaño mediano o grande, el material que constituirá su superficie será la mezcla de arena propuesta, pero es conveniente que su centro esté constituido de carbón granulado o de arena de moldeo de desecho, estos materiales le proporcionan al corazón un veteo y colapsabilidad adecuados (el proceso shell no presenta este problema ya que la pieza puede ser hueca).

El veteo en un corazón de forma simple (como puede ser uno de forma cilíndrica) resulta sencillo de aplicar, solo hay que hacer un orificio insertando y retirando una barra de veteo por su centro.

Un corazón hecho por mitades debe vetearse por medio del corte de canales en su línea de partición, estos canales deben abarcar toda la longitud o cuerpo del corazón y prolongarse a las plantillas del mismo, los corazones de centro de carbón o arena de desecho, no requieren de veteos adicionales.

No es posible plantear una fórmula universal para determinar el diámetro mínimo de un corazón, esto depende de el tipo de procedimiento utilizado para fabricarlo (arena verde, secn, shell etc.), longitud del mismo, uso o no de refuerzos de alambre y calibre de este último.

Como ejemplo tenemos las llaves de agua para fregadero que utilizan corazones hechos con el proceso shell y con refuerzos de alambre obteniendo con ellos huecos con diámetros menores a 1cm. y longitudes de 1.5cm., en un corazón hecho de arena verde es prácticamente imposible lograrlo, siendo este último proceso ideal para piezas que requieran corazones de forma mas bien cúbica o cilíndrica gruesa (6cm largo X 2.5cm diámetro).

ALMACENAMIENTO DE LOS CORAZONES.

Los corazones que han sido horneados o secados tienden a absorber la humedad ambiental, esto hace decrecer su resistencia principalmente en su superficie.

Los corazones que han sido hechos con el proceso CO2 tienen el mismo problema, por lo que es conveniente que se utilicen antes de 24 horas, de preferencia inmediatamente.

Los corazones tipo shell no tienen este problema y almacenarlos en un sitio seco es mas que suficiente.

MEZCLADO DE ARENA PARA CORAZONES

Las arenas para corazones deben ser mezcladas en una máquina mezcladora o en un molino a fin de obtener las máximas propiedades de los distintos aglutinantes. Algunos de estos aglutinantes se encuentran en proporciones muy pequeñas y únicamente una operación de mezclado muy

cuidadosa puede distribuir uniformemente el o los aglutinantes en la arena.

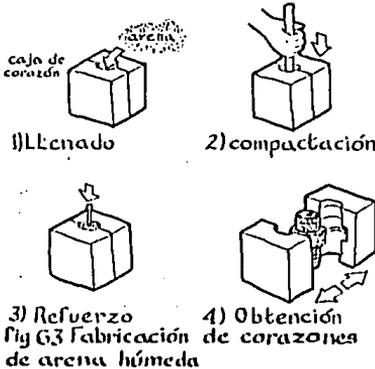
El mezclado manual con una pala requiere la adición de mucho mas aglutinante para obtener la resistencia deseada y sus resultados no son consistentes. En este caso el mezclado manual resulta desalentador.

En el mezclado de arenas para corazones los componentes se agregan en el siguiente orden:

- 1.- Arena (nueva).
- 2.- Aglutinantes secos.
- 3.- Mezclar componentes secos (1 o 2 minutos).
- 4.- Aglutinantes líquidos.
- 5.- Mezclar.
- 6.- Agua.

CORAZONES DE ARENA HUMEDA.

Su fabricación es muy sencilla porque solo se requiere de la caja de corazón para que en ella se vacie una cantidad conveniente de arena y despues se comprime, en la fig. (63) se muestra dicho procedimiento.



La utilización de estos corazones es para pequeñas producciones y piezas de cualquier tamaño. Si el corazón es grande es conveniente reforzarlo con una armazón de alambre y alambón.

Una mezcla típica de arena húmeda de corazón para hierro, aluminio y bronce puede ser la siguiente:

- Arena sílica malla 80-90 95%
- Bentonita 5%

CORAZONES DE ARENA COCIDA.

Los corazones de arena cocida tienen las siguientes ventajas:

- 1.- Se cocen rápida y uniformemente.
- 2.- Producen una mínima cantidad de gases cuando el metal fundido entra en contacto con el corazón.
- 3.- Son lo suficientemente permeables para permitir el escape de gases formados durante el vaciado.
- 4.- Tienen la dureza suficiente para resistir el efecto erosionante del metal fluyendo.
- 5.- Las propiedades de su superficie previenen la penetración del metal.
- 6.- Su resistencia caliente es suficiente para soportar el peso del metal fundido cuando este se vacia y durante el inicio de la etapa de solidificación.
- 7.- Soportan un manejo relativamente brusco.

tabla 12
MEZCLAS DE CORAZON DE ARENA PARA FUNDICIONES DE HIERRO GRIS

Arena		Material (% del peso)				Peso pieza
Tipo	#malla	Arena	Cereal	Aceite linaza	Agua	Kg
nueva	70-100	93.5	1.4	1.4	4.6	cualquiera

tabla 13
MEZCLAS DE CORAZON DE ARENA PARA FUNDICIONES DE ACERO

Arena		Material (% del peso)						Peso pieza
Tipo	#malla	Arena	Bentonita	Cereal	Aceite linaza	Agua	Harina silicio	Kg
nueva	50-70	83.8	.47	.47	.95	4.76	9.52	50-500
nueva	70-100	93.3		.47	1.42	4.76		chicas

tabla 14
MEZCLAS DE CORAZON DE ARENA PARA FUNDICIONES DE ALUMINIO

Arena		Material (% del peso)					Peso pieza
Tipo	#malla	Arena	Bentonita	Cereal	Aceite linaza	Agua	Kg
nueva	70-100	93.8	.19	.28	.95	4.76	General
nueva	70-100	94.2		.47	.47	4.76	Delgadas

tabla 15
MEZCLAS DE CORAZON DE ARENA PARA ALEACIONES DE COBRE

Arena		Material (% del peso)				Peso pieza
Tipo	#malla	Arena	Cereal	Aceite linaza	Agua	Kg
nueva	50-70	94	.5	1.5	4	+ 50

Mezclas de arena para corazones cocidos (materias convencionales).

Este tipo de corazones se fabrican de igual manera que los corazones de arena húmeda, la diferencia existente consiste en las materias primas utilizadas y en el posterior cocido que se hace del corazón, ver tablas (12-15).

Propiedades de los corazones de arena cocida.

Las propiedades físicas específicas que tienen las arenas de los corazones cocidos u horneados son básicamente las mismas que las que tienen las arenas de moldeo. Adicionalmente hay 3 factores principales que influyen en las propiedades de este tipo de corazones:

- 1.- Tiempo de cocimiento.
- 2.- Tipo de aglutinantes.
- 3.- Colapsabilidad.

Temperatura y tiempo de cocimiento.

El tiempo y temperatura de cocimiento varía con:

- 1.- El tipo de aglutinante utilizado.
- 2.- La proporción de arena y aceite.
- 3.- El tipo de horno utilizado.

La fig. (64) nos muestra la relación entre la resistencia, el tiempo de cocción y la temperatura. Es necesario hacer algunas pruebas para conocer nuestro material y equipo.

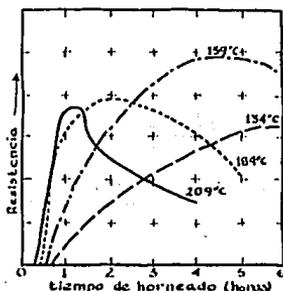


Fig 64 La resistencia de la arena es afectada por la temperatura y tiempo

En las arenas para corazones que tienen un aditivo a base de aceite ocurren dos cosas cuando comienzan a hornearse: Primeramente se expulsa la humedad, posteriormente la temperatura sube, ocasionando el secado y la oxidación parcial del aceite, es aquí cuando se desarrolla la resistencia del corazón.

Para un adecuado cocimiento del corazón es necesaria una temperatura uniforme la cual no debiera exceder los 260°C y no ser inferior a los 150°C.

El tamaño del corazón debe ser considerado en el horneado. La superficie exterior de un corazón se cocerá rápidamente y por lo tanto será la parte que desarrollará primeramente su resistencia. Si la temperatura se mantiene el interior del corazón seguirá cocindose hasta alcanzar su resistencia máxima. Pero en ese punto la superficie exterior un corazón grande ya se ha sobrecocido y su resistencia será ya baja. Esto puede evitarse llenando la parte central de los corazones grandes con un material de alta permeabilidad, baja humedad y bajo contenido de aglutinantes. También pueden practicarse perforaciones en las partes del corazón donde sea posible, y, en todo caso puede utilizarse una temperatura baja por mas tiempo.

Si el corazón no está apropiadamente cocido pueden aparecer los siguiente problemas en la pieza final:

- 1.- Esfuerzos internos excesivos, posibles fisuras causadas por la continuación del cocimiento con el calor del metal. Esto incrementa la resistencia del corazón al mismo tiempo que el metal se enfria y contrae.
- 2.- Debilidad causada por gases del corazón que no habían sido expulsados anteriormente.
- 3.- Suciedad atrapada debido a la erosión de un corazón mal cocido.

Se requiere práctica para determinar con precisión cuando un corazón "está en su punto", un método práctico es observar el color del corazón.

Cuando ha adquirido un color café nuez o café ligeramente rojizo es cuando esta apropiadamente cocido. Un color mas claro indica que es necesario mas horneado. Un color mas oscuro indica un sobrehorneado.

Tipo de aglutinante para corazón.

El tipo de aglutinante es importante desde el punto de vista de la generación de gases y la resistencia que se desarrolla.

Una buena combinación de resistencia verde, resistencia caliente, y resistencia seca o cocida puede obtenerse con la correcta combinación de aglutinantes. Por ejemplo, en una mezcla de arena que contiene aceite de linaza y cereal, este último auxiliará en la resistencia verde mientras que el aceite contribuye a aumentar la resistencia seca o cocida.

Colapsabilidad.

Deben observarse cuidadosamente las piezas obtenidas al retirarles la arena usada a fin de determinar si la mezcla para corazones tiene buena colapsabilidad.

Un corazón que despues de haber sido usado esta todaviá muy duro carece de colapsabilidad. Si se observa alguna fisura en el area que estuvo en contacto con el corazón la mezcla es demasiado resistente a altas temperaturas, y debe ser correpada. Un remedio a esto es agregar aproximadamente un 2% de aserrín a la mezcla.

Pegamento y relleno para corazones cocidos.

En ocasiones no es posible obtener un corazón de una sola pieza, sino que es necesario fabricar las mitades por separado y posteriormente unir las, para ello es necesario un "pegamento". Un buen adhesivo para este objetivo puede hacerse con la siguiente formula: 3% de bentonita, 6% de dextrina y .91% de harina de silicio. Estos ingredientes deben de mezclarse secos y agregar agua hasta producir la consistencia de una masilla suave.

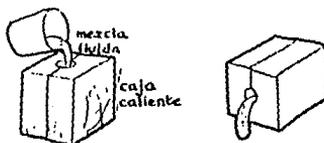
Un relleno para sellar las fisuras entre las partes de un corazón puede hacerse con: 3% de bentonita, 3% de dextrina y 94% de harina de silicio, los ingrediente se mezclan secos y se agrega agua hasta obtener la consistencia de una masilla dura. Este material se presiona contra las fisuras a fin de prevenir la penetración del metal.

MEZCLA DE ARENA PARA CORAZON TIPO CASCARA (shell).

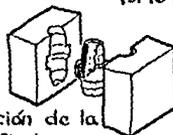
El proceso shell es un proceso que es conveniente utilizar solo cuando se producen cantidades de piezas relativamente grandes, ya que se debe utilizar un molde metálico llamado tambien caja caliente cuyo costo es mayor.

Este tipo de fabricación, se puede realizar manualmente o por medio de máquinas utilizando mezclas de arena silica con formaldehido fenólico que se venden preparadas comercialmente.

Mas sin embargo no es recomendable el trabajo manual con formaldehido fenolico y mas aún si este no ha sido cocido, ya que el contacto con este material representa RIESGOS para la salud.



- 1) Llenado
- 2) Retiro de exeso (si lo hay)



- 3) Obtención de la pieza final
- Fig 65 Representación del proceso de los corazones tipo cáscara (shell)

El corazón obtenido con este proceso es una cascara de arena la cual se forma debido al cocimiento sufrido por la mezcla que esta directamente en contacto con la caja de corazón metálica, previamente calentada, ver fig. (65).

Una mezcla típica de arena para corazón tipo cascara es:

Arena sílica malla 60-80 AFS 96%-98%

Resina fenólica 2.4%

Temperatura de estufado 220 grados centígrados.

MEZCLAS DE CORAZONES POR BIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

El modelo, molde y fabricación de estos corazones es igual a los que se utilizan en el proceso de arena en verde, utilizándose en este caso una mezcla de arena sílica y silicato de sodio (NaSi) que se endurece al incorporar al corazón que se encuentra aún en la caja una corriente de gas CO₂.

No se requiere un cocimiento posterior, y aunque el corazón sea grande, el endurecimiento que se logra en él, hace posible resistir los esfuerzos externos e internos. Este procedimiento suele ser más costoso que el proceso ordinario, debido al precio de las materias primas, también la vida de la arena se reduce y un corazón por CO₂ puede ser almacenado solo por 24 horas.

Mas sin embargo este proceso se vuelve más popular en las fundiciones pequeñas porque el equipo necesario no es costoso, ver fig. (66).

Una mezcla típica de arena para corazones por CO₂ es:

Arena sílica malla 80-90 AFS 95%

Silicato de sodio 5%

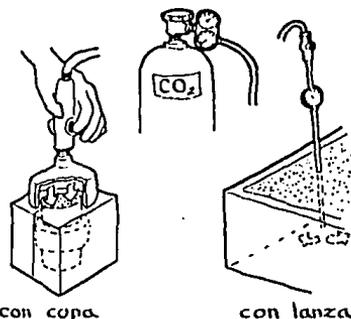


Fig 66 Fabricación de corazones por bióxido de carbono (CO₂)

Humedad 0.25% máximo

Gas bióxido de carbono (CO₂) inyectado al corazón.

COLOCACION DE CORAZONES

Son diferentes las formas en que se posicionan los corazones en el molde, en la figura (67) se ilustran los casos más comunes.

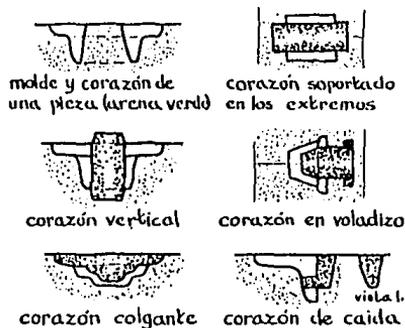


Fig 67 Posiciones de los corazones

Cuando colocamos corazones es importante verificar que el tamaño de las plantillas o asientos del corazón coincidan con el corazón mismo.

Una plantilla es una depresión o cavidad que está en cualquiera de las partes del molde, esta plantilla le da soporte al corazón, cuando el corazón está ya en posición llena completamente estos espacios con las extensiones que tiene.

Si la plantilla es mas grande o el corazón mas chico, provocará que en la pieza final aparezcan proyecciones de metal, lo cual puede originar enfriamientos no deseados o fisuras.

Si el corazón es muy grande o la plantilla muy chica se puede provocar el rompimiento del molde y desprendimiento de arena obteniendo con esto una pieza final sucia y de baja calidad.

Un corazón no debe entrar forzado a las plantillas. Una vez que se coloca el corazón en su lugar debe asentarse presionando suavemente en el sitio correspondiente a las plantillas.

Un punto que también debe verificarse es el venteo de los corazones a través del molde, los corazones pueden estar bien venteados en relación con ellos mismos pero la persona que fabrica el molde puede olvidar proveer un venteo a través del molde para que escapen los gases del corazón.

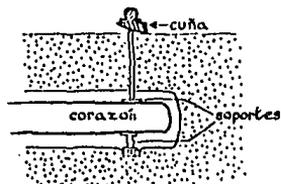
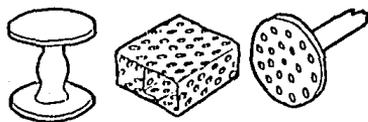


Fig. 68 Soportes para corazones

Cuando un corazón tiene plantillas en uno solo de sus extremos y tiende a flotar o corre riesgo de romperse por ser frágil es posible utilizar soportes que solucionan este problema, ver fig. (68), su uso debe limitarse, al igual que los enfriadores, a solo casos muy necesarios, estos soportes se integran al material fundido y si no estan perfectamente limpios pueden generar gases, además es necesario que el material de que esten fabricados sea compatible con el material de fundición (aluminio con aluminio, hierro con hierro o aceros, y cobre con latón o bronce).

En algunos caso los corazones tienen que asegurarse a la mitad superior del molde, en tal caso deben sujetarse por medio de alambres que

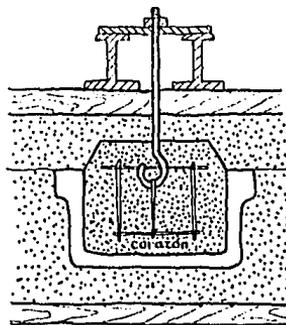


Fig. 69 Sujeción de corazones

se inserten en el molde, ver fig. (69).

Estos alambres se deben enrollar en unas barras que descansan en las paredes de la caja de moldeo superior con el fin de no provocar el rompimiento del molde.

CAPITULO IX

SISTEMAS GENERALES DE ALIMENTACION

BEBEDEROS MAZAROTAS Y ENFRIADORES

La relación que existe entre los bebederos, mazarotas y enfriadores es muy estrecha.

La función de unos no se puede explicar sin hacer referencia a los otros.

Esta misma relación es análoga a la fundición misma. El efecto del mejor bebedero puede anularse si la mazarota ha sido mal configurada, así también el uso correcto de enfriadores puede enviar a la chatarra piezas que tenían un sistema de alimentación adecuado.

El objetivo del sistema de alimentación es conducir el metal fundido al molde. Las mazarotas suministran metal líquido a las secciones de mayor espesor de las piezas, es decir "alimentan" la pieza de fundición para compensar su contracción al solidificarse.

Los enfriadores se utilizan cuando es necesario que exista un gradiente específico de temperatura que permita una correcta solidificación direccional de la pieza de fundición, con ellos es posible adelantar el enfriamiento de una parte de la pieza con respecto a otra.

CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION.

Un sistema de alimentación debe ser capaz de :

- 1.- Permitir un llenado completo de la cavidad del molde.
- 2.- Introducir el metal fundido dentro del molde con la menor turbulencia posible con el fin de evitar el arrastre de gases y algún daño al molde.
- 3.- Regular la velocidad a la cual entra el metal líquido a la cavidad del molde.
- 4.- Establecer el mejor gradiente de temperatura posible en la pieza para que la solidificación direccional se lleve a cabo correctamente.

Para lograr todos estos objetivos se debe controlar lo siguiente:

- 1.- El tipo de crisol y el equipo para manipularlo.
- 2.- El tamaño, tipo y localización del bebedero y canales de alimentación.
- 3.- El tamaño, número y localización de ataques.
- 4.- La velocidad de vaciado.
- 5.- La temperatura y fluidez de el metal.

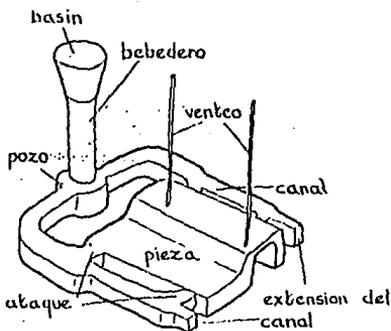


Fig 70 Representación de las partes básicas de un sistema de alimentación

Las partes básicas de un sistema de alimentación se ilustran en la fig. (70).

REGLAS GENERALES PARA UN SISTEMA DE ALIMENTACION

Las siguientes reglas generales son una guía para fabricar un buen sistema de alimentación:

1.- Utilizar bebederos redondos.

Una sección circular tiene el mínimo de superficie expuesta al enfriamiento y ofrece además menor resistencia al fluir de un líquido.

2.- Conicidad del bebedero.

Cuando el molde se hace manualmente el bebedero debe estar orientado en su diámetro mas pequeño hacia la pieza, con esto es posible mantener totalmente lleno de metal el sistema de alimentación, pero cuando se fabrica con modelo montado en placa y en un proceso industrializado esto no es posible, de hecho la conicidad es inversa, en este último caso el bebedero debe configurarse lo mas cilíndrico posible.

3.- Sistema de alimentación aerodinámico.

En los sistemas de alimentación se presentan cambios súbitos de dirección, esto, disminuye la velocidad de llenado de la cavidad, se erosiona facilmente el molde y se causan turbulencias en el metal líquido arrastrando gases a su paso.

Deben evitarse vueltas en ángulo recto.

a) Es preferible utilizar bebederos redondos cuando su diámetro es menor de 20 mm. Si el tamaño es mayor es preferible que su sección sea cuadrada o rectangular. Aunque 20 mm. es aproximadamente la medida máxima que asegura un llenado completo del bebedero mientras es vertido el metal fundido. Un bebedero de mayor diámetro permitirá la entrada de aire junto al metal, principalmente si hacemos fundiciones de tamaño relativamente pequeño, una velocidad de vaciado adecuada evitará también la entrada de aire en el sistema de alimentación como sucedería si se vacia lentamente el metal.

b) Es preferible utilizar canales y ataques cuadrangulares anchos tratandose sobre todo de aleaciones ligeras.

4.- Usar modelos para canales de alimentación.

Cuando sea posible, el sistema de alimentación deberá ser parte misma del molde, cuando los modelos están montados en una placa esto es lo mas usual.

Si el modelo no está montado pueden usarse modelos de sistemas de alimentación que se fabrican para usarse con cualquier tipo de modelos. Esto es mejor que hacer los canales a mano ya que permite compactar la arena con mas intensidad y se evita también la erosión del molde.

5.- Mantener una relación apropiada en el sistema de alimentación.

Hay una relación bien definida entre las áreas seccionales de los bebederos, canales y ataques, relación que debe proveer las mejores condiciones para el llenado del molde.

La capacidad de recepción del molde de metal fundido no debe exceder la capacidad del bebedero para mantener todo el sistema de alimentación lleno de metal durante toda la operación de vaciado.

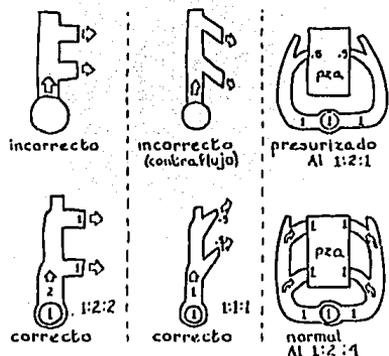


Fig 71 Relación del sistema de alim.

La sección del canal preferentemente debe reducir su tamaño conforme salen de los ataques, ver fig. (71).

Un ejemplo de proporciones es 1:3:3 (bebedero, canal, ataque), esto quiere decir que el área total transversal de el (o los) canal(es) será 3 veces mayor que la del bebedero, el área transversal de todos los ataques será también 3 veces mayor que la del bebedero, aunque en este caso similar a la del canal.

Dependiendo del tipo de metal variarían estas proporciones, ver tabla (16).

Tabla 16
RELACION EN EL SISTEMA DE ALIMENTACION

Metal	Relación
Acero	1:3:3
Hierro gris (Presurizado)	1:2:2
Hierro dúctil (Molde escudo)	1:4:4
Aluminio (Presurizado)	1:1:1
Latón	10:9:8
	1:2:2
	4:8:3
	1:2:4
	12:1
	1:1:1
	1:1:3

6.- El área de contacto entre el ataque y la pieza debe ser lo mas pequeña posible, es decir que no exceda lo indicado por el metodo de círculos inscritos que se ilustra en el apartado de mazaretas, inclusive si la pieza es de paredes relativamente delgadas y de espesor constante (preferentemente con la solidificación direccional a favor) es posible configurar ataques desprendibles, ver fig (71b).

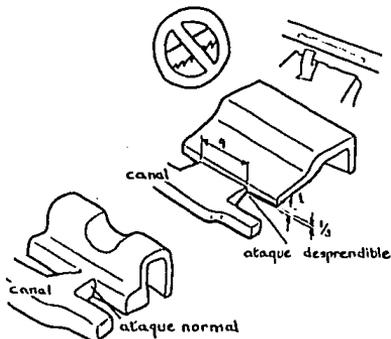


Fig 71b Ataques normal y desprendible.

7.- Utilizar canales naturales.

Los ataques deben ubicarse donde el flujo del metal en la pieza se facilite, es decir, que se aprovechen los canales naturales del molde, el metal fundido no debe entrar de golpe contra una superficie o corazón ya que deslavaría esa parte del molde y provocaría la aparición de suciedad en la pieza final.

8.- Utilice varios ataques.

La utilización de varios ataques no es necesaria si la pieza es pequeña o tiene un diseño sencillo. La utilización de varios ataques tiene el fin de distribuir el metal en el molde, llenarlo rápidamente y reducir el peligro de puntos calientes.

9.- Evite una velocidad de entrada excesiva.

El metal no debe entrar excesivamente rápido al molde a través del ataque ya que podría provocar un efecto de "regadera" que erosionaría la arena ocasionando también turbulencia y oxidación del

metal, si el bebedero es demasiado alto aparecerá este problema, mas si este es demasiado bajo no se alimentará la pieza correctamente por la falta de presión y velocidad.

TIPOS DE ALIMENTACION

Alimentación por la parte baja.

Este tipo de alimentación se utiliza cuando se desea mantener la erosión del molde y corazón a su mínima expresión. La desventaja de estos sistemas es el gradiente de temperaturas que presentan, esto hace que la alimentación de la pieza se dificulte o no sea posible.

Cuando se utiliza este tipo de alimentación el metal sube por el molde calentandolo conforme entra en contacto con el, esto ocasiona que el metal que llega a las mazarotas esté ya frio mientras permanece caliente en el canal de alimentación y en la parte baja del molde.

Estas condiciones son opuestas a las que favorecen la solidificación direccional.

El modo de evitar las desventajas que se presentan con este tipo de alimentación es hacer que el metal alimente la pieza a través de mazarotas que se ubiquen en la pieza lateralmente.

Este tipo de alimentación produce buenas condiciones para la solidificación direccional con un mínimo de turbulencia en el metal liquido, ver fig. (85).

Alimentación por la parte superior.

La erosión que pueda soportar el molde es la única condicionante que se presenta en este tipo de alimentación, en este caso se acostumbra vaciar el metal a través de una mazarota abierta.

Contrariamente a la alimentación por la parte baja, este tipo de alimentación tiene la ventaja de

producir gradientes favorables de temperatura, pero presenta la desventaja de erosionar excesivamente el molde.

Este metodo de alimentación se utiliza principalmente en piezas que tienen un diseño sencillo y que están constituidas por hierro gris.

No conviene utilizar este tipo de alimentación con aleaciones no ferrosas ya que se forma una gran cantidad de escoria en la pieza final debido a la turbulencia que se genera, ver fig. (72).

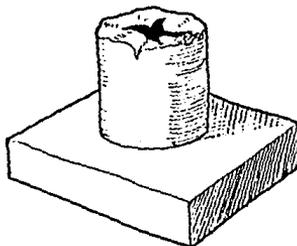


fig 72 Alimentacion por la parte sup.

Alimentación por la línea de partición.

La alimentación por la línea de partición es la mas utilizada ya que su construcción resulta mas sencilla para el moldero, inclusive es posible alimentar directamente alguna mazarota.

La principal desventaja de esta variante de alimentación es que el metal fundido llena el molde primeramente en la parte baja, esto ocasiona cierta erosión y desalvado de la cavidad. En los metales no ferrosos se genera mas escoria y mas aire queda atrapado produciendo piezas de menor calidad.

Un ejemplo típico de esto puede verse en la fig. (73), en este , el bebedero fue usado como mazarota.

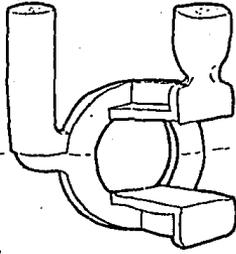


Fig 73 Alimentación por línea de partición

Siempre que sea posible, debe alimentarse la pieza por mazarotas laterales, alimentar directamente la pieza produce en ella la aparición de rechupes debido a la existencia de puntos calientes, estos se presentan en los ataques y sus partes cercanas ya que el metal que entra a la cavidad les transmite su alta temperatura retardando el enfriamiento del metal.

La fig. (74) muestra una alimentación en la línea de partición a través de una mazarota.

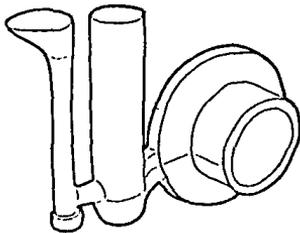


Fig 74 Alimentación en línea de partición a través de mazarota

La alimentación por remolino y en línea de partición ver fig. (75), no es muy usual pero se utiliza con metales pesados. El objetivo de este tipo de alimentación es recolectar la escoria y arena erosionada, permitiendo entrar a la cavidad de la pieza únicamente metal limpio.

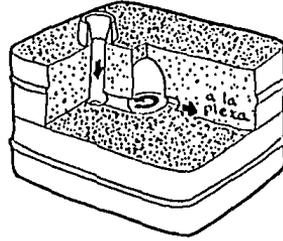


Fig 75 Alimentación en remolino

PROCEDIMIENTOS UTILES

Hay dos maneras en las cuales se pueden obtener las ventajas de la alimentación por la parte baja, estas son:

- 1.- Manipulación del molde.
- 2.- Alimentar a través de mazarotas cerradas.

Manipulación del molde.

La manipulación del molde mantiene la erosión del mismo a un mínimo y permite la obtención de gradientes de temperatura más favorables, inclusive que los obtenidos con la alimentación por la parte superior.

El molde se inclina con el ataque en la parte mas baja, una vez que se ha terminado de vaciar el metal se ladea el molde 30, 100 o 180 grados,

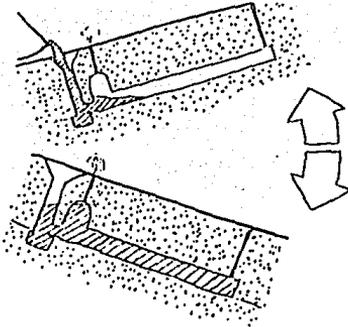


Fig 76 Inclinación del molde

dependiendo del diseño de la pieza. Por razones mecánicas las manipulaciones de 100 y 180 grados se limitan a partes pequeñas y medianas, mientras que las de 30 grados se pueden aplicar a la mayoría, ver fig. (76).

Giro total.

El gradiente de temperatura mas favorable se puede obtener por el metodo de "giro total", ver fig. (77).

En este caso el sistema de alimentación se forma en la parte baja, con unicamente pequeños venteos en la parte superior del molde, el bebedero se conecta con las mazarotas en la parte mas baja para evitar que se vacien al voltear el molde.

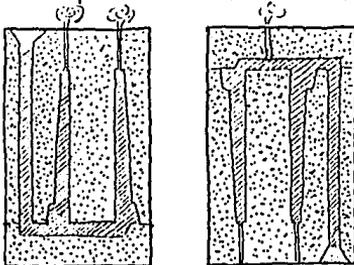


Fig 77 Giro Total del molde 180°

Una vez que se ha vaciado el metal se sellan inmediatamente los venteos y bebederos con arena húmeda y se hace girar el molde 180 grados, haciendo que las mazarotas se ubiquen exactamente en la parte superior del molde.

Alimentación por mazarotas cerradas.

Es posible aprovechar las ventajas de la alimentación por la parte baja y no tener los problemas originados por la formación de rechupes si alimentamos la pieza a través de mazarotas cerradas que se unen a la pieza por su parte mas baja.

Para que una mazarota cerrada tenga un buen desempeño es conveniente que la alimentación entre directamente en ella.

El uso detallado de las mazarotas cerradas será visto posteriormente.

TAZAS Y BASINES.

Las tazas hacen mas sencillo el vaciado de los moldes.

Hay algunos principios básicos en el diseño de una taza de vaciado.

El diametro interno de una taza debe ser de 2.5 a 3 veces el diametro del bebedero. El diametro de la parte baja debe coincidir exactamente con el diametro del bebedero, ver fig. (70).

Las tazas se hacen con una mezcla de arena con una cantidad extra de aglutinante y por medio del hornendo se logra la consistencia deseada.

El uso de tazas es preferible al simple corte de una depresión en la parte superior del bebedero, ya que además de que la arena puede estar floja, existen esquinas agudas, estas dos cosas provocan una erosión rápida del sistema de alimentación, llevando suciedad a la pieza.

Siempre que sea posible debe utilizarse una taza o basín.

Un basín tiene aún mas ventajas que una taza, no solo hace mas sencilla la labor de vaciado, sino

que regula el flujo del metal al molde y separa la escoria del metal antes de entrar este al bebedero.

Para favorecer el desempeño perfecto de un basín se debe utilizar un tapón, este puede ser de arena de corazón o de grafito, ver fig. (78).

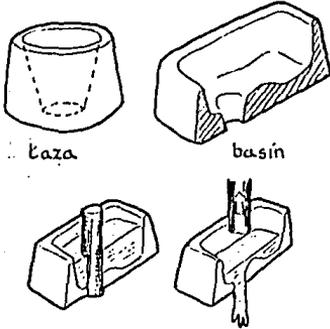


Fig 78 Tazas y Basines

MAZAROTAS

GENERALIDADES.

La principal razón para utilizar mazarotas es asegurar el suministro de metal líquido a la pieza para compensar su contracción mientras esta se solidifica. Aunque también existen otras razones para utilizarlas:

Eliminan el efecto de ariete hidráulico (similar al que se observa cuando una válvula de agua se cierra repentinamente) que se presenta cuando el molde es completamente llenado, además hace salir el metal frío y ventean el molde.

Justo cuando el metal ha llenado completamente el molde, puede ocurrir un cambio grande y repentino de presión debido al movimiento de

metal líquido. Esta presión adicional puede ser suficiente para causar la apertura del molde o la distorsión y deformidad de la pieza.

Una mazarota permite que el metal fluya continuamente en lugar de que se detenga repentinamente.

Una mazarota abierta permite que quien vacía el metal pueda observar la rapidez con que se llena el molde, esto le sirve de parametro para regular el vaciado del metal.

Quando una pieza debe ser vaciada rapidamente y la permeabilidad de la arena no es capaz de permitir que los gases escapen suficientemente rapido, una mazarota provee una salida ideal para estos gases.

REGLAS GENERALES PARA LAS MAZAROTAS.

La función mas importante de una mazarota es la de ser una reserva de metal caliente y fundido. Para que sea efectiva la mazarota debe ser la última parte de la fundición que debe solidificar. Los 4 requerimientos básicos de una mazarota son:

- 1.- El volumen de una mazarota debe ser suficientemente grande para compensar la contracción de metal que sufre la pieza.
- 2.- Debe haber suficiente metal fluido en la mazarota que penetre hasta la última cavidad dentro de su area de alimentación.
- 3.- El area de contacto de la mazarota con la pieza de fundición debe cubrir completamente el area que va a alimentar o ser diseñada de tal manera que asegure que todo el metal que se necesite será suministrado, ver fig. (79).
- 4.- La mazarota debe establecer un gradiente de temperatura pronunciado dentro de la pieza de

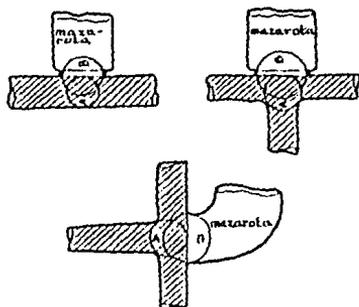


Fig 79 Metodo de círculos inscritos para area de contacto de mazarotas

fundición, favoreciendo la solidificación direccional hacia la mazarota.

De acuerdo a todo esto en la mazarota deben controlarse la forma, tamaño y localización.

Para manejar formalmente estos metodos es necesario conocer la nomenclatura de la solidificación de los metales, ver tabla (17).

tabla 17
NOMENCLATURA DE LA SOLIFICACION DE LOS METALES

Símbolo	Descripción
C _l	Contracción líquida
C _{ds}	Contracción de solidificación
C _s	Contracción sólida
V	Volumen
V _s	Volumen al inicio de solidificación
V _f	Volumen al fin de solidificación
A	Area
r. v.	Relación de volumen
r. e.	Relación de enfriamiento

FORMA DE LA MAZAROTA.

La rapidez con que un metal se solidifica varia de acuerdo a la relación que existe entre la superficie y volumen de la mazarota.

En otras palabras, para una cantidad dada de metal, la forma en la que tenga la superficie mas pequeña sin variar la cantidad de metal será aquella que tarde mas en solidificar.

La siguiente ecuación establece que el tiempo para la completa solidificación de una pieza fundida es proporcional al cuadrado del volumen de la pieza dividido entre el cuadrado de la superficie de la misma.

$$t_s = k \left(\frac{V}{A} \right) \left(\frac{V}{A} \right)$$

Cuando graficamos la relación area -volumen contra el tiempo de solidificación se produce una línea curva, ver fig. (80).

La esfera, que tiene la relación area -volumen mas baja y tiempo mas grande de solidificación, sería la forma ideal para una mazarota, pero tal forma acarrea algunas dificultades para el moldeo. Por lo tanto la elección de una forma cilíndrica, que es la mas cercana, es una buena opción.

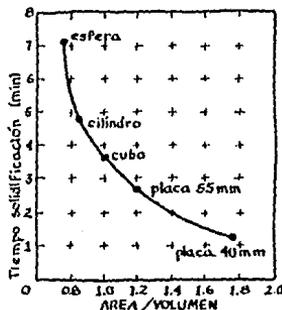


Fig 80 Tiempo de solidificación V^2 Relación Area/Volumen

Las mazarotas cerradas son tal vez las que tienen mas aproximación a la forma esferica ya que tienen un cuerpo cilindrico con su punta esferica.

El metal solidifica rapidamente en las esquinas de las mazarotas de forma cúbica, y es que el calor está expuesto a una area mayor.

Puede haber ocasiones en que las mazarotas deben ser elípticas, cuadradas o irregulares principalmente en la union con la pieza, esto no debe imposibilitar que su forma general sea cilíndrica, es decir en la parte superior de su cuello.

TAMAÑO DE LAS MAZAROTAS.

La experiencia ha mostrado que la altura adecuada de una mazarota es 1.5 veces su diámetro, esto asegura un máximo de alimentación con la mínima cantidad de metal.

Hacer una mazarota de mayor altura es desperdiciar metal. En la fig. (81) se muestran dos mazarotas una con altura incorrecta y otra con las dimensiones adecuadas.

El problema de determinar el diámetro correcto de una mazarota para alimentar una sección determinada es un poco mas complicado.

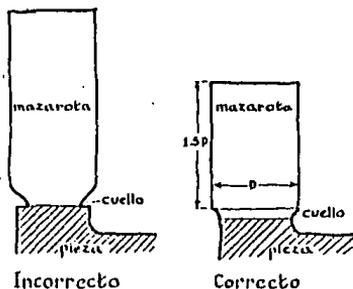


Fig 81 Altura de mazarotas

Una aproximación segura es dar por sentado que la mazarota debe tener el mismo volumen que la sección a alimentar.

Por ejemplo una placa de 1x4x8 pulgadas tiene un volumen de 32 pulgadas cúbicas y una superficie de 88 pulgadas cuadradas, la relación volumen -area (V/A) es 0.364. La mazarota necesaria para alimentar esta sección tendrá también un volumen de 32 pulgadas cúbicas. Establecemos que la altura de la mazarota es de 1.5 veces su diámetro, la fórmula del volumen de una mazarota cilíndrica es $V = 3 r$. La solución de $32 = 3 r$ resultó en un radio de 1.5 pulgadas. La mazarota tiene entonces 3 pulgadas de diámetro y una altura de 4.5 pulgadas. La relación volumen area de la mazarota es 0.566 (el de la pieza es de 0.364). Como resultado tenemos que la mazarota solidificará después que la pieza y la alimentará correctamente, de hecho tenemos holgura suficiente para proponer una mazarota mas pequeña, estos calculos fueron hechos para una mazarota lateral, el tamaño de las mazarotas puede cambiar dependiendo de la experiencia ganada con el trabajo de otras piezas.

Si se desea aprender de los errores y aciertos es conveniente llevar un registro del trabajo realizado, con esto podemos ahorrar tiempo y facilitar el cálculo de los sistemas de alimentación, en este caso los registros se utilizan como referencia para determinar el tamaño y localización de las mazarotas.

Ejemplos correctos e incorrectos de diseño de mazarotas pueden observarse en la fig. (82). La figura muestra la fabricación de un cilindro en la cual las mazarotas son excesivamente grandes y con una forma incorrecta, además la pieza fue sobrealimentada.

El rendimiento de la pieza fue de un 43%, es decir que unicamente el 43% del metal vaciado estuvo en la pieza final.

La misma pieza con un adecuado sistema de alimentación y mazarotas, la otra tuvo un rendimiento de 77%, notese que las mazarotas son redondas y que la altura es aproximadamente 1.5 veces su diámetro.

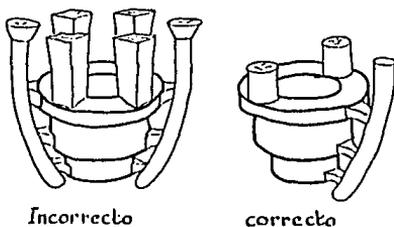


Fig 82 Diseño de Mazarotas

En base a los mismos criterios existen métodos ya establecidos que permiten calcular con mayor precisión la solidificación de toda la fundición.

METODO CAINE

Metodo Caine para el cálculo de las dimensiones de las mazarotas.

Paso 1.- Cálculo del volumen de la pieza (V_p).

Paso 2.- Cálculo del área de la pieza (A_p).

Paso 3.- Seleccionar dimensiones de mazarota (primer intento).

Se sugiere una altura (h) de 1.5 veces el valor del diámetro (ϕ) seleccionado.

Paso 4.- Cálculo del volumen de mazarota (V_m).

Paso 5.- Cálculo de área de mazarota (A_m).

Paso 6.- Cálculo de área de contacto común (Área pieza- mazarota).

Paso 7.- Cálculo de áreas correctas (A_{pc}, A_{mc}) (Restar a A_p y A_m el área común).

Paso 8.- Cálculo de relación A/V mazarota (Área/Volumen).

Paso 9.- Cálculo de relación A/V pieza (Área/Volumen).

Paso 10.- Cálculo de relación de enfriamiento (r.e. = $(A/V \text{ pieza}) / (A/V \text{ mazarota})$).

Paso 11.- Cálculo de relación de volumen (r.v. = $V \text{ mazarota} / V \text{ pieza}$)

Los valores obtenidos en los pasos 10 y 11 nos dan un punto en la gráfica (83), que deberá caer en la zona maciza, de no ser así se debe intentar, calculando nuevamente a partir del paso 3, hasta que los valores sugeridos nos garanticen una pieza maciza.

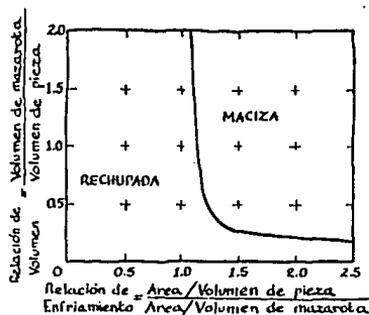


Fig 83 Gráfica para método Caine

LOCALIZACION DE LAS MAZAROTAS.

En una pieza de fundición sus secciones de mayor espesor son las que presentan una mayor contracción al solidificar, es en ellas donde se puede compensar esta contracción por medio de un suministro externo, es decir en ellas deben estar conectadas las mazarotas. Es necesario recordar que el metal mas caliente debe estar en la mazarota si se quiere que esta sea efectiva. Por eso es necesario que la mazarota esté cerca del bebedero, para que el metal no recorra demasiado camino y llegue ya frio al depósito.

Otra cosa que debemos recordar al fabricar una mazarota es que es imposible que una sección gruesa sea alimentada a través de una sección delgada. La sección delgada se enfriará y solidificará antes que la sección gruesa se haya solidificado y contraído.

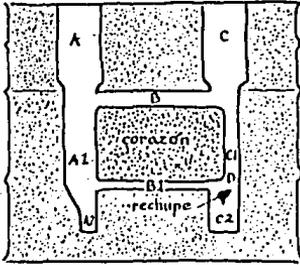


Fig 84 Alimentación a través de una sección delgada

La fig. (84) ilustra esto, las dos secciones gruesas son alimentadas por sus respectivas mazarotas. La parte derecha tiene su parte mas gruesa (C2) separada de la mazarota por una sección reducida (C1). La sección C1 solidificará y será alimentada por la mazarota antes que la parte C2 haya solidificado. Como resultado, un defecto se presentara en D. Un metodo de prevenir este tipo de defectos seria usar una mazarota cerrada para alimentar la sección en D.

Otro punto que debe considerarse al ubicar una mazarota es el area de contacto entre la pieza y la mazarota, esta debe ser suficientemente grande para permitir compensar la contracción, y suficientemente pequeña para poder retirar la mazarota con facilidad.

Un buen método para determinar el tamaño de la unión o cuello de una mazarota es de los círculos inscritos (ya mencionado anteriormente en el capítulo referente al diseño de piezas de fundición), que se trazan sobre un croquis de la unión como en la fig. (79). El círculo mas grande debe corresponder al cuello de la mazarota. El diámetro de contacto (B) debe ser al menos 1 veces el diámetro del círculo inscrito en la pieza (A).

Para contactos o cuellos de forma rectangular, la dimensión mínima debe ser mas o menos 1.5 veces el diámetro inscrito en la sección de la pieza.

No hay necesidad de tener un diámetro de contacto mayor a 2 veces el diámetro del círculo inscrito en la sección de la pieza.

TIPOS DE MAZAROTAS.

Hay dos tipos básicos de mazarotas, las mazarotas abiertas y las mazarotas cerradas. Las mazarotas abiertas estan expuestas al aire o ambiente mientras que las mazarotas cerradas no se asoman a la superficie del molde, una mazarota cerrada no puede ser vista cuando el molde ha sido cerrado.

Mazarotas abiertas.

Estas se utilizan ampliamente debido a que su hechura resulta muy sencilla, se utilizan con mayor frecuencia en fundiciones grandes y planas, en donde haya muchas secciones de gran espesor.

Mazarotas cerradas.

Las mazarotas cerradas tienen muchas ventajas:

1.- Facilitan la alimentación en la parte baja dentro de las fundiciones tomando como punto de entrada las zonas calientes.

Alimentar a través de las mazarotas es mas eficiente porque además de alimentar la cavidad de la mazarota favorece la correcta ubicación de un gradiente de temperatura.

2.- Pueden dentro del molde ponerse casi en cualquier posición.

3.- Son mas eficientes que las mazarotas abiertas porque su forma se acerca mas a la de una esfera, con esto se reduce la cantidad de metal que seria necesaria en una mazarota abierta.

Además el estar completamente rodeadas de arena elimina el enfriamiento por radiación a la atmosfera permitiendo que el metal se mantenga liquido por mas tiempo.

4.- Son mas fáciles de remover de la pieza final que las mazarotas abiertas ya que su posición puede ser mas estrategica.

Una idea de la eficiencia que tienen las mazarotas abiertas y las mazarotas cerradas nos la da el hecho de que las mazarotas abiertas no aportan mas que el 20% de su volumen a la pieza, mientras que las mazarotas cerradas lo hacen de un 35 a 40%. Por esta misma razón las mazarotas cerradas pueden ser mas pequeñas que las abiertas.

Un factor en común que tienen las mazarotas cerradas con las abiertas es que el metal que contienen debe mantenerse expuesto a la presión atmosférica, si esta presión no tiene acceso al metal liquido se interrumpirá la correcta alimentación de la pieza y al contraerse su metal tomaria reservas de donde fuese posible y la aparición de rechupes y huecos no se haria esperar.

El mejor método de introducir presión atmosférica dentro de una mazarota cerrada es usar un corazón de arena de pequeño diametro dentro de su cavidad. Este (mediante su permeabilidad) permite entrar a la presión atmosférica y actuar sobre el metal fundido de la mazarota. El metal no solidifica rapidamente alrededor de este corazón ya que este es de pequeño diametro y no conduce el calor eficazmente, ver fig. (85).

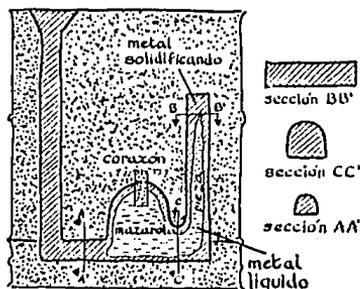


fig 85 Principio de las mazarotas cerradas

Para mazarotas de mas de 70mm de diametro se utiliza un corazón de 9mm de diametro, para una mazarota mayo a 140mm se utiliza uno de 18mm ,para mazarotas mas pequeñas o grandes se debe mantener la misma proporción.

Es esencial que una zona particular sea alimentada por una mazarota también particular.

Si la pieza a fabricar exige que la ubicación de las mazarotas sea a distinto nivel no hay ningún impedimento para que esto ocurra, es posible combinar el uso de mazarotas cerradas con abiertas.

VENTEOS

Los venteos son necesarios en cualquier sistema de alimentación. La función de un venteo es permitir que los gases escapen suficientemente rápido de la cavidad del molde para evitar que se desarrolle una presión interna que se oponga al flujo del metal.

Los venteos también previenen que los gases queden atrapados en el metal y que con estos se formen cavidades no deseadas.

Los venteos deben de ubicarse en las partes altas del molde y debe verificarse que estén totalmente abiertos a la parte superior del molde, ver fig. (70).

Para fabricar un venteo simplemente se inserta y retira una varilla de venteo a través de la arena ya compactada.

Es preferible utilizar venteos de forma rectangular a venteos de forma redonda ya que el metal que entra en ellos solidifica mas rapidamente.

Para fundiciones de pequeño y gran tamaño es posible utilizar como varilla de venteo una hoja de segueta ya que tiene el espesor adecuado.

Es preferible usar varios venteos pequeños a uno grande.

ENFRIADORES

Cuando una sección de bastante espesor en una pieza de fundición esta lejana de una fuente de alimentación de metal y es difícil ubicar una mazarota en ese sitio es posible utilizar enfriadores internos y externos con bastante eficiencia.

Los enfriadores son piezas de metal usadas para acelerar la solidificación de las secciones de gran espesor, permitiendo que las secciones amplias puedan ser alimentadas por las secciones estrechas sin que aparezcan rechupos u otro tipo de defectos..

Hay dos tipos básicos de enfriadores: internos y externos.

Los enfriadores internos son aquellos se funden dentro de la pieza de fundición y se vuelven parte de ella.

Los externos están integrados a las paredes del molde y pueden usarse incluso varias veces.

ENFRIADORES INTERNOS.

No es fácil establecer reglas para el uso de enfriadores internos, la eficiencia con que se usan depende muchos factores como:

Composición del enfriador, composición del metal, ubicación, temperatura del metal, velocidad de vaciado, superficie del enfriador y tipo de molde.

Son tantas las variantes que intervienen en la aplicación de un enfriador que es mejor utilizarlos solo si es muy necesario.

Si se utilizan debe asegurarse que su composición sea similar a la del metal trabajado, por ejemplo:

Enfriadores de acero al bajo carbono si la fundición es de acero o hierro, enfriadores de cobre para latón y bronce y enfriadores de aluminio para aleaciones de aluminio.

Los enfriadores deben estar perfectamente limpios y secos. Si no lo están se formaran gases al ser rodeado de metal incandescente.

El tipo de suciedad a que nos referimos es: Capas de óxido, aceite o grasa, pintura, residuos de moldeo y humedad.

En el proceso de arena verde los enfriadores no deben colocarse sino hasta que la pieza vaya a ser vaciada.

Los enfriadores internos no deben permanecer en un molde que va a ser horneado porque los gases y humedad que se forman durante el horneado afectan negativamente la superficie del enfriador.

El tamaño del enfriador interno es muy importante porque si este es mas grande de lo necesario impedirá que la pieza sea alimentada correctamente y si es muy pequeño ayudará a la solidificación direccional. El enfriador debe fundirse completamente en la pieza de fundición si se quiere que esta tenga la resistencia adecuada. Si el enfriador es muy grande posiblemente origine la aparición de fisuras.

La forma del enfriador es elemental, la fig. (86) nos muestra algunos tipos. Eliminando las superficies planas y horizontales y usando perfiles aerodinámicos se ayuda a que los gases que se formen escapen eficientemente del molde.

La ubicación de los enfriadores es muy importante, es preferible colocarlos en un lugar en el cual se asegure que serán completamente removidos, un lugar que sera completamente maquinado.

Si ubicamos un enfriador directamente en un ataque el metal caliente lo fundirá inmediata-

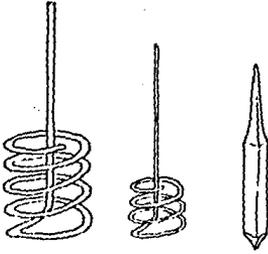


Fig 86 Enfriadores internos

mente y se perderá el efecto deseado. Es conveniente que haya metal circulando junto al enfriador ya que así puede arrastrar los gases que se formen pero no debe ser un flujo excesivo. La cantidad de metal que pasará junto al enfriador determinará en parte el tamaño utilizado.

Un enfriador no debe utilizarse en secciones que serán sometidas a pruebas radiográficas y magnéticas. Ni siquiera los expertos logran un 100% de eficiencia en el uso de enfriadores.

ENFRIADORES EXTERNOS.

El uso de enfriadores externos es útil cuando es necesario incrementar el rango de solidificación en cualquier parte de la fundición. Estos enfriadores pueden ser piezas vaciadas de hierro, acero, bronce o cobre o pueden estar hechos de placas o barras de los mismos materiales. Ver fig (87).

Hay algunas reglas para la aplicación de enfriadores externos:

1.- Su superficie debe estar limpia y ajustada perfectamente al área que va a enfriar.

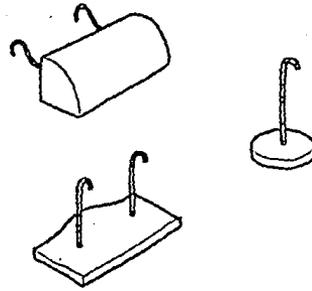


Fig 87 Enfriadores externos (con ganchos para mantenerlos en posición)

2.- Los extremos y lados de un enfriador grande deben estar achaflanados a 45 grados para evitar un enfriamiento demasiado brusco.

3.- Deben ser suficientemente grandes para no fundirse y unirse a la pieza de fundición.

4.- No deben ser tan grandes que ocasionen rompimientos o alimentación inadecuada a la pieza.

5.- El área de contacto entre el enfriador y pieza debe controlarse, ver fig. (88). Note que en esta figura los enfriadores a la izquierda tienen un contacto mayor con la pieza que los de la derecha. Como resultado la cantidad de metal que solidifica con los enfriadores de la izquierda es mayor que la de la derecha.

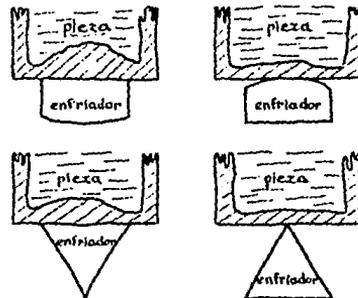


Fig 88 Efecto del área de contacto del enfriador externo en la pieza

Las reglas 3 y 4 se cumplirán si se utiliza un enfriador con un espesor igual a la pieza o sección que alimentará.

Si la superficie de un enfriador es rugosa ocasionará que el metal que está en contacto con él se rompa al solidificarse. Se acostumbra utilizar enfriadores en esquinas o partes que estén sujetas a una tensión originada por la contracción del metal al solidificarse. Los enfriadores externos reducen apreciablemente estos defectos, ver fig. (89).

Los enfriadores externos que se aplican a las fundiciones de hierro o acero incrementan la contracción de solidificación del material y provoca en él un muy alto endurecimiento en las áreas donde se localizan. Por estas razones su uso debe evitarse en la fabricación de piezas a base de hierro excepto en aquellos casos en los que se desea intencionalmente una superficie dura.

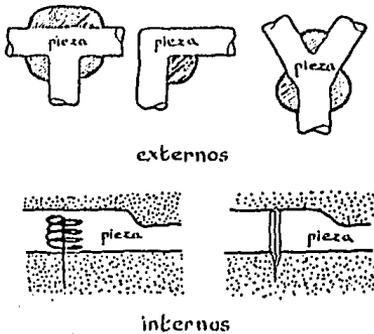


Fig 89 Aplicación típica de enfriadores

FUNDICION CON MODELO PERDIDO

El proceso de fundición con modelo perdido ha sido desarrollado y utilizado a lo largo de la historia por joyeros y escultores. Sería prácticamente imposible determinar que civilización tuvo la paternidad de tal proceso, este se utilizó con éxito en el antiguo Egipto, China, Asia menor, Sudamérica e inclusive en nuestro país.

El concepto básico de este sistema de producción ha cambiado poco a lo largo de los años. Primeramente se configura un modelo (En la antigüedad siempre fue de cera), se recubre con una mezcla que resista altas temperaturas, se hornea el conjunto hasta que el modelo se funde y calcina dejando en su lugar una cavidad similar a las características en tamaño y forma, en esa cavidad se vacía metal fundido que al enfriarse adopta la forma original del modelo, se descascara el conjunto y se obtiene la pieza final, ver fig. (90).

Tradicionalmente el sistema se utilizó en piezas artísticas (Como ya dijimos, en escultura y en joyería), pero se observa que las piezas obtenidas no solo tenían buena apariencia en su superficie sino que también poseían precisión en sus dimensiones (Características que no son posibles de obtener con el proceso común de fundición en arena verde), además era posible obtener con este proceso partes metálicas de complejidad tal, que no podían ser fabricadas fácilmente con otros métodos de producción.

Fue entonces (A principios del siglo XIX) cuando se decidió utilizar estos métodos en la fabricación de prótesis y coronas dentales.

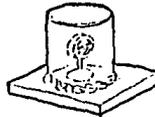
Los usos del proceso se ampliaron en la fabricación de piezas para armamento (partes para rifles y pistolas) y turbinas para jets (Después de la segunda guerra mundial), pero también encontró aplicación en la elaboración de componentes para máquinas y herramientas industriales,



(a) modelo de cera u otro material combustible



(b) Montaje del bebedero



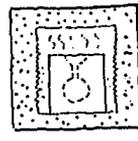
(c) Colocación en tubo



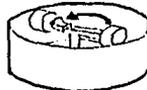
(d) Preparación de investimento



(e) Se vierte la mezcla sobre el molde



(f) Se hornea el conjunto



(g) Estando caliente el molde se hace la colada



(h) Antes de enfriarse completamente se sumerge en agua

fig 90 Fundición con modelo perdido

sobre todo aquellas en las que su complejidad dificultaba su fabricación.

Los metales que se utilizaron originalmente fueron el oro, la plata y el bronce (por dentistas, joyeros y escultores), pero actualmente es posible

hacer piezas de acero, de sus aleaciones o de otros metales, pudiéndose exigir a las piezas obtenidas condiciones de trabajo bastante arduas.

No todo es ventaja en este proceso, su principal "defecto" es el costo que representa el desechar totalmente el molde cada vez que se fabrica una pieza (o un racimo o árbol de piezas), es por eso que conviene evaluar detalladamente su conveniencia económica.

Normalmente se juzga conveniente utilizar este procedimiento a escala industrial cuando:

- 1.- La pieza a substituir requiere muchas operaciones de maquinado o mano de obra.
- 2.- El tamaño de la pieza no permitiría trabajarla fácilmente con medios convencionales.
- 3.- La cantidad de piezas necesarias no amerita la fabricación de moldes, matrices o dados de alta producción, pero también hace inconveniente el maquinado o tallado de pieza por pieza.
- 4.- La complejidad de la pieza encarecería demasiado su obtención por otros métodos.

El uso artístico (escultura y joyería) y dental del proceso realmente no encuentra limitantes económicas ya que la cantidad de piezas a producir es unitaria o bastante limitada y resultaría más oneroso utilizar otros sistemas de producción.

CARACTERISTICAS EN EL DISEÑO DE PIEZAS Y SISTEMA DE ALIMENTACION EN EL PROCESO CON MODELO PERDIDO.

En general los criterios en el diseño de una pieza para fabricarse con el proceso por modelo perdido no difiere sobremanera de los parámetros que predominan en el diseño de modelos para

trabajar con arena, existen similitudes pero también algunas diferencias (Recomendamos revisar el apartado correspondiente a diseño de la pieza a fundir para arena verde). Entre las similitudes tenemos la conveniencia de mantener las esquinas redondeadas en las piezas, esto elimina los esfuerzos residuales que pueden provocar fracturas en las mismas. Mas si la pieza es artística, el problema no será tan grande porque no estará sujeta a esfuerzos de trabajo.

Conviene mantener un espesor constante en las paredes de la pieza, si es necesario cambiar este espesor se debe hacer gradualmente, en general su forma debe favorecer la solidificación direccional del metal y eliminar la concentración de esfuerzos.

Dependiendo de la técnica utilizada para obtener el modelo (si este se fabrica con molde) será necesario que este se configure con un ángulo de extracción. Mas sin embargo el posterior ensamble de varias partes hechas individualmente pueden configurar un modelo que muy difícilmente puede ser fabricado en un molde.

Por lo que respecta a la contracción que se presenta cuando el metal solidifica también se hace presente en las piezas fabricadas con modelo perdido aunque el criterio para determinarla cambia, todo dependerá de las técnicas y materiales utilizados. Por ejemplo si utilizamos un molde metálico para la fabricación de los modelos de cera (cuya cavidad ha sido maquinada) y proveemos en su configuración un 1% de contracción de la cera que será inyectada, si utilizamos un material para molde refractario que no presente contracción apreciable y si proveemos otro 0.5-1% de contracción que corresponde al metal al solidificar podremos tener una pieza con precisión.

Pero si lo que tenemos es una pieza original que queremos reproducir las cosas pueden cambiar radicalmente.

Primeramente, si a partir de esta pieza fabricamos un molde de hule vulcanizado tendremos que proveer que la cavidad generada sera un 3-4% mas pequeña que la pieza (con el hule silicón esto no es problema). Si al llenar con

cera el molde de hule no lo hacemos con presión tendremos que tomar en cuenta otro 5-6% de contracción. Si no hidratamos el molde refractario o no utilizamos un material conveniente el molde refractario agregaremos otro 0.5-1% de contracción y por último el metal al solidificarse en el interior del revestimiento cerámico se contraerá otro 0.5-1%.

Como podemos ver la pieza final puede diferir bastante de la pieza original en sus dimensiones. Es por eso que si se quiere precisión con un sistema de fabricación de modelos como el anterior conviene conocer las contracciones características de cada parte del proceso y elaborar un modelo original mas grande que las tome en cuenta.

ALIMENTACION.

Cuando se requiere reproducir una pieza en gran cantidad por medio del proceso con modelo perdido conviene adoptar técnicas que agilicen y abaraten su obtención. Para ello podemos disponer un acomodo masivo llamado "árbol", que toma su nombre de su semejanza, el tronco toma la función de bebedero y las ramas de canales de alimentación, ver fig. (91). Normalmente este es del mismo material que los modelos, como estos últimos se fabrican individualmente deben soldarse (En el caso de la cera con una cuchilla caliente) o adherirse (en el caso del plástico con

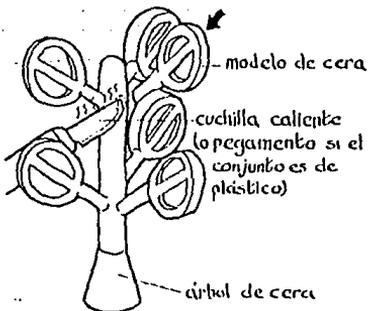


Fig 91 Arbol de modelos

un pegamento) a las ramas y troncos. La ventaja es que con un solo molde y colada se pueden obtener muchas piezas.

Sin embargo la alimentación de las cavidades, pertenezcan estas a un molde individual o estén dispuestas en forma de árbol, debe obedecer a ciertas reglas:

1.- Los canales de alimentación deben estar dispuestos de modo que suministren suficiente metal a cada sección del modelo, ver fig. (92-1).

2.- La orientación de la pieza con respecto al canal de alimentación debe ser hidrodinámica y evitar contraflujos, ver fig. (92-2).

Criterio	Mal	Bien
(1) Alimentación para cada sección de la pieza		
(2) Evitar contraflujos		
(3) No dañar la superficie de la pieza		
(4) No alimentar en ángulo recto		
(5) Alimentar por la sección mas gruesa		
(6) No reducir la sección del sistema de alimentación		
(7) Proporcionar ventosas (si el investimento no es poroso)		

Fig 92 Criterios para alimentar en proceso por modelo perdido

3.- Coloque los ataques donde causen el menor daño a la superficie del modelo y donde puedan ser removidos fácilmente, ver fig. (92-3)

4.- Los canales de alimentación en lo posible no deben alimentar la pieza en ángulo recto, ver fig. (92-4).

5.- La alimentación debe darse en la sección mas gruesa de la pieza, teniendo su ataque mas espesor que la pieza misma. Todo esto para propiciar la solidificación direccional, ver fig. (92-5).

6.- Evítese el reducir el ataque del canal de alimentación ya que esto dispersa el metal cuando entra en la cavidad, ocasionando su enfriamiento prematuro, ver fig. (92-6).

7.- Si el material del molde refractario no es suficientemente poroso para desalojar los gases y el aire que se atrapa en su interior al entrar el metal es necesario proporcionar venteos, ver fig. (92-7).

8.- Con el proceso por modelo perdido es posible obtener en las piezas paredes mas delgadas (.5mm) y detalles mas finos debido a que el molde está caliente (En el caso del molde lleno esto no ocurre), a que el tamaño de las piezas por lo general es reducido (Joyería, piezas dentales o piezas mecánicas de talla relativamente reducido) y a que el metal entra con fuerza a la cavidad (Cuando la colada es centrifuga, a presión o al vacío).

MATERIALES PARA MODELOS.

Antiguamente al fabricar los modelos la elección del material que los constituiría no era difícil, simplemente se escogía cera de abeja. Actualmente aún escogiendo este material debemos hacer una selección entre las ceras disponibles.

Los materiales para modelos son los siguientes: Ceras, plásticos de mercurio y orgánicos.

MODELOS DE MERCURIO.

Es posible hacer modelos de mercurio, metal que trabajado a bajas temperaturas (-40 C) solidifica. Estando a temperatura ambiente el metal líquido se vacía en moldes, se enfria hasta alcanzar la solidificación adoptando la forma de la cavidad, se retira el modelo del molde, se aplica el revestimiento refractario, se permite que frague y se sube la temperatura del conjunto hasta que el mercurio vuelva a ser fluido permitiéndose que este salga del molde dejando la cavidad con la forma que tenía cuando era sólido, el resto del proceso es similar a los demás.

El uso de los modelos de mercurio se encuentra muy limitado debido a dos factores:

1.- La baja temperatura que se requiere encarece el proceso.

2.- Es un material muy dañino para la salud. En una escuela o pequeño taller no es conveniente ni práctico trabajar con este método precisamente por estas razones.

MODELOS ORGANICOS.

Con la fundición con modelo perdido es también posible reproducir pequeñas piezas naturales

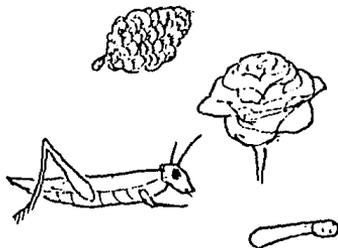


Fig 93 Modelos orgánicos

como insectos, hojas de plantas y flores, como las rosas de oro que se venden en algunas joyerías de la ciudad de Guadalajara, ver fig. (93).

Simplemente se toma como modelo el espécimen mismo que se desea reproducir, se recubre con investimento (material refractario), se hornea el conjunto hasta quemar completamente el modelo, el hueco que deja se llena a continuación con metal fundido el cual adopta la misma forma del espécimen.

MODELOS DE PLASTICO.

Existen básicamente dos modos de trabajar con plástico como modelo: Con modelo perdido y con molde lleno.

MODELO PERDIDO DE PLASTICO.

El proceso de modelo perdido de plástico es similar al proceso con modelo perdido con cera, la única diferencia es que el modelo está hecho de un plástico rígido (regularmente poliestireno) que es trabajado como tal, es decir por un proceso de inyección. Lógicamente, para fabricar los modelos es necesario fabricar un molde metálico e inyectar las piezas o modelos con maquinaria especial, estos factores encarecen el proceso y lo hacen válido cuando se requieren producciones relativamente altas.

MOLDE LLENO.

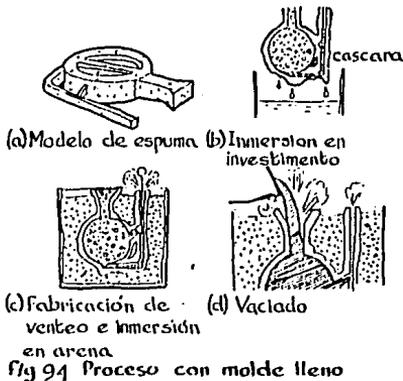
Este proceso lleva este nombre porque el modelo de plástico no se quema o funde previamente al llenado del metal fundido, sino que es el mismo metal incandescente el que funde y volatiliza el modelo. La circunstancia que hace posible esta volatilización es que el material utilizado para el modelo es una espuma plástica. Si se utilizara plástico sólido el calor del metal no alcanzaría a evaporar al modelo. En los modelos

de espuma de plástico espumado la cantidad real de material es relativamente poca, su volumen está compuesto principalmente de gases, así, la energía calorífica que el metal pierde al evaporar el plástico será realmente poca, permitiéndose llenar eficientemente todas las cavidades.

El modelo puede ser cubierto con una capa refractaria (investment) o con arena verde, en este último caso el proceso tiene más semejanza en sus características con el moldeo en arena verde, ver cap. (IV) y fig. (21e). Cuando es revestido con una cascara refractaria es posible reproducir detalles finamente y a la vez obtener precisión en las dimensiones. Este proceso se ha utilizado últimamente con éxito en la fabricación de partes de motor (cigüeñales, monoblocks, múltiples) y cajas de transmisión por la General Motors en los Estados Unidos en su filial Saturno, ver fig. (94).

El material de que están hechos los modelos para el proceso e molde lleno con cascara es principalmente espuma de poliestireno (unice) aunque se han desarrollado espumas de acrílico en los Estados Unidos para este fin, estas gracias a su total volatilización no dejan residuos carbonosos en las piezas finales.

Los modelos pueden fabricarse en un molde del mismo modo que se elaboran los empaques de unice para equipos electrónicos y de otros tipos.



Mediante el ensamble de varias partes es posible conformar modelos de gran complejidad e inclusive eliminar el uso de corazones.

El uso industrial del proceso de fundición con molde lleno no debe intimidarnos y evitar que lo utilicemos a escala artesanal o escolar.

Algunos escultores lo utilizan creando formas agradables mediante el corte y unión de piezas de uniel que despues se ven convertidas mediante el proceso completo en bellas esculturas de bronce.

Con este procedimiento es posible fabricar no solo articulos decorativos sino también piezas estructurales o funcionales de un prototipo, con la ventaja de poder hacerlo rapidamente si se trabaja de manera adecuada (El uniel es un material que se encuentra facilmente en cualquier papeleria, además su suavidad permite cortarlo facilmente), aunque es necesario tener en cuenta algunos aspectos:

1.- No es posible trabajar con piezas muy pequeñas ya que en este proceso el metal fundido pierde calor de tres maneras, al solidificar, al evaporar el modelo y al entrar en contacto con el molde, en una pieza pequeña se reduce el volúmen de metal caliente disponible para estas tres cosas y es muy posible que la pieza quede incompleta.

Por esto se recomienda para piezas mayores a 100 cm. en su longitud, paredes con un espesor mínimo de 7 mm., entre mayor sea el grosor de la pieza mayor será el grosor de sus paredes (para asegurar un resultado satisfactorio conviene utilizar espesores mayores a 10 mm.).

2.- El metal debe vaciarse en el rango de temperatura de trabajo mas alto, ver apartado referente a temperatura de vaciado capítulo (XII).

3.- La unión de las partes del modelo (Si es que está formado por varias partes) debe ser exacta y justa, ya que si en esta unión quedase un hueco o intersticio, este sería ocupado por el material de la cascara e impediría obtener una pieza continua en su estructura y por lo tanto resistente.

4.- Para adherir una pieza con otra es necesario utilizar pegamento de contacto especial para uniel (No pegamento para madera) ya que la composición de estos permiten su total evaporación al contacto con el metal fundido, de otro modo los residuos de carbón que se presentarían debilitarían la pieza.

5.- Es conveniente hacer la fundición en un lugar perfectamente ventilado ya que los gases resultantes del proceso son dañinos para la salud (sobre todo si se respiran frecuentemente).

6.- Tenemos que estar conscientes que el proceso reproduce fielmente todos los detalles y que cualquier falla en la superficie que presente el modelo será reproducida.

Los modelos fabricados industrialmente con molde tienen la ventaja de presentar superficies suaves, por consiguiente las piezas resultantes son también suaves.

En el caso de modelos fabricados con piezas recortadas, la apariencia superficial está sujeta a la calidad del corte que hagamos en las piezas (Con cuchilla o resistencia), independientemente del hecho de que las celulas de espuma de poliestireno presentan una textura mas rugosa en su interior que en su superficie, condición que se presenta cuando son cortadas y no cuando son moldeadas.

7.- El modelo en este proceso tiene un revestimiento de cascara refractaria relativamente delgada y el metal se vacía estando esta fría por lo que es conveniente que siempre se ubique el molde en una caja o depósito, inmerso en arena sílica a fin de evitar que la presión hidrostática del metal lo rompa y ocasione algún accidente.

8.- Es conveniente que los venteos (Los cuales siguen los mismos principios que los otros procesos por modelos perdidos) se destapen insertando con cuidado un alambre caliente para que estos no se conviertan en un tapón mientras esp aran ser volatilizados por el metal caliente.

MODELOS DE CERA.

Los modelos de cera son los mas utilizados en el proceso de fundición con modelo perdido, de hecho a este conjunto de procesos se le conoce genericamente también como fundición a la cera perdida.

LAS CERAS.

Cualquiera que sea el método utilizado para dar forma al modelo es necesario escoger un tipo de cera determinada. Antiguamente no existía esta posibilidad, solamente se contaba con cera de abejas y algunos aceites naturales como aditivos, en la actualidad la petroquímica ha posibilitado hacer variar las propiedades físicas de este material hasta el punto que sea necesario.

Hay disponibles en el mercado varios tipos de cera para usos específicos, estas pueden adquirirse en expendios de materiales para dentistas y joyeros.

Las ceras para dentistas son ceras para modelado de consistencia dura, vienen en presentación de láminas delgadas (2-3mm) o en rollos.

Las ceras para joyeros pueden ser para modelado o para moldeado, aclarando que no es lo mismo lo primero que lo segundo, modelado es dar forma a la cera trabajando directamente sobre ella y moldeado es la obtención de la pieza mediante un molde. Las ceras para joyeros vienen en presentación de escamas, barras o formas extruidas para anillos. Los países que han desarrollado las técnicas de la cera perdida han formulado ceras para practicamente cualquier uso, utilizando ceras microcristalinas y aditivos, subproductos ambos del petróleo. En México no hay tal variedad y tenemos que utilizar lo disponible. Otra opción es formular nuestras propias ceras haciéndoles variar sus propiedades mediante el agregado de diversos compuestos.

Una cera de uso general puede estar compuesta de cera de abeja y parafina en partes iguales.

Si deseamos una cera blanda, al grado que pueda ser trabajada con las manos (Bajo el calor de una lampara) la fórmula será la siguiente: Cera de abeja 60%, parafina 34%, vaselina 3% y lanolina 3%.

Una cera relativamente dura puede formularse como sigue: Cera de abeja 20%, parafina 70%, colofonia (brea) 6% y negro de humo 4%.

En general una cera puede suavizarse agregándole vaselina, lanolina y aceite mineral o inclusive para motores. Si lo que se desea es hacerla mas dura se le agrega parafina y colofonia.

Es necesario que al formular una cera no se sobrecaliente ya que de ese modo se generan partículas de carbón, además es conveniente aprovechar su estado líquido para colarla a través de un tamiz fino para eliminar partículas extrañas.

El formular una cera no reduce su costo significativamente y menos aun si se hace a pequeña escala, es por eso que conviene evaluar detenidamente esta opción.

FABRICACION DE MODELOS.

Existen basicamente dos maneras de fabricar los modelos de cera, uno de ellos es dar forma individualmente a la pieza deseada mediante el tal-

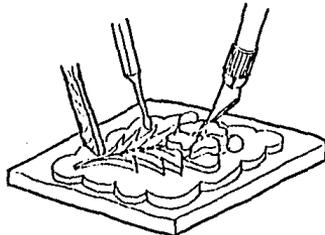


Fig 95 Fabricación de un modelo
(Tallado y modelado)

lado o modelado. Este proceso es lento y por ello se reserva para la producción de piezas unitarias (esculturas y joyería de edición limitada), ver fig. (95).

Por otro lado cuando se desea reproducir con exactitud un número determinado de modelos de cera es conveniente fabricar un molde para obtenerlos, ver fig. (96).

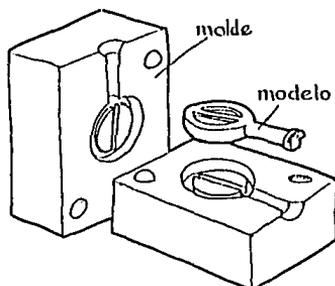


Fig 96 Molde para fabricar modelos

MODELOS LABRADOS (Modelados o tallados).

En el primer caso (Modelado) se da forma a la cera mediante el empleo de espátulas, navajas puntas, en fin, cualquier modo de hacerlo se considera válido.

Si se quiere ablandar la cera simplemente se coloca bajo el calor de una lámpara.

Una vez obtenido el modelo se continua con el proceso normal de formación del molde y fundición.

MOLDES PARA LA OBTENCION DE MODELOS.

En el caso de los modelos hechos en molde existen mas variantes, su material y tipo de

configuración dependerá en gran medida de la cantidad, tamaño y tipo de piezas a fabricar.

Molde metálico para modelos.

Cuando se fabrica un molde sin contar con la pieza original se hace normalmente de metal (acero o latón). La cavidad se maquina de igual manera que en los moldes para inyección de plásticos teniendo esta la forma negativa de la pieza a reproducir.

La manufactura de un molde de este tipo solo se justifica cuando la cantidad de piezas a fabricar es alta, sus ventajas son: mayor precisión y enfriamiento mas rápido de la cera inyectada en el.

Moldes de hule para modelos.

Cuando tenemos una pieza original la cual queremos reproducir un número determinado de veces es posible hacer un molde de hule.

Normalmente se hace un emparedado de hule crudo con la pieza en la parte media (incluyendo esta el sistema de alimentación y venteos), despues se somete el conjunto a presión y

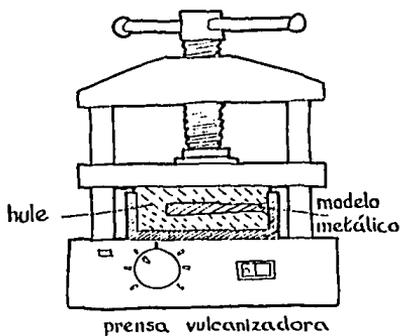


Fig 97 Fabricación de molde de hule

temperatura de vulcanización ver fig.(97), posteriormente, una vez que se enfria el bloque de hule, se parte por la mitad ver fig. (98) y se procede a inyectar de cera el molde.

Este procedimiento puede resultar un poco complicado para practicarse en una escuela,

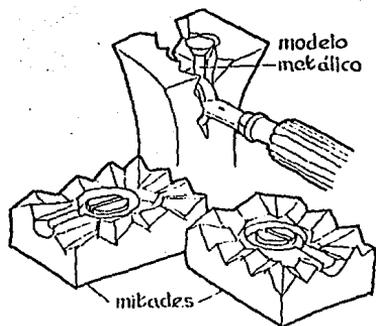


Fig 98 Partición del molde de hule

además con la aparición de nuevos materiales es posible substituir el hule vulcanizado.

La opción mas sencilla a esto es hacer un molde de hule silicón el cual se vende en forma líquida viscosa, mediante la adición de un catalizador la mezcla "vulcaniza" (Hay catalizador que actua en cinco minutos y lo hay también para actuar en ocho horas, el segundo es tal vez la mejor elección ya que proporciona una reproducción mas fiel de la pieza, debido a que otorga mas tiempo para que las burbujas suban a la superficie).

Es conveniente colocar la pieza de la que se desea hacer el molde en el interior de una caja de cartón, si la pieza no tiene una cara plana en que asentar se conforma una caja falsa o soporte de plastilina que le de apoyo a lo largo de su línea de partición, es conveniente colocar llaves o registros para asegurar la sincronia entre las mitades del molde, posteriormente se vierte el hule silicón ya preparado en el interior de la caja, se espera a que gela, se elimina la plastilina, se aplica una capa de vaselina al silicón ya gelado y al modelo a manera de desmoldante y por último se repite el mismo procedimiento para elaborar la otra mitad del molde, ver fig. (99). Así obtenemos el molde listo para trabajar.



Fig 99 Fabricación de molde de silicón

Llenado de los moldes de hule con cera.

Para llenar los moldes de hule existe un procedimiento formal que es inyectarle cera con una máquina especial para esto, ver fig. (100). Esta cera se inyecta en estado pastoso a una temperatura de 65-75 C a una presión de 40-100 PSI. Es necesario mantener esta presión por unos segundos mientras solidifica la cera ya que así compensamos la cantidad de material que se contrae al enfriar. Una vez hecho esto podemos retirar el molde y dejar enfriar el modelo en su

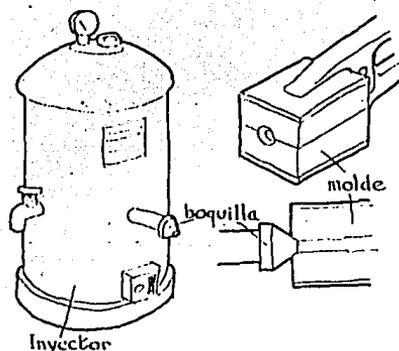


Fig 100 Inyección de cera en molde

interior hasta el punto en que sea posible su manipulación, posteriormente se abre el molde, se extrae la pieza de cera pudiendo trabajar con ella del modo convencional.

Si no se dispone del aparato de inyección, puede vaciarse la cera con una cuchara directamente en el bebedero. En este caso la cera debe estar totalmente líquida (A una temperatura mayor) a fin de llenar correctamente el molde. El problema que se presenta es que el modelo resultante será de un tamaño menor al obtenido con el proceso de inyección ya que la cera en este caso se contrae más al enfriar precisamente por haber estado a mayor temperatura, además el hecho de no existir una presión sostenida no permite compensar esta contracción de solidificación. Aun así, si fabricamos el modelo y molde pensando en la contracción que tendrá lugar es posible obtener piezas precisas.

Es preciso aclarar en este punto que no todas las ceras tienen el mismo índice de contracción.

Moldes de yeso y arcilla para modelos.

Es posible hacer moldes de otros materiales como el yeso o la arcilla.

Los moldes de yeso son más confiables de estos dos porque la arcilla conforme pierde humedad reduce demasiado sus dimensiones.

Los moldes de yeso han sido utilizados por los escultores de manera exitosa a lo largo de mucho

tiempo. Ellos elaboran su modelo original de arcilla, plastilina o cera, con este hacen un molde de yeso ya sea de una o varias piezas según la dificultad que presente su desmoldeo. Una vez separadas las partes del molde se aplican capas de cera fundida contra las paredes húmedas del molde (para evitar su adherencia), así obtenemos partes de la escultura correspondientes a cada parte del molde. Estas partes se unen formando la escultura completa que en este caso está hueca,

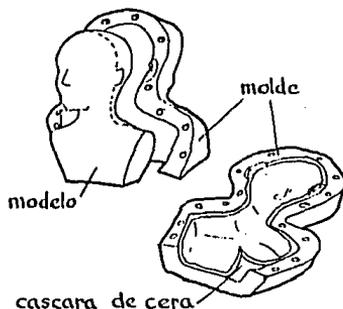


Fig 101 Molde de yeso (2 partes)

ver fig. (101), ahorrando material y favoreciendo la solidificación direccional del metal.

Si la escultura es pequeña es posible hacerla de fundición sólida, solo hay que armar las partes del molde y vaciar la cera en el interior obteniendo un modelo de cera sólida que se trabajará como cualquier escultura.

Una ventaja de trabajar con moldes compuestos de partes es que se pueden fabricar moldes complementarios que nos permitan cambiar y jugar con las características de las piezas, en la antigüedad se hacían ya moldes para pequeñas esculturas, uno de ellos correspondía al cuerpo y varios de ellos a diferentes cabezas, así, intercambiándolos se podían elaborar diferentes personajes.

Una vez obtenida la pieza se le agregan bebederos y ventosas de cera, este conjunto se trabaja esencialmente de igual modo a los otros procesos a la cera perdida.

El método anteriormente descrito puede ser utilizado no solo para crear esculturas sino también piezas pequeñas o medianas de un prototipo, el único límite en su uso es la imaginación.

Los moldes de arcilla o barro, como ya dijimos antes, son mas imprecisos, pero la técnica no se puede despreciar, es útil cuando se requieren piezas planas, simplemente se imprime el original contra la arcilla húmeda (En estado plástico) hasta lograr una impresión, a continuación se gotea o se vierte la cera fundida en el hueco o relieve creado, una vez solidificada se retira y se procede a trabajar con ella del modo convencional.

En general los moldes para modelos pueden hacerse de muchos materiales y con variadas técnicas (Zamak, aluminio, epoxia, madera, etc.), aquí solo presentamos los mas usuales, esto no debe evitar la experimentación con ellos.

MOLDES.

Hasta el momento hemos visto la función de un molde para la fabricación de un modelo, pero en el proceso con modelo perdido (Sea con cera o con otro material) el molde real o final está constituido por la capa refractaria que reviste al modelo.

Existen diferentes materiales para constituir esta capa refractaria, la elección de ellos dependerá del material a fundir, de la técnica utilizada, de la rapidez deseada y del costo generado.

Independientemente del material que los constituyen existen básicamente dos tipos de moldes, los compactos y los de cascara.

Los moldes compactos se utilizan principalmente en la fabricación de piezas pequeñas, mientras que los de cascara con las grandes o resistentes. En el texto nos referiremos a moldes hechos sobre modelos de cera aunque la técnica

puede ser aplicada con modelos de otros materiales.

MOLDES COMPACTOS.

Un molde compacto se fabrica del siguiente modo:

1.- Se monta el modelo en una barra que funcione como bebedero y este a su vez en una base. Se le aplica al modelo (de cera) algunas pinceladas de alcohol para evitar que repela el investimento.

2.- Se coloca el conjunto en el interior de un cuerpo de lámina cilíndrico (Una sección de tubo o una lata abierta por sus dos extremos que no sea de aluminio) sellando con plastilina su unión con la base.

3.- En un recipiente con agua se agrega poco a poco el investimento en polvo hasta que el agua se sature con él, se mezcla cuidadosamente con una espátula hasta lograr la consistencia de una sopa cremosa aunque sea necesario agregar mas investimento o agua.

4.- Es necesario quitar burbujas a esta mezcla ya sea con una bomba de vacío o golpeando ligeramente el recipiente contra alguna superficie, aunque esto último no es tan efectivo.

5.- se vacía la mezcla en el interior del cilindro hasta llenarlo, en esta etapa es posible aplicar vacío otra vez, ver fig. (102).

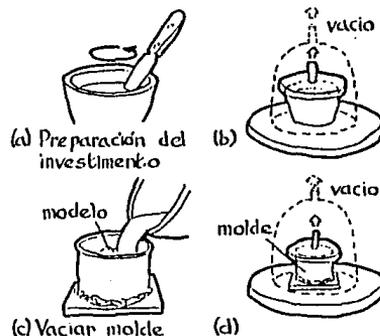


fig 102 Eliminación de burbujas del investimento

6.- Se deja fraguar el investimento y se hornea en dos etapas. La primera para permitir que la cera salga del molde (80-90 C, el tiempo variara con el tamaño de la pieza, cuando deje de gotear se cumple con esta etapa), esta cera puede ser recuperada, refinada y vuelta a usar. La segunda etapa es necesaria para precalentar el molde y para evaporar los residuos de cera que hayan quedado impregnados en el material del molde, la temperatura máxima que se alcance dependerá del metal a vaciar y del material de que este compuesto el molde, si es a base de yeso no podrá exceder los 650 C.

7.- Sin dejar enfriar el molde se vacía el metal en él con los métodos que veremos después.

8.- Después que el metal ha solidificado y sin que el molde este totalmente frío (+ - 150 C) se sumerge en agua, esto rompe el material refractario y facilita la extracción y limpieza de la pieza.

MOLDE DE CASCARA.

Cuando el tamaño de la pieza permite mayor libertad en su manipulación, es posible (y costeable) hacer el molde en cascara.

En este proceso al elaborar la mezcla refractaria se busca que tenga una consistencia un poco mas densa a fin de que no escurra.

El modelo se sumerge en este "lodo" y se extrae quedando revestido con una capa, el proceso puede presentar variantes, por ejemplo a la pieza se le puede aplicar (o retocar) el revestimiento cerámico con pincel o brocha, se pueden aplicar varias capas a fin de aumentar la resistencia de la cascara, entre capa y capa se le puede espolvorear arena sílica (como empanizado) para reforzar la cascara, también entre capa y capa se le puede espolvorear polvo seco del mismo material refractario utilizado para acelerar su fraguado, ver fig. (103).

Lo que se hace para eliminar el modelo en este caso es similar al método utilizado con el molde compacto.

Cuando se le vacía el metal fundido, puede hacerse con el molde dentro de una caja metálica,

existiendo entre estos dos un relleno de granalla o arena sílica suelta, esto evita que la presión hidrostática rompa el molde o facilite la salida del metal líquido por las grietas formadas.

Normalmente este tipo de moldes se llenan por gravedad ya que el ajustarlos a máquinas o sistemas de presión o vacío es mas complicado y costoso.



Fig 103 Fundición con modelo perdido en molde de cascara

MATERIALES PARA MOLDES (Inyecciones).

Dependiendo de la temperatura que alcance el molde (Al hornearlo para fundir y evaporar la cera y precalentarlo para vaciar el metal) será la composición del mismo.

En el caso de metales como el aluminio y el antimonio el molde puede precalentarse a 650 C. Si lo que se desea es vaciar acero tendrá que hacerse a 1000 C.

No es mi propósito dar formulaciones de materiales para moldes con modelo perdido. Hay en el mercado suficiente variedad de estas formulaciones las cuales están profesionalmente preparadas y pueden adquirirse desde precios y cantidades relativamente bajos en tiendas donde se venden materiales y herramientas para joyeros y dentistas.

Además el prepararlos puede representar un riesgo para la salud si no se tiene el equipo adecuado ya que el silicio finamente pulverizado se dispersa fácilmente en el aire pudiendo ser inhalado.

Para metales con bajo punto de fusión se pueden utilizar inversiones a base de yeso que mediante adiciones de talco y arena sílica (Una fórmula típica: 60% yeso cerámico, 25% arena sílica #50, 15% talco + agua) se le proporcionan propiedades como porosidad y resistencia.

El plomo no puede vaciarse en moldes a base de yeso ya que reacciona con él. El yeso tiene una resistencia a la temperatura de 750 C máximo y no debe excederse si no se quiere dañar el molde.

Cuando lo que deseamos es obtener piezas con un punto de fusión más alto, las formulaciones utilizan materiales compatibles con temperaturas más altas, el recubrimiento en este caso está compuesto de un material refractario (Que se presenta en forma de polvo y que es a base de alumina, silicio, óxido de circonio, magnesio o arcillas) y un aglomerante (en forma líquido viscosa como el silicato de sodio, etílico o potásico y alcohol de polivinilo).

Estas formulaciones son relativamente nuevas (Antiguamente los aglomerantes funcionaban a

base de estuco, yeso o arcillas). En el periodo de la segunda guerra mundial los científicos encontraron que el sodio podía ser removido del silicato de sodio (o de otros silicatos) por intercambio de iones, produciéndose ácido silícico y por lo tanto sílica coloidal. El gel formado por la solución atrapa y estabiliza los sólidos de la fórmula ya mencionados anteriormente, proporcionando un material para moldes que es resistente, ligero, con una suavidad en su superficie excelente y con un coeficiente de expansión térmica muy bajo.

Una fórmula típica sería: 94 partes de harina de silicio #325, 56 partes de alumina #325, 37 partes de arena sílica #40, 4 partes de silicato de sodio 20 BÉ, 1 parte de alcohol de polivinilo al 2%.

Los moldes hechos con este tipo de fórmulas son más porosos y los gases escapan de ellos más fácilmente por lo que puede incluso reducirse el número de ventos (o eliminarse si la formulación lo permite), ver fig. (104).

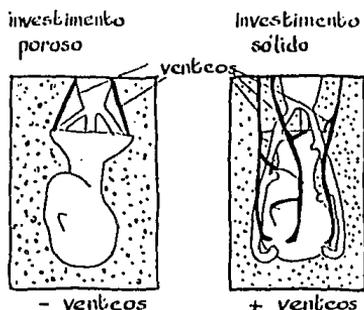


fig 104 Moldes con ventos y sin ventos (si el investimento es poroso)

Normalmente las piezas medianas o grandes se trabajan en forma de cáscara y su resistencia suele ser tal que no es necesario ponerlos en una caja con material de relleno.

Pueden colarse en ellos metales con punto de fusión alto y bajo. El costo de este tipo de inversiones es alto por los compuestos químicos que los integran.

El tiempo de fraguado será aquel en que el alcohol evapora y el silicato de sodio entre en acción, por lo regular estos tiempos son cortos y permiten agilizar la producción.

Quitar la cera, evaporar sus residuos y llenar de metal la cavidad se hace de igual modo que con los otros materiales.

VACIADO.

El vaciado de metal en un molde de cáscara o compacto puede ser de varias maneras: Por gravedad, colada centrífuga, a presión o al vacío. Todas estas técnicas de vaciado son factibles de desarrollar sin necesidad de contar con muchos recursos.

VACIADO POR GRAVEDAD.

Es el más sencillo de todos, simplemente se vacía el metal en la abertura superior del molde hasta llenarlo, ver fig. (105).

Su aplicación es igual de sencilla en moldes compactos y de cáscara, aunque es necesario que el bebedero tenga cierta altura (dependiendo del molde) para que haya suficiente presión y el metal entre a todas las cavidades.

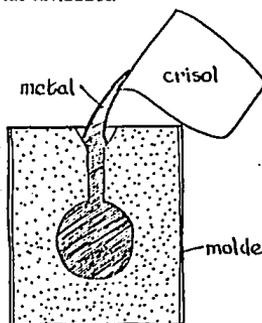


Fig 105 Vaciado por gravedad

COLADA CENTRIFUGA.

En la colada centrífuga es necesario contar con un aparato o instrumento para tal fin. Para el llenado del molde actúa la fuerza centrífuga (La fuerza que impulsa los objetos lejos del centro de rotación) como medio que asegura que el metal llenará toda la cavidad.

Estos instrumentos tienen un brazo que se encuentra sujeto a un resorte. Para hacerlo actuar primeramente se gira el brazo de manera que enrrolle el resorte, en uno de los extremos del brazo se coloca el molde (que en este caso puede ser solo compacto) y el crisol (de vertido horizontal) con el metal fundido, en el otro extremo hay un contrapeso. Sin perder tiempo se acciona el gatillo teniendo como efecto que el resorte impulse el brazo en sentido contrario al que lo habíamos enrrollado generando así la fuerza centrífuga, ver figs. (106)y(107).

Es posible inclusive hacer una centrífuga con pocos recursos, aunque cualquiera que sea el

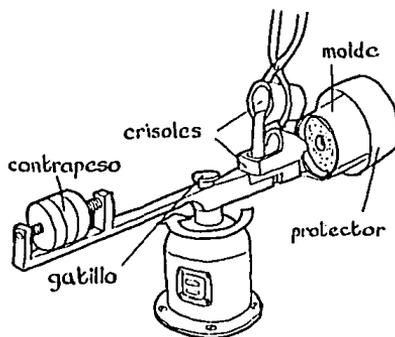


Fig 106 Colada centrífuga

equipo es necesario operarlo con mucha precaución ya que parte del metal puede proyectarse al operario, por eso se recomienda que los procedimientos se lleven a cabo en el interior de una tina o caja o que disponga de su propio contenedor de metal.

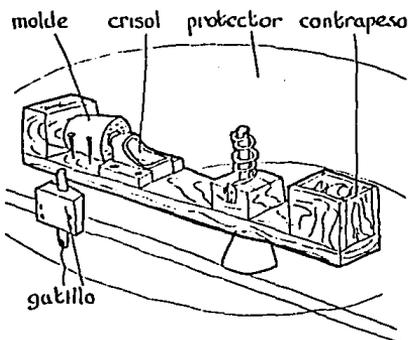


Fig 107 Centrifuga "casera"

VACIADO A PRESION.

El vaciado a presión podría parecer difícil de conseguir en trabajos a pequeña escala pero es fácil llevarlo a cabo si se dispone de un molde compacto.

El método industrial supone la aplicación de aire u otro gas a presión sobre el metal fundido para que este se proyecte a la cavidad.

En el método propuesto se aprovecha el calor mismo del metal para generar vapor y crear esta presión. Simplemente se atornilla en una tapa de lámina de un frasco un mango de madera, en el interior de la misma tapa se colocan varias capas de papel húmedo. Esta tapa se presionara firmemente sobre el molde compacto una vez que haya

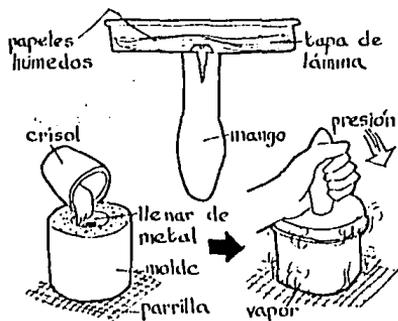


Fig 108 Vaciado a presión (casero)

sido vertido el metal en su bebedero (El cual tiene que ser en este caso mas amplio) hasta llenarlo.

Al tener contacto la humedad del papel con el metal fundido generará vapor instantaneamente y se proyectara el metal a la cavidad, ver fig. (108).

VACIADO AL VACIO.

Este procedimiento puede parecer contrario al anterior pero opera bajo el mismo principio.

Lo que se pretende en este caso es crear un vacío en la parte inferior del molde para que la presión atmosférica haga el efecto del vaciado a presión, ver fig.(109).

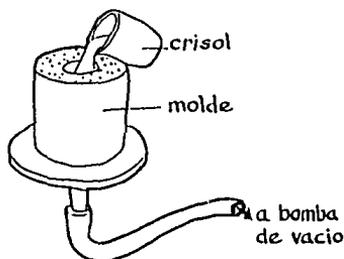


Fig 109 Vaciado al vacío

LIMPIEZA.

Cualquiera que haya sido el tipo de molde o el procedimiento de vaciado, es necesario retirar de la pieza metálica creada el material refractario.

Industrialmente pueden utilizarse tambores giratorios o chorros de granalla. Pero para desmoldar piezas de un solo molde no es necesario contar con tanto equipo, solo hay que sumergir en agua el molde antes que enfrie totalmente (150 C), esto reblandecera el investimento y facilitará la labor de limpieza, siendo esta posible hasta con un cepillo de cerdas duras.

FUNDICION EN HUESO DE JIBIA

Existen diferentes medios de obtener piezas de fundición. Cuando estas deben ser pequeñas, precisas y rápidamente obtenidas podemos utilizar el proceso de fundición en hueso de jibia.

Un molde puede hacerse y fabricarse en media hora. Los objetos a fundir no deben exceder las dimensiones de 6mm de espesor, 30mm de ancho y 60mm de largo (estas dimensiones pueden variar de acuerdo a la jibia obtenida).

Los modelos deben ser de metal o material suficientemente rígido para resistir la presión del formado del molde, como modelos podemos utilizar piezas originales de las cuales podemos necesitar algunas copias.

No es necesario que exista ángulo de extracción en el modelo. Bajo este procedimiento no es posible utilizar corazones.

El hueso de jibia (conocido también como jibia o jibión) es una concha caliza que se encuentra en el dorso de un molusco marino del mismo nombre y que es una especie de calamar.

Este hueso de jibia se utiliza normalmente como alimento para aves de ornato y puede ser adquirido a bajo precio en tiendas de animales o en mercados, en los locales donde se venden jaulas, escobas y cepillos.

La cara suave del hueso de jibia puede hendirse fácilmente y tomar en ella una impresión de cualquier objeto que se presione contra ella.

La dificultad de imprimir modelos gruesos puede solucionarse presionando repetidamente la pieza contra la concha y cepillando fuera del molde con un pincel firme el material comprimido entre presión y presión.

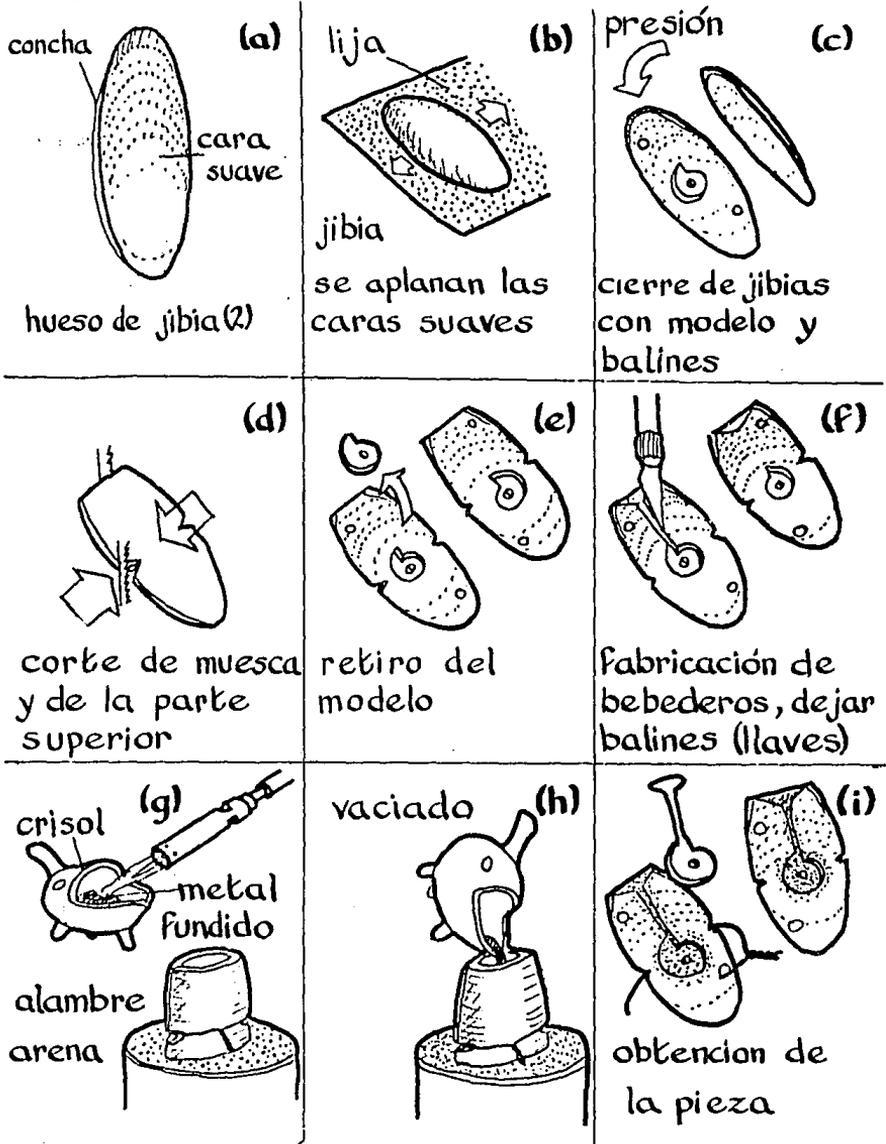
Para asegurar la sincronía entre las dos mitades del molde es conveniente imprimir desde un principio un par de balines del mismo modo que se hace con el modelo.

Cuando se decide cerrar el molde las conchas deben atarse con un cordón resistente, una vez hecho esto es conveniente colocar el conjunto en una lata con arena sílica de modo que esta sea su soporte a la hora de vaciar el metal fundido.

El material de la jibia soporta altas temperaturas y es suficientemente poroso para permitir que el aire y los gases escapen fuera del molde.

Un metal adecuado para este tipo de proceso es el antimonio que fluye fácilmente por las cavidades y reproduce fielmente los detalles. Puede fundirse rápidamente la cantidad necesaria con un soplete de gas en un pequeño crisol de barro. Esto no es impedimento para utilizar o experimentar el proceso con otros metales.

Fig 110 Fundición con hueso de jibia



CAPITULO XII

DESCRIPCION Y OPERACION DE EQUIPOS DE FUNDICION

HORNO DE CRISOL (de combustible).

En realidad es posible hacer funcionar un horno de crisol con combustible sólido, líquido o gaseoso. En estado sólido tenemos al carbón, en estado líquido el diesel o aceite y en estado gaseoso en gas natural o el butano.

El horno de carbón ha caído en desuso y su operación es bastante sucia. En la actualidad se utilizan principalmente hornos de gas o diesel, ya que convenientemente operados, la cantidad de contaminantes que emiten corresponde a las normas ecológicas vigentes.

Este tipo de fundiciones se utilizan satisfactoriamente para fundir aluminio, latón, bronce, otras aleaciones no ferrosas y eventualmente hierro vaciado, pero no alcanzan la temperatura suficiente para fundir acero.

Los hornos de crisol pueden clasificarse operativamente en dos tipos, los basculantes y los estacionarios, ver fig (111 Y 112).

Los hornos basculantes tienen la ventaja de que no es necesario sacar el crisol para obtener el metal fundido, aunque su costo es mayor.

Los hornos estacionarios son los que se utilizan comúnmente y pueden encontrarse en muchos tamaños, pueden así mismo tener su boca a nivel del piso (para facilitar la extracción del crisol) o bien ubicarse totalmente fuera del piso.

Un horno de crisol de cualquier tipo tiene básicamente cuatro partes: Carcasa, refractario, base o pedestal y unidad de combustión.

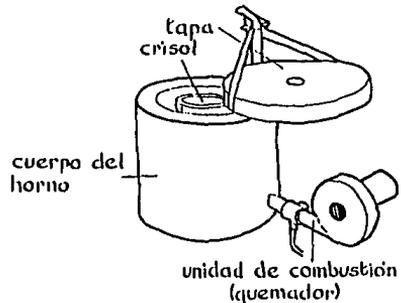


Fig 111 Horno estacionario de crisol

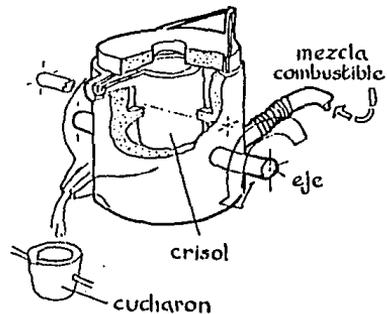


Fig 112 Horno basculante de crisol

La carcasa está hecha de acero, el refractario normalmente está preformado y está integrado a la carcasa, la base o pedestal se utiliza para soportar el crisol, la unidad de combustión debe mezclar el combustible y el aire adecuadamente antes de convertirse en fuego.

Se debe poner especial atención en la adecuada localización de los quemadores con respecto a los pedestales o crisoles. Los quemadores deben dirigirse de tal modo a la cámara de combustión que la línea central del quemador esté al mismo nivel o altura que la superficie superior del pedestal y la flama sea dirigida al espacio entre la pared del horno y el crisol, ver fig. (113).

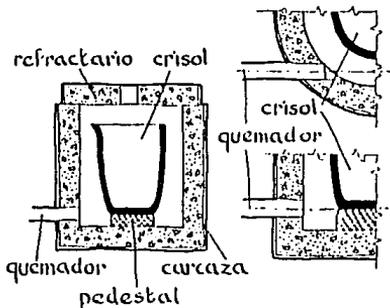


Fig 113 Ubicación del quemador

Para obtener los mejores resultados de un horno de este tipo, el tamaño del crisol sugerido por el fabricante del equipo no debe ser cambiado, con esto el espacio disponible para la combustión alrededor del crisol será siempre el mismo. Es mejor fundir una carga pequeña en un crisol grande que fundir la misma carga en un crisol mas chico con condiciones de operación diferentes y un posible incremento en el tiempo de fundición.

El pedestal debe estar hecho de material refractario y no debe reblandecerse o debilitarse con el incremento de temperatura, si se reblandece puede adherirse al crisol, y si se rompe puede provocar un derrame de metal en el interior del horno, o la rotura del crisol.

CARGANDO EL HORNO.

Cuando cargamos el crisol de un horno, estando frio, los remanentes de otras fundiciones (bebederos, canales y mazarotas ya separados de

las piezas) deben colocarse en la parte baja del crisol, los lingotes en la parte alta, no deben estar expuestos a las flamas, no se debe sobrecargar un crisol, el metal cargado no debe entrar forzosamente en el crisol ya que al calentarse se dilataria y lo rompería.

Si decidimos agregar mas metal al crisol una vez que el horno ha sido encendido y el material ha fundido, debemos precalentarlo (en la boca del horno) y depositar la pieza lentamente en el interior del crisol.

AJUSTE DE FLAMA Y ATMOSFERA DEL HORNO.

Todo el aire requerido para la combustión debe ser suministrado por el soplador centrifugo (si es que posee este sistema) y ser mezclado totalmente con el combustible antes de penetrar al horno.

Debe evitarse la entrada secundaria de aire por la abertura del quemador ya que se tendria una operación errática del equipo.

Si no se dispone de un sistema que mantenga automaticamente la proporción de la mezcla de aire y combustible, se puede operar el sistema manualmente pero con mucho cuidado, si se suministra demasiado aire, se crea una atmósfera oxidante, consumiendose el carbón o grafito de un crisol hecho de este material.

Si se suministra demasiado combustible (principalmente si es líquido) se crea una atmósfera reductiva y se produciría un exceso de humedad en forma de gases que atacarían al crisol y provocarían la aparición de burbujas en las piezas finales de fundición.

La atmósfera en este tipo de horno debe ser ligeramente oxidante, es decir que debe haber un poco mas del aire necesario para quemar completamente el combustible, cuando esto es así, aparece en el borde externo de la flama un ligero tinte verde.

Una atmósfera reductiva se distingue por tener una flama amarilla y humeante.

Una manera rápida de averiguar el tipo de atmósfera que posee el horno, es arrojar en él un pequeño trozo de madera, si este se quema con

una flama, la atmósfera es oxidante, si se chamusca lentamente, la atmósfera es reductiva y es necesaria una mayor cantidad de aire en el quemador.

PORMENORES

El fundir en un horno de crisol de combustible debe hacerse lo mas rapidamente posible, entre mas corto sea el tiempo que se mantenga el metal en la cámara del horno habrá menos oportunidad para una excesiva oxidación o absorción de gases por parte de la carga.

Tan pronto como el metal ha fundido debe determinarse la temperatura del mismo (ver capítulo referente a vaciado y control de temperatura).

Generalmente es necesario apagar el horno, tanto el aire como el suministro de combustible, poco antes de alcanzar la temperatura requerida ya que el metal seguirá incrementando su temperatura gracias al calor retenido por el material refractario del horno. Para conocer este parametro es necesario experimentar un poco con los equipos. Es conveniente recordar que no se deben sobrecalentar las aleaciones o metales ya que esto provoca una alteración no deseable de las características del material.

Es conveniente que el sistema de alimentación de combustible, sobre todo si es de gas, esté hecho de tubo metálico y tenga además una válvula solenoide que corte el suministro de gas en caso de una interrupción del flujo electrico (Esta válvula debe mantenerse cerrada aun volviendo la electricidad, y solo podrá accionarse con intervención del operario). Esto evitará que el gas escape cuando el soplador de aire deje de funcionar, además permitirá interrumpir la operación del equipo mas fácil y rapidamente. De no tener esta válvula es necesaria y forzosa la presencia del fundidor todo el tiempo que dure el proceso a fin de evitar algún accidente.

HORNOS ELECTRICOS

Los hornos eléctricos tienen sobre los hornos de combustión la ventaja de no descomponer tan facilmente las características o propiedades de un metal o aleación.

Mientras en un horno de combustión (de cubilote o de crisol de combustión) se presentan en el interior del horno determinadas reacciones químicas que no solo generan calor sino que interactúan con la carga, en los hornos electricos el calor es generado gracias a una fuente de energia externa, haciendo posible inclusive en equipos mas sofisticados la creación de atmosferas inertes, oxidantes o reductivas, todo esto a voluntad.

HORNO DE ARCO ELECTRICO INDIRECTO

El arco electrico que existe en el interior de estos hornos es el punto generador de alta temperatura.

Este tipo de horno toma su nombre del hecho de que el arco eléctrico no entra en contacto directo con el metal a fundir (Como sucede con los grandes equipos siderurgicos donde el arco eléctrico es entre el electrodo y el metal, ver fig. (114b), el arco está presente exclusivamente entre dos electrodos y no toca directamente la carga, ver fig. (114a).

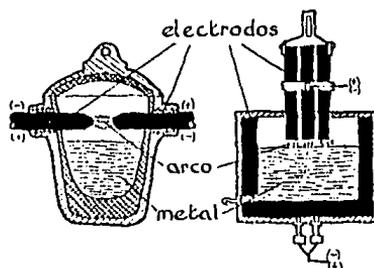


fig 114 Hornos de arco eléctrico

Para hacer que "salte" la chispa eléctrica deben acercarse lentamente los electrodos de carbón hasta hacer contacto, inmediatamente se comienzan a retirar los electrodos lentamente "jalando" la chispa hasta que tenga la longitud adecuada. Los electrodos se consumen con el uso, hay equipos que cuentan con alimentadores automáticos para compensar esto, de lo contrario se tiene que hacer también manualmente.

Este, como toda clase de equipo tiene características de operación particulares, las cuales cambian de un modelo a otro, por eso es necesario estudiar con detenimiento los manuales de operación correspondientes.

Si el horno es del tipo giratorio, ver fig. (115) el metal recibe el calor de dos fuentes; calor radiante del arco eléctrico y en segundo lugar del material refractario que lo ha recibido a su vez de la misma fuente. Si el horno es estático solo será del arco eléctrico.

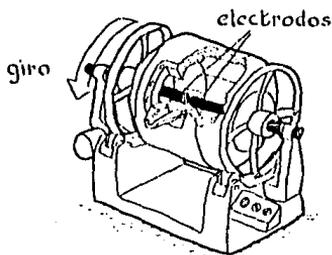


Fig 115 Horno de arco eléctrico (indirecto) giratorio

El hecho de que el horno gire expone más refractario a la acción del arco eléctrico y permite a su vez otorgar al metal más calor. Esto disminuye el tiempo necesario para fundir la carga, aumenta el periodo de vida del revestimiento refractario, ahorra energía eléctrica, mezcla perfectamente el o los metales y por último produce una distribución uniforme del calor.

Siempre es conveniente precalentar el horno a la temperatura de fundición antes de cargar el metal en él.

Se debe además tener especial cuidado en no sobrecalentar el equipo, esto prolongará la vida del revestimiento interno, (La temperatura del arco eléctrico rebasa los 3000 C).

El metal que se carga deberá estar limpio, sin residuos de grasa, polvo o arena ya que estos generan escoria que aísla la carga del calor generado.

El horno debe llenarse lo más rápidamente posible para evitar pérdidas de calor.

HORNO DE RESISTENCIA ELECTRICA

Las características operativas de un horno de resistencia eléctrica son diferentes a las de un horno de arco eléctrico. En este último el calor se obtiene de la chispa producida por el o los electrodos. El horno de resistencia produce el calor necesario para fundir los metales utilizando resistencias eléctricas (de grafito o de níquel-cromo).

Refiriéndonos a hornos giratorios de uso industrial diremos que estructuralmente no existe mucha diferencia con el horno de arco eléctrico indirecto, la principal consiste en que lo que se busca es el contacto permanente de los electrodos para que entre los dos formen una resistencia continua.

El horno de arco eléctrico trabaja desprendiendo calor constante y para controlar la temperatura lo que debe variar en todo caso es el tiempo de exposición a la fuente calorífica.

La temperatura en el horno de resistencia puede controlarse más fácilmente haciendo variar el voltaje o suministrando intermitentemente la electricidad.

Haciendo a un lado las diferencias operacionales anteriormente mencionadas los

procedimientos para trabajar con uno o con otro son los mismos.

Es conveniente de igual modo estudiar y seguir al pie de la letra el manual de operación y mantenimiento del equipo.

En este manual propongo la fabricación de un horno eléctrico de resistencia (ver último capítulo), no se trata de un equipo industrial (del tipo giratorio con resistencia de carbón) sino de un pequeño horno de crisol con resistencia de níquel- cromo convencional, un diagrama elemental de este tipo de hornos puede verse en la fig. (116).

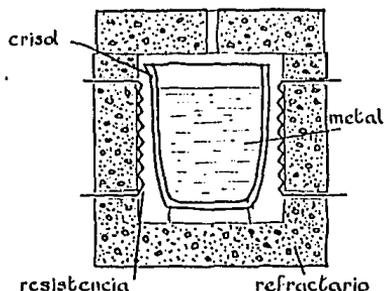


fig 116 Horno de resistencia de crisol

HORNO DE INDUCCION

En este tipo de equipo de fundición, una corriente eléctrica de alta frecuencia pasa a través de la bobina primaria, ver fig. (116), induciendo una corriente magnética secundaria en la carga, esta, ofrece resistencia a la primera y comienza a calentarse hasta llegar a la temperatura deseada.

La carga puede consistir en un solo trozo de metal o en piezas sueltas. Un horno de inducción funciona únicamente con metales ferrosos y aleaciones de cobre.

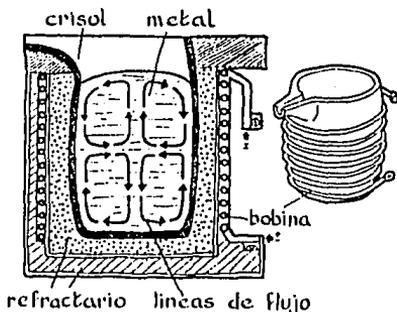


fig 117 Horno de inducción

El calor se genera en la parte externa de la carga y se transmite rápidamente al centro gracias a la conductividad térmica propia de los metales.

Después de que la carga comienza a fundir y a acumularse en el fondo del horno, se presenta un efecto de movimiento, esto no solo traslada el calor al centro de la masa, sino que acelera la fundición ya que el metal líquido "deslava" al metal sólido, esto también mezcla minuciosamente los componentes de la carga asegurando su uniformidad.

Las líneas de flujo que se pueden observar en la fig. (117) y que se presentan en el metal líquido dentro del horno de inducción nos muestran que no hay puntos muertos y que cada parte del depósito es movida. La fuerza de este movimiento puede ser controlada variando el poder del campo magnético generado.

Las condiciones de operación y reparación de un horno pueden variar de un fabricante de equipo a otro, es muy necesario estudiar el manual de operación y mantenimiento adjunto, deben observarse aspectos como el sistema de enfriamiento de la bobina, tipo de refractario utilizado, métodos de mantenimiento, uso de crisoles y carga del horno.

HORNO DE CUBILOTE

NATURALEZA DEL HIERRO FUNDIDO

El hierro químicamente puro es suave y dúctil pero su punto de fusión es tan alto y su carácter es tal que no puede ser usado para hacer piezas de fundición. Lo que comúnmente conocemos como hierro colado contiene algunas impurezas que provocan en él una baja en su punto de fusión a la vez que cambia sus propiedades físicas.

El hierro puro funde por encima de los 1647°C mientras que el hierro vaciado o colado funde aproximadamente a los 1203°C. El carbono es el elemento que hace posible este gran cambio, aunque otros elementos en menor proporción tienen también un papel activo en estos cambios.

La textura observada en la fractura de una pieza de hierro vaciado varía desde ser áspera, gris y semicristalina hasta ser fina y blanca.

Antiguamente todo el hierro era clasificado por la apariencia que tenía en la zona de fractura anteriormente mencionada, actualmente existen medios para conocer con precisión su composición química.

OBTENCION DEL HIERRO Y TRABAJO DE UN HORNO DE CUBILOTE

Para comprender como funciona un horno de cubilote es conveniente conocer primeramente el funcionamiento de un alto horno que tiene muchas similitudes estructurales al cubilote pero que se diferencia de él básicamente en:

1.- El alto horno se utiliza para convertir el mineral de hierro que se extrae de las minas en hierro de primera fusión o arrabio que posteriormente se vuelve a fundir. Otro método de convertir hierro en material útil es mediante el proceso HYL, desarrollado por la compañía mexicana HYLISA, en este proceso no se utiliza coque y caliza, al producto de este proceso se le conoce como hierro esponja, este material tiene ventajas sobre el arrabio obtenido con alto horno des-

tacando entre ellas un menor costo de producción y mayores facilidades para el control de calidad del producto final.

El arrabio o hierro esponja son a final de cuentas materiales que recibirán un proceso o tratamiento posterior en alguno de los hornos existentes (el cubilote por ejemplo) los cuales le impartirán las características deseadas.

En el presente manual solo nos limitaremos a describir generalmente las reacciones que ocurren en un alto horno ya que las consideramos análogas a las que ocurren en un horno de cubilote.

2.- El tamaño, un alto horno puede medir de 25 a 70 mts. de alto y tener un diámetro en su parte baja de 4 a 10 mts., mientras que un horno de cubilote puede tener un tamaño de .70 a 10 mts. de altura (buena parte de ellos correspondientes a la chimenea si hablamos de 10 mts.) y .70 a 2 mts de diámetro.

Si se desea conocer más sobre la metalurgia extractiva, recomendamos consultar la siguiente bibliografía:

Tecnología de fabricación metalmeccánica Cap. II
Zeferino Damián Noriega
AGT editor

REACCIONES PRESENTES EN UN ALTO HORNO

La corriente de aire que se inyecta en un alto horno se regula de modo tal que no queme completamente el carbono del combustible (coque), parte de este carbono debe de convertirse en monóxido de carbono (CO) que es un gas compuesto por un átomo de carbono y un átomo de oxígeno, la otra parte debe convertirse en bióxido de carbono (CO₂) que está compuesto de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno.

El monóxido de carbono caliente pasa a través de la carga reaccionando con el mineral, tomando oxígeno de este y convirtiéndose el monóxido en bióxido de carbono. Esta extracción de oxígeno del mineral reduce el óxido de hierro en hierro

metálico, y este a su vez toma algo de carbono y lo arrastra a la zona de fundición la cual está por abajo de las toberas. En este punto todos los constituyentes de la carga son ya fluidos.

De un 10% a 30% del mineral y de un 10% a 14% del combustible cargados en un alto horno están compuestos de material terreo y cenizas, los cuales deben sacarse en forma de escoria.

Una porción de este material terreo es básico, y el restante es ácido. Si las porciones básicas y ácidas son iguales el mineral será autofundente y formará su escoria sin adición de cualquier otro material; pero en la mayoría de los casos algún elemento ácido como el silicio, predomina, eso hace necesaria la adición de piedra caliza como fundente para retirar el exeso de silicio.

Si está presente un exeso de piedra caliza o bien demasiado silicio, la escoria será espesa, si existe una cantidad correcta de cada uno de los materiales mencionados, la escoria será muy fluida y podrá ser separada completamente del hierro.

Conforme la carga desciende en la fundición, la piedra caliza se convierte en un material mas fluido gracias al calor que libera el bicárido de carbono.

La humedad en la carga es también liberada y retirada por el calor producido.

Asumiendo el hecho de que la escoria es mas ligera que el hierro, flotará sobre la superficie de este último y podrá ser separada a través de una boquilla o vertedero de escoria que se encuentra ligeramente mas alto que el vertedero de hierro, ver fig. (118).

Las proporciones de coque, piedra caliza y mineral deberán ser cuidadosamente calculadas, si el mineral no se reduce adecuadamente una porción de hierro se perderá en la escoria. En este caso el hierro obtenido tendrá poco silicio y mucho azufre. Esto también puede tener origen en una insuficiente generación de calor, bajo esta condición solo una parte de hierro se reduce al llegar al punto de fusión y todo el silicio se utiliza en segregar el mineral de hierro que no ha sido reducido.

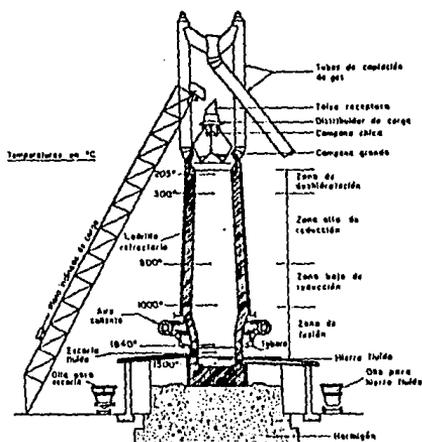


Fig 118 Sección de un alto horno

Cuando una fundición trabaja de esta manera se dice que "trabaja en frío". Un porcentaje mas grande de combustible y un incremento en la temperatura del aire que entra por las toberas harán a la fundición "trabajar en caliente" provocando que el hierro absorba mas silicio.

El carbono presente en una masa de hierro es obtenido del combustible (coque) del horno, y la cantidad total de carbono que absorba el hierro dependerá de las condiciones de trabajo del horno y los porcentajes de silicio, manganeso y azufre presentes en el hierro.

El azufre en el hierro se obtiene principalmente de el combustible, solo una pequeña parte proviene del mineral de hierro y los fundentes. Si la piedra caliza es utilizada como fundente y la escoria está caliente y fluida, esta absorberá y extraerá una gran cantidad de azufre; pero si permite que la escoria se torne espesa, lenta y se permite que la fundición trabaje en frio parte de ese azufre se mezclará con el hierro.

Un hierro de alto grado o de bajo contenido de azufre se obtiene con una fundición trabajando en caliente pero no excesivamente y utilizando piedra caliza como fundente.

Hierro con alto contenido de silicio o azufre puede ser obtenido con una fundición trabajando en caliente pero con poco fundente de piedra caliza.

EL HORNO DE CUBILOTE

En el horno de cubilote las reacciones que se presentan son analogas a las que ocurren en el alto horno, es decir la fluidez de la escoria, la reducción de los óxidos, la influencia del combustible, los fundentes y la inyección de aire tienen la misma influencia en uno y otro. La diferencia es que en horno de cubilote el hierro se deposita en forma de chatarra o arrabio y no en forma de mineral. El coque, metal y los fundentes se depositan en capas alternas, la primera capa debe ser de coque una vez que se enciende esta se deposita la de metal y posteriormente el fundente repitiendo las capas de materiales hasta llenar el horno al nivel de la puerta de carga.

La proporción en peso del coque con relación a los demás materiales es de 1 a 8.

Se permite que el horno se caliente durante 45 min. antes de inyectar aire por las toberas, si el aire se precalienta se mejora la eficiencia del proceso. Una vez que el aire inyectado eleva la temperatura y funde el metal, este comienza a acumularse en la parte baja del cubilote. Una vez que haya suficiente, se permitirá que el metal fundido salga por el agujero de sangría y la escoria por la boquilla para escoria, ver fig. (119 y 120).

Es necesario alimentar el cubilote constantemente para que la carga no baje mas abajo del nivel de la puerta de carga.

Al final de la operación se destapa el horno por la parte baja para permitir que salgan el hierro, coque y escoria restantes.

Es necesario aclarar en este punto que la operación eficiente de un cubilote es mucho mas compleja que lo anteriormente mencionado y requiere un estudio mas profundo. Recomendamos consultar obras como "El horno de cubilote y su operación" de la American Foundrymen's Society de editorial CECSA.

Es preferible evitar o posponer (en caso de que el programa de estudios lo incluya) la utilización de hierro en los proyectos de los alumnos.

Es conveniente y mas seguro que se ejercite el alumno con materiales mas sencillos de procesar como el aluminio, bronce al silicio, antimonio o zamak.

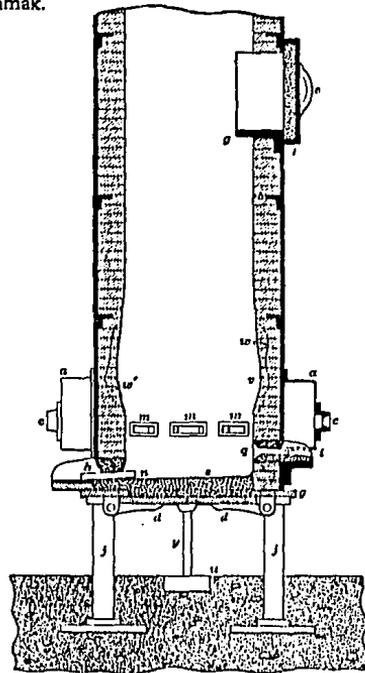


Fig 119 Sección de horno de cubilote

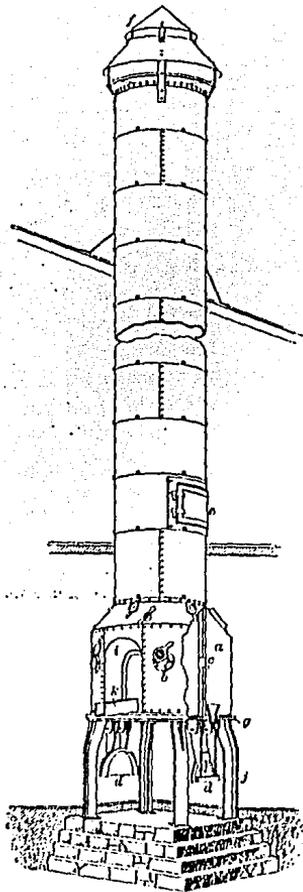


Fig 120 Horno de cubilote

En caso de que sea necesario demostrar y practicar la operación de un cubilote en la escuela, pueden construirse versiones económicas del mismo, semejantes a las utilizadas en épocas pasadas para demostraciones o para producción en pequeña escala.

Construir un cubilote convencional en miniatura puede ser contraproducente porque la reparación del mismo se hace imposible debido al poco espacio de que se dispone.

Es preferible construirlo con características que lo hagan operable a pesar de su pequeño tamaño. Por ejemplo en exhibiciones metalúrgicas de principios del siglo XX se fundía hierro eficientemente en un barril metálico usado, recubierto su interior con ladrillos refractarios. El diámetro in-

terior final era de 30 cm., la inyección de aire se hacía con fuelles, en este caso el pequeño armatoste era puesto sobre ruedas para poder trasladarlo.

Nosotros podemos fabricar nuestro propio equipo si disponemos de un tubo de lámina de acero (cal 14 o 12) de 40 cm. de diámetro y 60 cm. de altura, fijado a un plato del mismo material, con barrenos de 3.8 cm. a cada lado a 7.5 cm. de altura como toberas para recibir el aire suministrado por un soplador centrífugo. El material refractario utilizado puede ser en forma de ladrillos refractarios o concreto refractario, este último se trabajaría de igual modo que en los otros equipos que se mencionan en este texto, el tipo de ladrillo o concreto debe ser sugerido por el fabricante de materiales refractarios.

Este cubilote "improvisado" puede producir 100 kilogramos de hierro fundido (a partir de pequeñas partes de chatarra) en una hora. La figura (121) nos da una idea de lo que decimos, el equipo de la figura aunque sigue siendo un equipo miniaturizado es un poco mayor y puede fundir

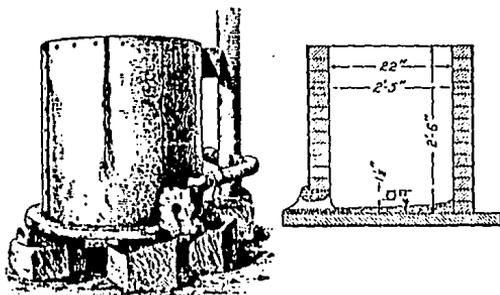


Fig 121 Pequeño cubilote

250 Kg. en una sola tirada.

El combustible y chatarra utilizada en pequeños cubilotes debe ser también pequeño en tamaño.

El cubilote chino de la figura (122) está hecho en tres secciones, una sobre otra, cada una está hecha de lámina de hierro conformada, remachada y recubierta internamente de material refractario,

tienen dos ganchos a cada lado para poderlas manipular con barras o tubos.

La parte superior tiene forma de embudo y recibe la carga de hierro y combustible. El aire lo recibe en la sección media a través de una sola tobera (b), se suministra por medio de un sistema de fuelles que puede ser substituido por un soplador centrífugo.

El agujero de sangría o vertedero están a nivel de piso. Notesé que este tipo de equipos tienen cama de arena (a base de bentonita y arena sílica), agujero de sangría o vertedero, pero a diferencia de los grandes cubilotes no tiene boquilla para salida de escoria. Es por eso que decimos "una sola tirada", es decir que no podemos llenarlos conforme baja la carga, porque es difícil controlar la escoria cuando se manejan pequeñas cantidades de material, con la carga que empezamos debemos terminar.

La ventaja de estos equipos, como ya se habrá notado, es que la labor de mantenimiento es sencilla y se puede asegurar la operatividad de los cubilotes por más tiempo.

Si colocamos sobre el cubilote una chimenea desmontable o acoplable, se resuelve el problema de los gases que se generan en el interior de nuestras instalaciones.



Fig 122 Cubilote chino

EFFECTO DE LAS DIVERSAS ALEACIONES EN EL ACERO

(METALES BASICOS)

CROMO

1.- El cromo se combina con el carbono formando carburos, también se disuelve en la ferrita de acuerdo con el contenido de cromo y de carbono en esta.

2.- El cromo en el acero aumenta la resistencia al desgaste, usándose esta aleación en materiales que trabajan con un gran rozamiento, tales como: cojinetes de bolas, matrices, etc.

3.- El cromo aumenta la penetración del temple en el acero, por lo que con contenidos elevados del mismo, pueden conseguirse aceros de temple al aire o de autotemple.

4.- El cromo estabiliza los carburos presentes en el acero, impidiendo la separación del grafito en los aceros de carbono elevado. Se usa generalmente esta aleación en proporciones de 0.25%/0.50% para ligar el carbono y a la vez aumentar la dureza.

5.- El cromo en el acero produce un grano más fino y por lo tanto superficie más tersa, siempre que su temperatura de tratamiento no sea elevada.

6.- Especialmente cuando se usa el cromo en cantidades del 12% o más, hace aumentar en alto grado la resistencia a la corrosión, dando así lugar a los llamados aceros inoxidable.

7.- Con el cromo es necesario elevar más la temperatura del metal a fin de templearlo.

NIQUEL

1.- El níquel se disuelve en la ferrita elevando el límite elástico y la resistencia en general, ya sea a la tracción, como a la compresión, el alargamiento, etc., sin que por ello disminuya la tenacidad en el acero.

2.- El níquel durante la cementación, limita el aumento del tamaño del grano.

3.- El níquel intensifica el efecto de otras aleaciones en el acero, especialmente del cromo; de esta forma los dos elementos (cromo y níquel) se complementan uno al otro, dando por consiguiente aceros excelentes para la construcción de piezas de maquinaria y de herramientas especiales.

El níquel incorporado a los aceros al cromo, intensifica la capacidad de penetración de temple y así los aceros con alto contenido de cromo y de níquel, son templables más fácilmente al aire.

4.- El níquel es usado en diferentes proporciones en los aceros (principalmente en los de cromo), para hacerlos inoxidables (resistentes a la corrosión), antiácidos (resistentes a los ácidos), resistentes a la oxidación a altas temperaturas (refractarios), la adición de níquel se hace de acuerdo con el aumento deseado en la resistencia a la corrosión, así como para comunicar al acero propiedades especiales.

5.- Cuando el níquel está en contenidos altos en un acero lo hace austenítico. Hay muchos aceros con diferentes contenidos (generalmente altos) de níquel, que poseen diferentes propiedades especiales, por ejemplo: el acero Invar con un 36% de níquel; el platinite con un 46% de níquel, este último teniendo un coeficiente de dilatación igual al platino, etc.

6.- El níquel en el acero, hace posible obtener el temple con una temperatura más baja.

TUNGSTENO

1.- El tungsteno forma con el carbono, carburos de tungsteno. Estos carburos son muy duros y presentan mucha resistencia al desgaste. El tungsteno se disuelve un poco en la ferrita, debido a esto, los límites de alargamiento y ruptura son más elevados, a la vez que aumenta la dureza y la tenacidad del acero.

2.- Otra propiedad del tungsteno en el acero es afinar la estructura, por lo tanto, grano más fino y superficies más tersas.

3.- El tungsteno también ayuda a impedir la descomposición de la martensita en acero templado, lo que en cierto modo aumenta las dificultades del tratamiento de revenido. Por lo

anterior se puede considerar que el tungsteno es de gran importancia en la fabricación de aceros rápidos y herramientas que trabajan en caliente, ya que ayuda a conservar la dureza.

4.- El tungsteno incrementa en los aceros la capacidad de conservar el magnetismo, por lo cual, el tungsteno puede alearse solo o combinarse con el cromo para la fabricación de imanes.

5.- Finalmente, el tungsteno en el acero hace necesario que se le eleve más la temperatura para obtener el temple.

VANADIO

1.- El vanadio se puede usar en pequeñas proporciones para la desoxidación del acero.

2.- El vanadio con el carbono forma fácilmente carburos, disolviéndose también, aunque muy poco en la ferrita; por estas razones se incrementa la resistencia, la dureza y la tenacidad en los aceros.

3.- El vanadio eleva en los aceros el límite de fatiga.

4.- El vanadio baja la sensibilidad del acero a los cambios bruscos de temperatura, debido a esto se requiere menor tiempo de calentamiento al darle los tratamientos y a la vez, se disminuyen las probabilidades de que aumente el tamaño del grano puesto que también afina la estructura.

5.- El vanadio intensifica el efecto de otros elementos que contenga un acero, por lo cual se agrega en los aceros aleados para construir piezas para maquinaria y herramientas.

6.- Al igual que el tungsteno, el vanadio hace que la temperatura para la obtención del temple aumente.

MOLIBDENO

1.- El molibdeno con el carbono forma fácilmente carburos. Disolviéndose también, aunque muy poco en la ferrita.

2.- El molibdeno durante el proceso de cementación, dificulta el crecimiento del grano.

3.- El molibdeno intensifica el efecto de otros elementos que contenga el acero. Un ejemplo de esto son los aceros al cromo tungsteno; el molibdeno en los aceros, produce semejantes efectos

que el tungsteno, pudiendo decirse que el 1% de molibdeno corresponde al 2 o 3% de tungsteno.

4.- Normalmente el molibdeno se agrega a los aceros en un porcentaje aproximado de 0.30% con el objeto de evitar revenidos frágiles.

5.- El molibdeno aumenta la capacidad de penetración del temple, como por ejemplo en los aceros al cromo níquel.

6.- La resistencia que presentan los aceros a los ácidos, es posible aumentarla cuando se agregan cantidades de molibdeno en un 2% o más en los aceros inoxidable del tipo 18/8 (18% cr. y 8% Ni).

7.- El molibdeno aumenta el alargamiento a altas temperaturas.

8.- El molibdeno también aumenta la resistencia de los aceros que se van a trabajar en frío para la construcción de maquinaria.

9.- El molibdeno casi no hace variar la temperatura para la obtención del temple.

COBALTO

1.- El cobalto se disuelve en la ferrita.

2.- El cobalto eleva la resistencia del metal al revenirlo, por lo cual incrementa la capacidad de corte que tienen los aceros rápidos; esto sucede cuando el cobalto se encuentra en estos aceros en un 10% o más.

3.- El cobalto aumenta la fuerza coercitiva del acero y también la dureza máxima, debido a esto, se usan contenidos de cobalto hasta en un 35% en los aceros magnéticos, por ejemplo aquellos que tienen combinación de cromo y tungsteno.

4.- El cobalto hace necesaria una temperatura mas alta para la obtención del temple.

SILICIO

1.- El silicio se usa generalmente como desoxidante en el acero en la forma de ferrosilicio.

2.- El silicio se disuelve en la ferrita. En cantidades de hasta un 2.5% aumenta la dureza del acero sin que por ello disminuya la tenacidad y la ductibilidad. Cantidades mas altas de silicio aumentan la fragilidad del acero, y cuando este tiene un 5% de este elemento, ya no es forjable.

3.- El silicio disminuye la estabilidad de la cementita, por lo que, en aceros con altos con-

tenidos de carbono, el silicio descompone los carburos, produciendo grafitos (carbono libre).

4.- El silicio disminuye la penetración del temple, esto sucede especialmente en los aceros templados al aire, incluso se contrarrestan los efectos del temple al aire por ejemplo en aceros al cromo tungsteno que son usados para válvulas.

5.- El silicio aumenta la capacidad de contrarrestar los efectos de oxidación a altas temperaturas en los aceros que trabajan en caliente, además eleva la resistencia eléctrica.

6.- El silicio en contenidos de 0.60% hasta aproximadamente 4.5% es útil en la fabricación de chapas para dinamos, motores y transformadores electricos, con el objeto de disminuir la pérdida de vatios.

7.- El silicio aumenta la fluidez del acero fundido, por lo que se usa para vaciar fundiciones complicadas.

8.- El silicio tiene la capacidad de aumentar el crecimiento del grano en el acero.

9.- El silicio hace necesaria una temperatura mas alta para la obtención del temple.

MANGANESE

1.- El manganeso es el material desoxidable por excelencia cuando el acero se encuentra fundido, usándose en la forma de ferromanganeso.

2.- El manganeso se disuelve en la ferrita y con el carbono forma carburos; debido a esta propiedad, se aumenta la resistencia del acero, y dentro de ciertos límites también la tenacidad.

3.- El manganeso aumenta la capacidad de penetración de temple en el acero.

4.- El manganeso se combina con el azufre formando sulfuros de manganeso, por lo cual, el el acero debe haber suficiente manganeso para impedir que se formen sulfuros de hierro que hacen al acero frágil cuando este esta al rojo. lo anterior indica que el manganeso también aumenta la facilidad para forjar el acero.

5.- El manganeso influye algo en el aumento de tamaño de grano en el acero.

6.- El acero con contenidos de 1% al 1.25% de carbono y de 11% a 13% de manganeso, enfriados al agua desde una temperatura de 1000 grados centígrados son totalmente austeníticos. Estos

aceros son excesivamente difíciles de maquinar y además se desgastan muy poco, por lo cual también se usan en partes expuestas a grandes desgastes (quebrantadoras, excavadoras, etc.).

7.- El manganeso en el acero baja la temperatura necesaria para darle temple.

REFRACTARIOS.

Un refractario es una sustancia que puede soportar altas temperaturas sin ser destruido.

Los hornos para fundir metales tienen que estar revestidos en su interior con este tipo de material, esto permite concentrar el calor en la carga y evitar que se pierda irradiándose al exterior.

Para la industria metalúrgica, cementera y vidriera se utilizan refractarios altos en alumina y mullita debido a que se manejan temperaturas altas y a que se presentan choques térmicos.

En la industria del acero (En donde el material refractario está en contacto con el material fundido), se pueden necesitar ladrillos básicos que puedan resistir una acción escorificante del metal fundido, pero si la escoria generada es del tipo ácido (Ver apartado referente a horno de cubilote) los ladrillos deberán tener más silicio en su composición. El tipo de ladrillos y materiales refractarios utilizados en hornos de cubilote, de hogar abierto, altos hornos, etc. debe corresponder al tipo de aleación que se desea fabricar, lo mejor es consultar al distribuidor para que nos proporcione el material específico.

En los hornos de crisol no existe interacción entre el metal y el refractario, los agentes destructivos son básicamente: El calentamiento y enfriamiento repetitivo, la exposición directa a la flama y la acción abrasiva de las operaciones que se realizan en el horno. Estos factores destruyen el horno a muy largo plazo si el material utilizado es el adecuado, es por eso que al configurar este tipo de hornos se debe tener en cuenta aspectos como la conductividad térmica y la resistencia a la abrasión.

Estos dos últimos factores van ligados a la densidad del material.

Un material refractario denso (densidad relativa 2-3) conducirá el calor con facilidad y por lo tanto lo desperdiciará, pero a la vez resistirá eficientemente la acción abrasiva del instrumental o cualquier tipo de condición de trabajo pesado.

Un material refractario ligero o poco denso (densidad relativa 0.8) no conduce el calor con la misma facilidad (tan solo un 40% de los densos) y aísla el calor más eficientemente, el problema es que la resistencia mecánica de estos es más baja, es por eso que se les utiliza comúnmente como materiales de respaldo.

Los materiales refractarios utilizados en la fabricación de los hornos que se proponen en el presente texto (autoequipamiento) son conocidos como concretos refractarios, habiendo en el mercado del tipo denso y aislante (ligero). Dependiendo del horno y del concepto que se maneja sera esta densidad.

La ventaja de los concretos refractarios es que pueden adoptar prácticamente cualquier forma (Se vacían de igual manera que los concretos convencionales) si contamos con la cimbra adecuada, esto elimina el uso de ladrillos y morteros facilitando la fabricación del horno.

Cuando la variedad de concretos refractarios no es tan amplia como para poder seleccionar la densidad requerida, podemos adquirir concreto refractario denso y concreto refractario aislante y mezclarlos en la proporción que nos permita obtener la densidad adecuada. Si el metal fundido va a estar en contacto permanente con el refractario ya no es posible hacer estas mezclas.

Cuando se preparan los concretos refractarios se debe tener cuidado de no agregarles agua en exceso, la consistencia que deben adquirir es similar a la del concreto que se utiliza en la construcción de las casas.

Al igual que el concreto de construcción civil el concreto refractario se debe hidratar para evitar la formación de grietas y para darle mayor resistencia mecánica. La manera de lograrlo es colocar un trapo húmedo sobre el material ya fraguado, se

debe mantener esta humedad por lo menos 24 horas.

Cuando se usa por primera vez un concreto refractario se debe elevar su temperatura gradualmente durante un periodo de tiempo largo, durante la primera hora se eleva la temperatura a 100 C, durante la segunda hora a 200 C, así hasta llegar a la temperatura normal de operación, de no hacerse de este modo la resistencia mecánica del refractario será poca.

El caracter monolítico de los concretos refractarios hace necesario que se anclen a las carcazas donde se ubican, en el caso de los equipos que aquí describimos bastan algunos tornillos de acero.

CRISOLES

El metal en un horno de crisol debe ser fundido en un recipiente que tenga un punto de fusión mas alto que el del metal mismo.

Si se deseara fundir hierro seria en un crisol de carburo de silicio, grafito o cerámico, pero si hablamos de otros metales o aleaciones podemos hacerlo inclusive en recipientes de acero.

Los crisoles están hechos de diversos materiales, pero los mas comunes son los de cerámica, grafito, carburo de silicio y acero.

Existen ventajas y desventajas en cada uno de ellos y su selección dependerá del tipo de uso a que se les someta.

Hay algunas reglas generales para el uso y manejo de los crisoles:

- 1.- Usar tenazas y soportes que ajusten adecuadamente en el crisol.
- 2.- Siempre y sin excepción vaciar el crisol completamente al final de cada uso. Esto no significa que deba desperdiciarse el metal que sobre ya que pueden formarse lingotes en moldes de arena preparados previamente.
- 3.- Regrese el crisol al horno despues de vaciarlo para que se enfríe lentamente.
- 4.- Evite usar fundentes en exceso.

5.- Reserve y use permanentemente un crisol para cada tipo de metal, ya que los residuos de una fundición contaminarán seguramente el nuevo metal utilizado.

Los crisoles de cerámica y de metal pueden ocupar un revestimiento o vidriado interno que no solo proteja el crisol sino el mismo metal fundido (principalmente si son metales como el oro y la plata), evitando la formación innecesaria de escoria. Algunos joyeros utilizan altincar (compuesto de borax pero si queremos algo mas durable este vidriado puede hacerse facilmente con una mezcla de una parte de vidrio en polvo (obtenido de botellas verdes o ambar) una cuarta parte de bentonita y una cuarta parte mas de borax en polvo.

Debe tenerse especial CUIDADO al pulverizar el vidrio, es conveniente hacerlo con los ojos protegidos por goggles, un medio efectivo de hacerlo es colocando los trozos de vidrio en el fondo de un tubo metálico de 70 cm de largo y golpearlos con una barra de acero.

Para utilizar este vidriado deben mezclarse los componentes en seco y posteriormente agregarse agua hasta obtener la consistencia de la pintura (solo prepare la que ocupe). Si se utiliza en recipientes de hierro o acero se debe aplicar con una brocha antes de cada uso, mas si se utiliza en crisoles cerámicos debe humedecerse el crisol, aplicarse el revestimiento con brocha, dejarse secar, hornearse para que se vitrifique y finalmente podrá utilizarse normalmente, si la adherencia de esta capa no es suficiente, puede aplicarse primeramente una capa de borax y posteriormente el vidriado.

Esta mezcla puede también utilizarse en el interior de los hornos de combustión (y si es necesario en otros), le proporciona una mayor resistencia, aunque debe tenerse cuidado de no aplicarla en sitios donde asientan las tapas o crisoles ya que al enfriar quedarían pegados, en este caso se aplica bajo los mismos criterios que los crisoles cerámicos.

Los crisoles cerámicos son los mas baratos, de hecho son los que comunmente utilizan los joyeros, los hay en diversos tamaños, desde muy pequeños (para fundir algunos gramos) hasta un

tamaño que aunque pequeño puede ser útil para nuestros propósitos más básicos (2-4 lt de metal fundido). El inconveniente que presentan es su fragilidad es por eso que no los hay de gran tamaño, ver fig (123).

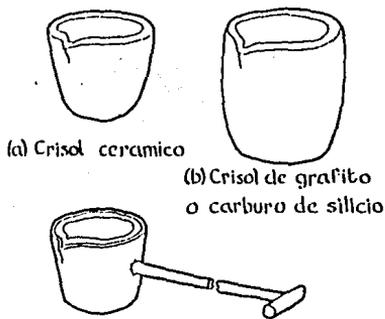


Fig 123 Crisoles

Una variante de los crisoles cerámicos pueden considerarse los cucharones o crisoles que se utilizan para recibir y dosificar el metal ya fundido, los cuales pueden tener la forma normal o de sifón, ver fig (123 y 124).

La fabricación de estos se logra compactando una capa refractaria en las paredes de un depósito

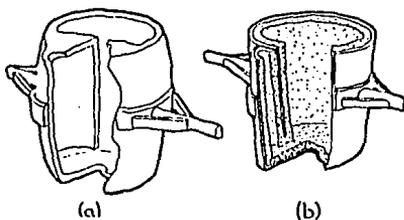


Fig 124 Sifones

metálico fabricado específicamente para esto, ver fig (125). La mezcla utilizada es a base de Arena sílica usada 83%, harina de silicio 15%, bentonita 2%, agua 5% de materiales secos. Al utilizar estos sifones se debe estar seguro que estén completamente secos y precalentados.

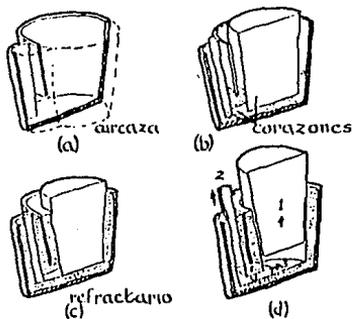


Fig 125 Construcción de un sifón

Los crisoles de sifón tienen la función de separar eficientemente la escoria de la superficie de la masa de metal líquido, y al igual que los cucharones no es necesario fabricarlos ya que pueden adquirirse aunque hechos de otros materiales.

Es necesario que los crisoles en general estén secos antes de usarse ya que la humedad puede resultar peligrosa cuando se vacía en ellos metal fundido. Cuando se desea fundir metal en un crisol cerámico el problema no es tan grande ya que gracias a su porosidad desaloja la humedad conforme se calienta, mas esto no significa que puedan utilizarse literalmente mojados.

Los crisoles de grafito son más económicos que los de carburo de silicio pero a la vez son más frágiles.

Si lo que se desea es fundir hierro en un crisol se debe tomar en cuenta que ataca el carburo de silicio cosa que no sucede con el grafito (que realmente es una mezcla de grafito y arcillas). Pero por otro lado uno puede romper un crisol de grafito en un solo uso mientras que toma un tiem-

po relativamente largo para el hierro consumir un crisol de carburo de silicio, estos son factores que se deben evaluar al hacer su compra.

Los crisoles de grafito se deben curar antes de usarlos por primera vez, esto significa que deben calentarse lenta y gradualmente hasta el rojo vivo y dejarse enfriar igualmente. Además deben guardarse en un sitio completamente seco entre uso y uso, de lo contrario deben volverse a curar.

Los crisoles de carburo de silicio son mas resistentes que los de arcilla y los de grafito, especialmente cuando se encuentran incandescentes, por supuesto esto significa que cuestan mas.

Su ventaja es que son capaces de soportar el trato de manos inexpertas.

No absorben humedad y por lo tanto no es necesario guardarlos en un sitio especial ni deben curarse antes de usarse.

Si bien el hierro los ataca y los consume gradualmente, no sucede lo mismo con el cobre, sus aleaciones, el aluminio y otros metales.

Los crisoles o recipientes metálicos son una opción económica cuando se trata de fundir aluminio y aleaciones de zinc.

Simplemente se solda un disco metálico a uno de los extremos de un tramo corto de tubo, ambos de acero y de buen calibre (cedula 40), **NO DEBE UTILIZARSE TUBO GALVANIZADO.** También debe forjarse en el un labio para facilitar

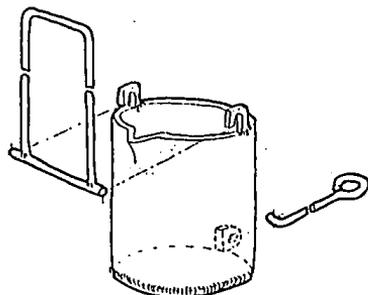


fig 126 Crisol metálico (y maneralea)

el vaciado. El tamaño del recipiente puede variar de acuerdo a las necesidades de nuestra fundición, ver fig (126).

La unica objeción al uso de este tipo de equipo es que el metal a fundir puede contaminarse con el hierro que desprenda el crisol. Esto puede convertirse en un problema serio, principalmente si trabajamos con aluminio, ya que una vez contaminado tiende a absorber muchos gases y a proporcionar piezas porosas.

Un recubrimiento cerámico o vidriado elimina este problema, simplemente se aplica en el interior del recipiente antes de usarlo. (ver primeros parrafos de este capítulo). Este vidriado debe renovarse constantemente ya que se rompe continuamente debido a la alta contracción del metal, aplicandolo es posible incluso fundir bronce.

EQUIPO PARA EL TRANSPORTE DE CRISOLES

El tipo de crisol y el medio con el cual se transporta depende en gran medida del tipo y tamaño de horno de fundición y de la cantidad de metal que requiera la pieza.

Si el horno que utilizamos es ladeable, de arco electrico, de inducción o cubilote es conveniente utilizar cucharones o crisoles de sifón como los que se mencionan en la primera parte de este capítulo, correspondiente a los crisoles cerámicos.

Si la cantidad de metal es mucha, tal que no pueda ser transportada por la simple fuerza humana, pueden utilizarse dispositivos como los que se ilustran en la fig. (127).

Sin embargo el tipo de equipos que propongo en este texto no pretende hacer complejo el proceso y recomiendo utilizar las versiones mas simples de los mismos.

Es necesario determinar de antemano el tamaño del horno, crisoles y piezas de fundición que se fabricaran, ya que de esto dependerá si el transporte de los crisoles será realizado por una o

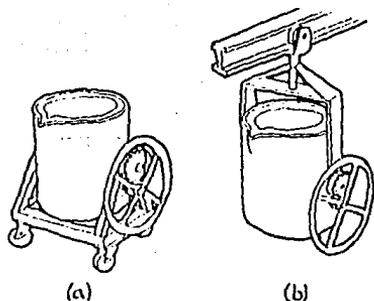


Fig 127 Transporte de crisoles con grandes cantidades de metal

dos personas y si deberá ser ayudada por otras mas.

Para retirar un crisol incandescente de un horno es necesario utilizar tenazas, las cuales, dependiendo del peso maneja como el maneral pueden ser para una o dos personas, ver fig. (128).

Una vez que se ha sacado el recipiente es necesario colocarlo en un astil o maneral que permitiera vaciar el metal en los moldes, ver fig (129).

Tanto las tenazas como el maneral y cualquier otro elemento que entre en contacto con el crisol o metal fundido deben PRECALENTARSE para evitar un choque térmico y por consiguiente un accidente.

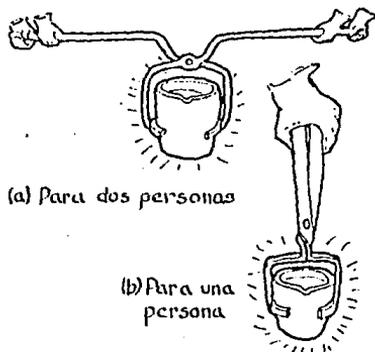


Fig 128 Tenazas para crisoles



Fig 129 Manerales para crisoles

Estos equipos deben ser fabricados con soleras y barras robustas de acero, con soldaduras de buena calidad.

Es necesario asegurarse que el equipo evite riesgos como la cercanía de un crisol incandescente con el cuerpo del operario (Dependiendo de la temperatura alcanzada, el calor radiante puede inclusive quemar la ropa). Es por eso que cuando se hacen coladas de hierro y acero se utilizan preferentemente equipos de manipulación para dos personas, ya que con estos se mantiene forzadamente una distancia entre el crisol y quien lo maneja.

Este maneral no es tan indispensable cuando se trabaja con crisoles pequeños y/o metales con bajo punto de fusión ya que con estos a veces bastan unas tenazas individuales, ver fig. (128b).

Otro punto que debe tenerse en cuenta al fabricar estos aditamentos, es que deben ajustarse correctamente al crisol, inclusive si es necesario deben hacerse a la medida ya que frecuentemente los crisoles no tienen dimensiones precisas aún siendo del mismo número o medida.

Tratándose de crisoles metálicos, el asunto es mas simple ya que no es necesario precalentar los accesorios para poder manipularlos, además la mayor resistencia de estos recipientes permite maniobrar con ellos de diferente manera, ver fig (126).

Sin embargo las precauciones personales son las mismas que se deben guardar con el manejo de los crisoles convencionales.

VACIADO Y DETERMINACION DE TEMPERATURA

VACIADO

El vaciado o vertido del metal en el molde es tal vez la parte más riesgosa de las operaciones de fundición.

Riesgo que se ve incrementado conforme se requiere una mayor temperatura de vaciado, y es que no es lo mismo vaciar una aleación de zinc que hacerlo con algún acero, el riesgo de este último es muchas veces mayor.

Es por eso que se debe exigir el uso de los equipos personales de seguridad y sobre todo guardar disciplina, en lo posible hacer las piezas de fundición en materiales que no pongan en riesgo la integridad de los practicantes, conforme se adquiera experiencia será posible aumentar las temperaturas de trabajo.

Cuando se llena un molde la presión hidrostática que origina el metal líquido dentro del molde tiende a separar el mismo por su plano de partición, la fuerza con que esto sucede depende de dos cosas básicamente, primeramente de la densidad del metal (Por ejemplo el acero tenderá a hacerlo con mayor intensidad que el aluminio aun siendo la misma pieza y teniendo sistemas de alimentación similares) y en segundo lugar de las áreas proyectadas (La fundición de una plancha generará mayor presión interna que la de una simple barra).

Para contrarrestar esto, y cuando la situación lo amerite es necesario colocar prensas y pesos en el molde de arena, ver fig. (130), estos deben colocarse con cuidado para no dañarlo.

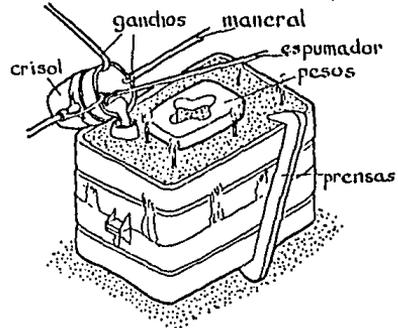


Fig 130 Vaciado en molde de arena

Es conveniente que los crisoles se llenen a solo tres cuartas partes de su capacidad, y llenarlos a tope solo si es necesario, esto nos permite trasladarlo de manera más segura y con mayor facilidad.

Cuando se inclina el crisol para realizar el vaciado debe colocarse el labio del mismo lo más cercanamente posible del basín o bebedero para evitar un innecesario enfriamiento y arrastre de aire.

Pasando de cierta inclinación el crisol tiende a salirse de su maneral por lo que es conveniente asegurar su posición por medio de un gancho operado por una tercera persona o por ganchos integrados al maneral, ver fig. (130).

Cuando el crisol es pequeño y la operación se hace solo con las tenazas no es necesario utilizar ganchos.

Debe evitarse todo el tiempo que la escoria que se encuentra en la superficie del metal se precipite al molde, para lograrlo se deben utilizar espumadores, los cuales deben estar hechos de un acero grueso, deben estar limpios y sobre todo deben precalentarse para evitar un choque térmico, ver fig. (130).

Una vez que se comienza a vaciar el metal, la operación no debe interrumpirse sino hasta que las cavidades se encuentran llenas, deben también mantenerse llenos el basín y el bebedero durante

todo el proceso ya que así se evitan las turbulencias y entradas de aire. Ambas cosas evitan la formación interna de escoria e impiden que el metal absorba gases que terminarían originando porosidades indeseables.

TEMPERATURA DE VACIADO

Es necesario que el metal que entre al molde tenga determinada temperatura. Si esta se excede (Temperatura superior a la requerida para llenar convenientemente el molde) ocurrirá una formación excesiva de óxidos y escoria, las piezas tendrán una superficie sucia y rugosa, innecesariamente se dará lugar a una contracción líquida excesiva, se incrementará la aparición de porosidades, cavidades y fracturas, además el tamaño del grano será demasiado grande.

Por otro lado, si la temperatura de vaciado es demasiado baja el metal arrastrará consigo gases y escoria al correr por los canales, la pieza perderá detalles o quedará incompleta.

Las temperaturas adecuadas para el vaciado variarán de acuerdo a factores como, tamaño de la pieza, su diseño, tipo de molde y proceso utilizado.

Es por esta razón que los rangos de temperatura de vaciado que se dan en la tabla (18) deben ser tomados tan solo como una referencia.

TABLA 18
TEMPERATURAS DE VACIADO

METAL	TEMP. DE VACIADO C
Acero	1563 - 1619
Hierro gris	1258 - 1425
Aluminio	675 - 759
Bronce Mn	1022 - 1078

En general podemos decir que las piezas con paredes delgadas se deben fundir a la temperatura superior del rango indicado,

mientras que las que tengan paredes gruesas deben trabajarse con la temperatura inferior.

MEDICION DE LA TEMPERATURA

Existen diferentes métodos para medir la temperatura de los metales fundidos, la elección de determinado método dependerá del metal seleccionado, esto, porque no todos funden a la misma temperatura, y si bien un método puede resultar útil en un caso puede no serlo en otro. Por ejemplo el tomar la temperatura del mercurio fundido puede lograrse con un termómetro convencional (Si esta temperatura no es muy alta), instrumento que se desintegraría al tratar de medir la temperatura del acero fundido.

El método que se usó comúnmente a lo largo de la historia consistió en la evaluación de la temperatura mediante un análisis visual del brillo del metal. El problema de este método es que no deja de estar basado en estimaciones del operario, tratándose de metales de bajo punto de fusión el metal no llega a tornarse incandescente, por otro lado si hay demasiada luz parecerá que el metal está frío mientras que en la oscuridad parecerá muy caliente.

Es conveniente que si se desea utilizar este método se adquiera experiencia, en la tabla (19) podemos encontrar una guía aproximada en la que podemos determinar la temperatura aproximada observando el color que adquiera el metal.

TABLA 19
TEMPERATURA SEGUN COLOR

COLOR	TEMPERATURA C
Rojo sangre	566
Rojo cereza obscuro	621
Rojo cereza medio	677
Rojo cereza	788
Rojo brillante	843
Naranja	927
Amarillo	1010
Amarillo claro	1149
Blanco	1260

Existen básicamente dos equipos para medir con mayor precisión las temperaturas de los metales fundidos: El pirómetro de inmersión y el pirómetro óptico.

Cada uno de ellos es recomendado para determinadas temperaturas.

El pirómetro de inmersión es un termopar cuyo funcionamiento se basa en el principio de que cuando se aplica calor a la unión de dos metales diferentes, se genera una corriente eléctrica que aunque pequeña puede ser medida por un

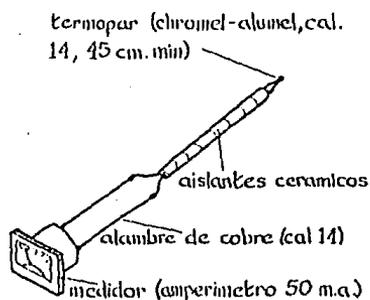


Fig 131 Pirómetro de inmersión

amperímetro, ver fig (131).

Para utilizarlo es necesario apagar previamente el horno (de crisol), se inserta el pirómetro a través de del orificio de la tapa y se sumerge en el metal líquido 7 u 8 cm, y se toma la lectura. Es necesario calibrar el instrumento con otros equipos o fundiendo metales puros cuyo punto de fusión es perfectamente conocido (cobre, aluminio).

El pirómetro de inmersión no se utiliza para las fundiciones de hierro o acero ya que en estos metales se maneja una temperatura muy alta y el equipo solo puede soportar una temperatura máxima de 1300 C.

El pirómetro óptico por su parte no es práctico para determinar la temperatura de metales no

ferrosos ya que sus puntos de fusión son muy bajos y el metal estando aún fundido no alcanza a irradiar luz, característica que es necesaria, ya que este equipo funciona comparando la luz o incandescencia emitida por un filamento con la luz emitida por el metal incandescente.

Este filamento se hace brillar (estimulado eléctricamente) con el material fundido como fondo, en el momento en que el brillo de ambos es igual no se puede diferenciar uno de otro teniendo la misma temperatura ambos, el filamento aparentemente desaparece, el brillo de este último se puede hacer variar a voluntad por medio de controles que graduados y calibrados adecuadamente nos proporcionan la temperatura a la que se encuentra o a la que deseamos ubicar la fundición. Por comparación podemos saber si su temperatura es demasiado baja o alta, ver fig. (132)

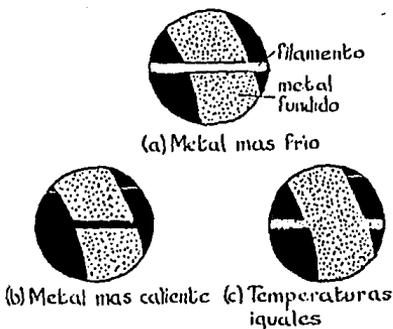


Fig 132. Pirómetro óptico

CAPITULO XIII

METALES PARA ENSAYOS

METALES Y OTROS MATERIALES RECOMENDADOS PARA ENSAYOS DIDACTICOS.

Cuando elegimos un metal o aleación para fabricar una pieza de fundición debemos tomar en cuenta las propiedades que se requerirán de ella, tales como resistencia mecánica, posibilidad en acabados superficiales, ductilidad, facilidad de maquinado y fundición.

A continuación damos una lista de los metales (con sus características) y otros materiales que se utilizan comunmente en la industria de la fundición:

LATON.

El latón es tal vez uno de los metales que elegiríamos primeramente cuando hemos tomado la decisión de fabricar alguna pieza fundida. Podemos encontrarlo rapidamente en los depositos de chatarra, esto lo hace atractivo para el principiante, pero esta elección lo haria experimentar algunas frustraciones.

El término latón denota una clase de aleación y no un material de composición específica. Por definición es una aleación de cobre y zinc conteniendo mas del 50% de cobre y cantidades menores de otros elementos. El latón amarillo comercial normalmente contiene un 65% de

cobre y un 35% de zinc, posee un agradable color amarillo y por medio de pulido puede obtenerse un buen acabado.

Otras composiciones de aleación se utilizan para aplicaciones específicas en la industria. La chatarra de latón normalmente está compuesta de una variedad indiscriminada de aleaciones, utilizar esta como materia prima hace variar considerablemente las propiedades del producto de una colada a otra.

Cuando se eleva la temperatura del latón mas alla del punto de fusión, el zinc que contiene comienza a evaporarse. Este problema se resuelve en alguna medida cubriendo el material fundido con una capa protectora de fundente. De cualquier modo parte del zinc se evapora y se pierde inevitablemente, esto provoca un leve cambio en la composición de la aleación final.

Los vapores de zinc son dañinos para la salud y se debe evitar el inhalarlos, sin embargo es casi imposible lograrlo, afortunadamente y a diferencia de metales como el plomo, mercurio o cromo, es relativamente fácil eliminarlo del organismo solo es necesario tomar leche, por eso se recomienda a todas las personas involucradas en trabajo de fundición o soldadura independientemente del metal que se trabaje.

Si se utiliza chatarra como materia prima es muy probable que se presenten impurezas y óxidos de zinc que originan la aparición de escoria en toda la masa de la pieza, incluyendo su superficie, de hecho existe un alto grado de rechazo en la fabricación de piezas de latón pequeñas por problemas de calidad.

Los principiantes en el arte de la fundición deberán en lo posible evitar el uso del latón, principalmente si fue obtenido de la chatarra, su uso

deberá limitarse únicamente a aquellas piezas que requieran buena apariencia.

BRONCE.

Como el latón el bronce es una aleación de composición indefinida, por definición el bronce es una aleación de cobre y estaño la cual puede contener pequeñas cantidades de otros elementos. Pueden ser conocidos como bronce otras composiciones que contengan poco estaño como por ejemplo el bronce manganeso, otras aleaciones inclusive no contienen estaño como el bronce aluminio (cobre y aluminio), y bronce al silicio (cobre y silicio).

Aleaciones como el cobre arquitectónico (cobre, zinc y plomo) y el bronce comercial (90% cobre y 10% zinc) son llamados bronce cuando en realidad son latones.

Cuando se utiliza el término "bronce" a secas, normalmente significa bronce de estaño. Cuando agregamos estaño al cobre incrementamos la dureza y resistencia de lo que fue el cobre. Algunas veces se le agregan pequeñas cantidades de zinc para mejorar sus propiedades de vaciado, cuando agregamos plomo es para facilitar su posterior maquinado. Un bronce de estaño típico contiene aproximadamente 87-90% de cobre, 6-10% de estaño y 2-4% de zinc si llega a tener plomo será únicamente en un 1%.

En general los bronce de estaño tienen buenas características para ser fundidos y vaciados, poseen buena resistencia mecánica y ductilidad. El estaño suele ser un relativamente costoso y por eso los bronce de estaño suelen tener un precio mas alto que el latón amarillo, que no contiene estaño.

LATON ROJO.

Es difícil categorizar el latón rojo porque se considera tanto latón como bronce. Su composición es muy variable pero un latón rojo

típico puede contener 85% de cobre, 5% de estaño, 5% de zinc y 5% de plomo.

Los bronce rojos son los mas utilizados entre las aleaciones de cobre, se utiliza mas frecuentemente en tuberías, válvulas, coples y bombas hidráulicas. Ofrecen excelente combinación de resistencia mecánica y resistencia a la corrosión además de buenas características para el fundido y vaciado.

BRONCE

AL MANGANESO.

El bronce al manganeso es una aleación idonea para fundir aquellas partes que requieren alta resistencia mecánica y a la corrosión, por ejemplo propelas para embarcaciones y bujes destinados a trabajar en el agua de mar.

La composición del bronce al manganeso a utilizar dependerá de la resistencia mecánica requerida, pero podemos decir que una composición típica de este tipo de bronce contiene un 60% de cobre y 25% a 36% de zinc, esto con pequeñas cantidades de hierro, aluminio y por supuesto manganeso.

El bronce al manganeso es un material que posee cierto grado de dificultad para vaciarse, es por eso que solo se recomienda cuando se ha adquirido cierto grado de pericia.

BRONCE- ALUMINIO.

El bronce aluminio se caracteriza por su enorme resistencia mecánica la cual es mayor que la de un acero medio. Puede también ser tratado térmicamente para aumentar su resistencia, es muy difícil de vaciar porque posee un rango térmico de solidificación muy estrecho y una muy alta contracción antes de solidificar, es por esto que este material definitivamente no es para principiantes.

BRONCE AL SILICIO.

Las aleaciones de bronce al silicio son cada día mas populares, tienen ciertas características que las hacen ideales para el vaciado. Su resistencia mecánica es tal, que se aproxima a la del acero al bajo carbono, tiene además buena resistencia a la corrosión, este tipo de aleaciones contiene aproximadamente un 95% de cobre, 4-5% de silicio y menores cantidades de manganeso y zinc.

De todas aleaciones de cobre, el bronce al silicio tiene la mejor combinación de propiedades para el principiante, este material es comparativamente barato y puede fundirse una y otra vez sin que cambie su composición, la calidad obtenida en la superficie de las piezas fabricadas no es inferior a la que se obtiene con otras aleaciones.

ALEACIONES DE ZINC.

Las aleaciones de zinc que se utilizan en el proceso de fundición con molde permanente pueden ser utilizadas en moldes de arena con resultados relativamente buenos, el material mas común de este tipo son las aleaciones de ZAMAC, las cuales contienen aproximadamente 95% de zinc, 4-5% de aluminio y cantidades menores de cobre, magnesio o antimonio.

Estas aleaciones de zinc tienen resistencia mecánica y propiedades de vaciado relativamente buenas, aunque carecen de ductilidad y resistencia a la corrosión. La principal ventaja sobre otras aleaciones es la baja temperatura de fusión que tienen, esto reduce significativamente el equipamiento que se requiere cualquier tipo de metal.

ALUMINIO.

Una amplia variedad de aleaciones de aluminio se utilizan para fundición en molde de arena y permanente.

Entre las aleaciones mas versátiles encontramos el aluminio al silicio que combina una buena resistencia mecánica y a la corrosión con facilidad para

el vaciado. Este tipo de material se utiliza frecuentemente en la fabricación de envoltentes de transmisión, monoblocks, y bombas de agua de automotores. Contiene aproximadamente 93% de aluminio y 7% de silicio, algunas veces pequeñas porciones de cobre, magnesio y zinc.

Las aleaciones de aluminio se trabajan facilmente y es bueno que los principiantes ensayen con este material para familiarizarse con el proceso antes de hacer el intento con latones y bronce.

Las técnicas son basicamente las mismas en todos los casos pero las aleaciones de aluminio son mas fáciles de manejar.

La chatarra de aluminio puede funcionar bastante bien si se es suficientemente cuidadoso al seleccionar unicamente piezas de fundición como cajas de transmisión, cabezas de motor y partes de maquinaria. Es mejor evitar los pistones y bielas porque contienen elementos de aleación que hacen menos conveniente este material para fundición en arena.

Los expedientes de chatarra mezclan partes hechas de aluminio con magnesio, debe tenerse CUIDADO de fundir juntos estos metales, ya que fundir magnesio puede ocasionar un INCENDIO, Una vez que se ha iniciado la ignición del magnesio no es posible extinguirlo, lo único que quedaria por hacer es cubrirlo con arena y dejar que se consuma, NUNCA vierta agua o intente apagarlo con extinguidor, unicamente utilice arena seca.

Las aleaciones de magnesio pueden ser identificadas a simple vista, su color es mas gris y su densidad es menor que la del aluminio, pero estos no son indicadores infalibles. Si hay alguna duda sobre la composición del material, obtenga algunas limaduras de la pieza en cuestión envuélvalas en un trozo de papel a manera de pequeño cigarro y quemelo, si este se quema de manera espontanea como una mecha pirotécnica es magnesio, si la flama no presenta ninguna reacción fuera de lo normal es aluminio.

PLATA Y ORO.

La plata y el oro tienen usos industriales pero por lo regular el proceso de fundición en este caso solo se limita a la industria joyera, otros usos de estos metales en la industria son en forma de compuestos químicos o por galvanoplastia.

El costo de estos metales los hacen impracticables para la enseñanza, mas sin embargo es perfectamente posible familiarizarse con el proceso de fundición del oro y la plata en joyería (por lo regular piezas a la cera perdida o pequeños lingotes) utilizando otros metales.

HIERROS Y ACEROS.

La producción de piezas de hierro o acero fundido es un tema demasiado amplio para tratarse en un manual de esta naturaleza, principalmente por las características físicas y químicas que se presentan en estos materiales conforme aumenta y disminuye el carbón (que se presenta además de varias formas) y otros elementos de aleación.

Para comprender los factores que intervienen en el proceso del hierro ver apartado correspondiente al cubilote, y al efecto de las diversas aleaciones en el acero.

A pesar de todo, el hierro fundido compensa sus deficiencias con su bajo costo.

LINGOTES vs CHATARRA.

Es muy fácil encontrar piezas de latón y bronce en los expendios de chatarra, y usualmente a la mitad de precio que las aleaciones comerciales, uno puede sentirse tentado de este modo a comprar chatarra para cubrir sus necesidades de materia prima. Pero las aleaciones a base de cobre son muy difíciles de identificar solo por la apariencia, por eso todas estas terminan en la misma pila de chatarra. Uno puede terminar adquiriendo una mezcla de latón, bronce de aluminio y bronce al manganeso, fabricando finalmente un producto de muy mala calidad.

Para obtener productos con calidad, las aleaciones deben adquirirse a algún distribuidor en forma de lingotes. Los resultados que se obtengan tendrán a final de cuentas el mismo costo ya que serán de calidad uniforme y se reducirán los rechazos.

Normalmente el bronce y latón se presenta en lingotes de 12 o mas kilogramos, tamaño demasiado grande cuando se trabaja a pequeña escala, en estos casos conviene cortarlos en pastillas de 2Kg. aproximadamente.

Cuando se compran aleaciones preparadas es conveniente solicitar al vendedor el folleto descriptivo del producto, ya que en podemos encontrar información sobre la composición del material, características específicas del proceso, aplicaciones y tipo de fundentes, desgasificantes y desoxidantes que pueden utilizarse.

Toda esta información debe recopilarse y guardarse para consultarla cuando sea necesario, debemos tener en cuenta que en base a ella podremos obtener buenos resultados en la experimentación de nuevas técnicas en nuestro trabajo. No debemos dejar que los detalles del procedimiento recaigan solo en tanteos.

FUNDENTES, DESOXIDANTES Y DESGASIFICANTES.

Para fundir latón es indispensable utilizar fundentes, estos forman una capa sobre la superficie del latón fundido evitando que el oxígeno presente en el aire, penetre en el metal y queme el zinc de la aleación causando una excesiva formación de escoria.

Los fundentes están hechos a base de borax, pero no intente utilizar borax convencional ya que contiene humedad que puede generar problemas de seguridad, lo mejor es comprarlo con distribuidores especializados.

El bronce al silicio puede ser fundido sin utilizar fundente, de hecho se recomienda no utilizarlo,

una pequeña parte del silicio de la aleación se oxida cuando el material se funde, este óxido de silicio forma una capa en la superficie del metal previniendo una oxidación mas profunda.

Otras aleaciones de cobre como el bronce estaño o bronce comercial pueden no requerir fundentes.

El fabricante de una aleación puede proveer los lineamientos a seguir en el uso de fundentes para ese producto específico. Si se utiliza fundente vierta una cucharada (sopera si el crisol es chico) en el metal del crisol antes de que funda.

Algunas aleaciones de cobre como los bronce de estaño y el latón rojo pueden ser trabajados mas facilmente si se les agrega un desoxidante cuando ya han sido fundidos.

El desoxidante mas comunmente utilizado en las fundiciones es el fósforo de cobre, se debe agregar una pequeña cantidad de fósforo de cobre (1 gr. por cada Kg.) al metal fundido justo antes de vaciarlo, la presentación comercial de este producto es granulada. Este desoxidante remueve el oxígeno del metal fundido, incrementando su fluidez y eliminando los gases disueltos, todo esto reduce la porosidad en las piezas finales.

Deben utilizarse desoxidantes con aleaciones de cobre que contienen plomo o estaño, pero no es necesario usarlos cuando se trabaja con latón, bronce al silicio, bronce al aluminio o al manganeso.

No es necesario utilizar fundentes para fundir aluminio, pero se recomienda mucho utilizar desgasificantes. La manera mas práctica de desgasificar aluminio fundido es utilizar pastillas desgasificantes (hechas a base de hexacloretano), otro metodo es hacer circular una corriente gaseosa a base de nitrógeno, helio, argón o cloro en el metal fundido.

En general los desgasificantes funcionan arastrando el hidrógeno que se encuentra en el aluminio fundido, el cual tiene la particularidad de absorberlo con gran facilidad. Este hidrógeno es producto generalmente del vapor de agua proveniente de la humedad presente en los combustibles utilizados.

Si utilizamos pastillas desgasificadoras, debemos poner en el aluminio ya fundido una porción equivalente a un cubo de azucar, debemos mantener esta pastilla por debajo de la superficie del metal líquido por algunos segundos, podemos ayudarnos con una pieza de solera de acero con un doblez en uno de sus extremos.

Es **IMPORTANTE** usar careta y guantes en la operación porque la reacción que se presente puede ser algo violenta, el aluminio debe desgasificarse en un sitio abierto o con muy buena ventilación ya que el gas que se despiden es cloro y debe evitarse su inhalación.

En unos cuantos segundos el aluminio se verá liberado de gases indeseables y algunas de las impurezas metálicas se oxidarán y podrán ser eliminadas como escoria.

Una vez aplicado el desgasificante se limpia la superficie del metal con una cuchara de acero.

El aluminio que ha sido desgasificado produce piezas mas resistentes, piezas que no tienen burbujas o incrustaciones. Nunca utilice desgasificantes de aluminio para otros metales o aleaciones.

CAPITULO XIV

FABRICANDO NUESTROS PROPIOS HORNOS

Los equipos industriales de fundición tienen un tamaño y capacidad adecuados a la industria, cuando intentamos ubicarlos dentro de un centro escolar, nos encontramos con una serie de dificultades que hacen mas difícil su operación, algunas de estas son: Falta de espacio, ventilación inadecuada, instalaciones de gas y electricidad insuficientes, complejidad de operación que intimida a los usuarios, adquisición y operación costosa.

Si el centro escolar en cuestión se dedica a la enseñanza de procesos de fundición no existe realmente problema, mas si la escuela requiere del proceso para apoyar una actividad general, como es el caso de las escuelas de diseño, ingeniería, talleres de escultura o joyería, el conjunto de problemas se hace patente.

La fabricación de hornos de fundición de tamaño relativamente pequeño es posible. El tamaño de estos equipos puede ajustarse a las necesidades de cada taller (escolar o casero) y sobre todo a los presupuestos, el costo del autoequipamiento en este caso es realmente simbólico.

HORNO ELECTRICO DE CRISOL.

El horno eléctrico de crisol que a continuación describo es ideal para fundir aluminio, aleaciones de zinc y otros metales con bajo punto de fusión. Este equipo puede ser utilizado en talleres escolares, en operaciones de mantenimiento in-

dustrial o en cualquier lugar donde sea necesario fundir metales ocasionalmente o también donde se ocupen temperaturas moderadamente altas para cualquier propósito.

El calor se genera a partir de un elemento de resistencia eléctrica, similar a aquellas utilizadas en las parrillas electricas para cocinar (de las de resistencia de resorte, de níquel-cromo). El calor generado al pasar la corriente eléctrica se irradia a la cámara del horno logrando la temperatura deseada.

El resultado es un horno fácil de construir, de precio bajo y útil para muchas operaciones de taller como fundir metal y mantenerlo así largo tiempo, hacer tratamientos térmicos, fundir retirar y calcinar cera de un molde, hornear cerámica, etc.. Si aunamos a esto el hecho de que se trata de un horno modular y que podemos "jugar" con las piezas a fin de dimensionarlo a nuestras necesidades los usos se multiplican aun mas, ver fig. (133).

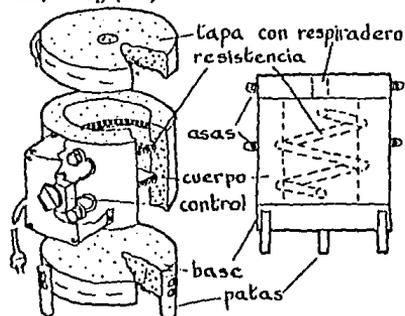


Fig 133/ horno eléctrico (unidad básica)

Gracias a que este es un horno eléctrico no genera gases de combustión siendo esta su principal ventaja sobre las unidades de diesel o gas, que cuando no se tiene adecuada ventilación en el área de trabajo se convierten en un verdadero problema.

El equipo que aquí mostramos emitirá gases o vapores solo si la substancia calentada es capaz de liberarlos al ser calentada.

En general el horno es capaz de funcionar en cualquier toma eléctrica doméstica (excepto si el modelo fabricado rebasa los 1800 watts de consumo ya que utilizaría 220 volts).

El horno cuenta además con un sistema de control de temperatura, lo que hace posible trabajar con materiales de diferentes características.

Su construcción es sencilla y los materiales utilizados pueden conseguirse fácilmente, personas con habilidad ordinaria pueden fabricarlo sin temor a sentirse frustradas por los resultados.

El concepto.

Conociendo la resistencia y el elemento para el control de temperatura lo único que tenemos que hacer es fabricar una carcaza y una montura refractaria para hacerlos trabajar como fundición.

La carcaza es de acero galvanizado cal. 26 (en este caso no presenta problema el que sea galvanizado, ya que el calor generado tiene una condición estática y no es forzado a salir por las aberturas entrando en contacto directo con el zinc), en el interior de esta carcaza se conforma una capa de concreto refractario aislante con la ayuda de una "cimbra", esta capa se ancla firmemente a la carcaza gracias a los tornillos de las asas, y también a los alambres en la tapa y base. La resistencia se coloca en un canal formado en el refractario por la parte interna, el elemento de control se coloca en la parte externa.

La unidad básica cuenta con una base, cuerpo central y tapa, el elemento calefactor (resistencia) y el control se encuentran en el cuerpo central.

Las carcazas para todas estas partes son simples tiras de metal aseguradas con tornillos a modo de cinturones, en estos se vacía el concreto refractario aislante, en el caso del cuerpo central la

cavidad se hace con la ayuda de otro cuerpo de lámina, en el se coloca enrollada una manguera de hule de 3/8" de las que utiliza el sistema de vacío de los distribuidores de los automóviles, esta tiene como función dejar impresa en el refractario una huella en la cual colocará la resistencia, este cuerpo metálico o cimbra se retira una vez que ha fraguado el refractario.

En la parte exterior se coloca una caja metálica, la cual sirve de soporte a el control de temperatura. Todo el cableado debe ser calibre 14, el cable que conecta el control con la resistencia debe tener aislante de asbesto, mientras que el que conecta el control a la línea debe ser anti-flama. Si se maneja una resistencia mayor a los 1800 watts y hasta los 3600 watts el cable a usar será calibre 12.

En lo posible es necesario revisar que la resistencia tenga los ohms requeridos, esto se puede hacer con la ayuda de un multímetro, si son mas ohms los watts de consumo serán menos y se perderá eficiencia, en este caso para ajustar la resistencia a nuestras necesidades solo hay que cortar el pedazo sobrante, si los ohms son menores a lo estipulado los watts serán mas y es necesario conseguir mejor otra resistencia.

Los tornillos utilizados en la sujeción y conexión de la resistencia son de acero inoxidable. No pueden ser ni galvanizados (por los vapores que despiden) ni de acero al natural (se corroerian y aislarían el paso de la electricidad).

El sistema de control de temperatura utilizado (Robertshaw inf 120-8, 120V 15A) no es realmente un termostato, aunque en cierto modo lo parece, funciona variando el tiempo que dura encendida la resistencia eléctrica del horno. En el rango bajo de temperatura la resistencia se conecta 5 segundos y se desconecta 40, conforme giramos la perilla los ciclos de conexión se aumentan y los de desconexión se acortan, así tenemos un rango de calor de un 5 al 100% (en el punto alto).

El control funciona de manera similar a los dispositivos utilizados para encender y apagar las luces direccionales de los automóviles, la diferencia es que podemos variar el tiempo de los ciclos.

En su interior hay una pequeña resistencia que rodea un brazo bimetálico, al calentarse la resistencia el brazo mueve el interruptor del control, la perilla controla la tensión del brazo, factor que ayuda a regular la duración de los ciclos, al llegar el brazo a un punto desconecta la resistencia permitiendo su propio enfriamiento y por ende llegar al punto inicial.

La capacidad eléctrica del control viene indicada en el cuerpo del mismo, (por lo general 120V 15A) esto quiere decir que no se pueden exceder los 1800 watts de potencia con una unidad de 120V o 3600 watts con una de 240 V.

El material refractario utilizado es conocido como "concreto refractario aislante" la densidad relativa de este material debe ser de 1.2 (ver apartado referente a refractarios). Cuando se enciende por primera vez el horno se hace aumentando gradualmente la temperatura, en la primera hora se posiciona el control en el número 1, en la segunda en el número 2 así hasta llegar al 6.

Versatilidad.

La simplicidad del horno es su mayor ventaja ya que es posible cambiar la forma y tamaño de la(s) unidad(es) para darle un uso distinto, sus partes se pueden cambiar de posición o combinarse de acuerdo a nuestras necesidades.



Fig 134 Horno con cuerpo extra

la fig. (134) muestra un arreglo con una cámara o cuerpo central extra, este puede tener o no resistencia, pudiendo a la vez ser mas alta o baja.

Si nuestro campo de interés es la fundición a la cera perdida, se puede colocar como base, una parrilla metálica sobre ladrillos de manera que la cera del molde pueda ser extraída y recuperada, un recipiente puede recibir el material expulsado, ver fig (135). La calcinación final del molde se hace con la base normal del horno.

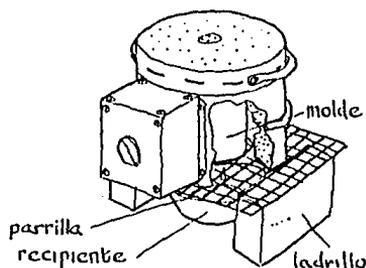


Fig 135 Retirando cera de un molde

La unidad puede también usarse como fuente continua de metales fundidos como aleaciones de zinc, babbitt, estaño o plomo, solamente se solda a un tubo de acero una tapa por uno de sus extremos y un borde exterior como soporte por el otro lado a fin de que se apoye en el cuerpo del horno, ver fig. (136). esta "olla" no debe tocar las resistencias ya que puede provocar un corto circuito.

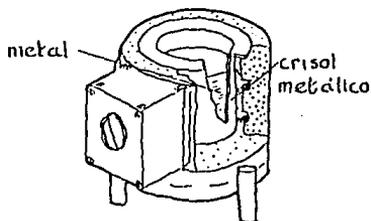


Fig 136 Fuente continua de metal

Seguridad.

Cuando se colocan o retiran los crisoles del horno debe apagarse la unidad ya que el crisol (si es metálico) o las tenazas (que son de acero) pueden ocasionar un corto circuito.

Si bien el horno cuenta con asas para poder manipularse, esto no significa que pueda hacerse con las manos descubiertas, es necesario usar guantes y almoadillas para evitar quemaduras.

El manejo de electricidad implica cierto riesgo, las conexiones deben ser de calidad.

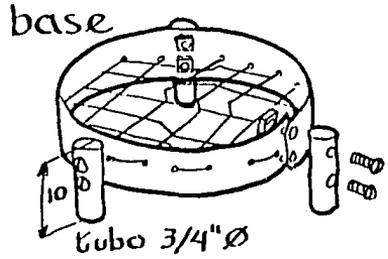
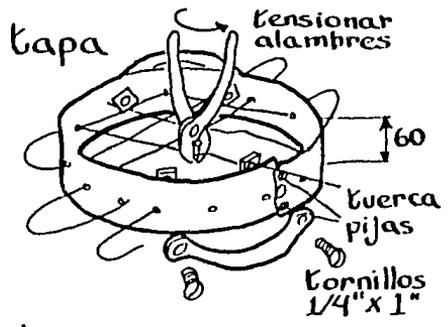
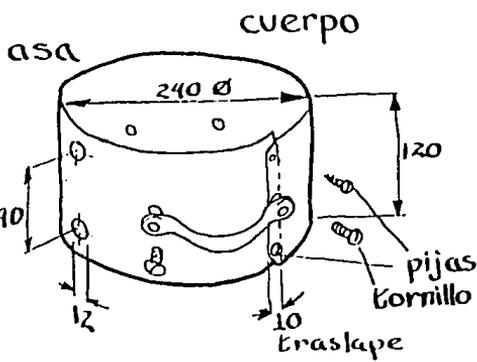
TAMAÑOS

Posiblemente el tamaño del equipo ilustrado (1800 watts) resulte demasiado pequeño o grande para los propósitos de nuestro taller, a continuación damos una tabla (20) con las especificaciones para variar un poco la capacidad del horno, posteriormente la secuencia para poder fabricar nuestro propio horno, ver fig (137 y 138).

tabla 20
ESPECIFICACIONES PARA UN HORNO ELECTRICO
DE RESISTENCIA

Número crisol	Altura crisol	Diámetro crisol	Altura cuerpo central	Diámetro interno cuerpo c.	Watts	Resistencia	Amps	Volts
	cm.	cm.	cm.	cm.		ohms		
1	9.5	8	10.7	11.5	1200	12	10	120
2	11.5	9.5	12	13.2	1800	8	15	120
4	14.5	11.5	15.2	15.8	3600	16	15	240
6	16.5	13.5	17	17	3600	16	15	240
8	18	15	19	19	3600	16	15	240

En los hornos para crisol número 1 y 2 se debe mantener el refractario a un espesor de 6 cm., para el 4 y el 6 debe ser de 7 cm. y para el correspondiente al número 8 debe ser de 8 cm.



El cuerpo, la tapa y la base tienen el mismo diámetro. Todas estas piezas están hechas de lámina galvanizada C #26, las asas utilizadas son de acero.

La tapa y la base son similares solo que una tiene patas y otra asas, la trama de alambre (cal 22) funciona como refuerzo y permite mantener la forma circular.

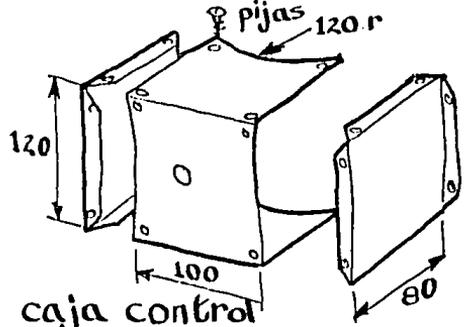
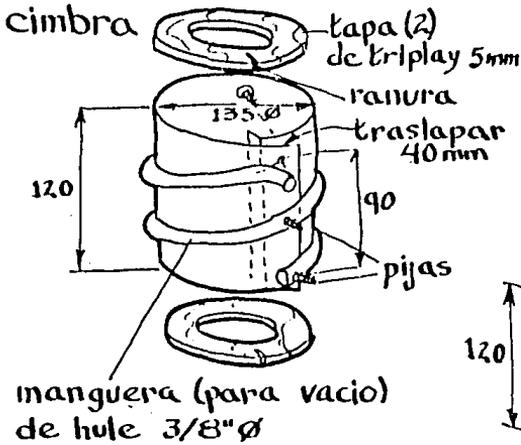
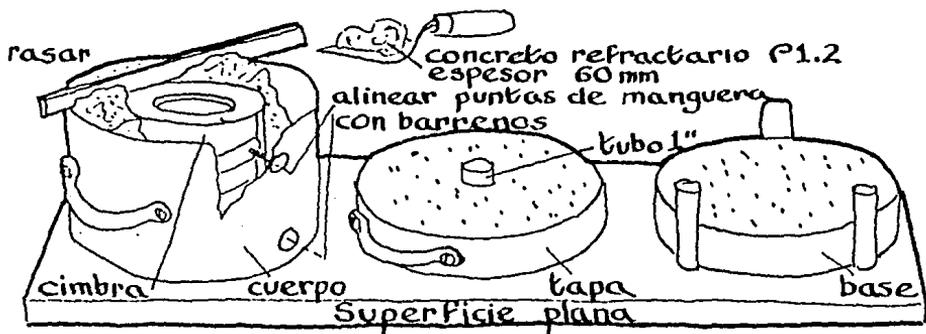


Fig 137 Formas metálicas necesarias para horno eléctrico de crisol (1800 watts)
 cotas mm



Vaciado de concreto refractario

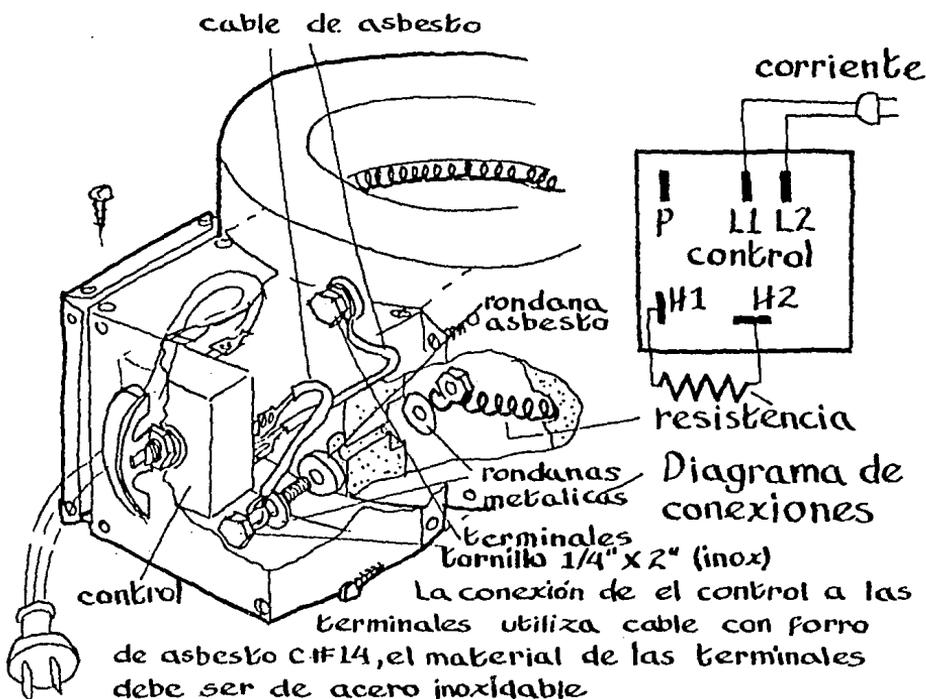


Fig138 Vaciado del refractario y conexiones del horno eléctrico de resistencia

HORNO DE CRISOL DE GAS

Una parte esencial en el equipo necesario para fundir en un horno, este debe ser capaz de fundir el metal con el que deseamos trabajar.

El horno de resistencia eléctrica puede fundir aleaciones de zinc, aluminio y metales con punto de fusión que se les asemejen, pero cuando deseamos fundir aluminio de manera mas rápida, latón y bronce, incluso ocasionalmente hierro gris, es necesario contar con otro tipo de horno, en este caso un horno de combustible (gas butano).

Adquirir un horno de diesel o gas como los que se utilizan industrialmente puede parecer fácil pero su costo y su tamaño los hacen imprácticos para un centro de enseñanza o para un taller que desee producir ocasionalmente piezas relativamente pequeñas.

Afortunadamente es posible fabricar nuestro propio horno de gas que funcionando tan bien como uno comercial resultará mucho mas económico, con la ventaja de que su tamaño será de acuerdo a nuestras necesidades, ver fig (139, 140 y 140b).

El primer paso es hacer o conseguir el cuerpo central del horno, este debe ser de lámina negra (NO galvanizada ya que el calor en este tipo de horno es muy dinámico y quemaría la capa referida), pueden utilizarse botes o barriles metálicos o fabricarse estas carcazas a partir de lámina nueva (calibre 18-20).

Como la cantidad de aires que puede suministrar el soplador centrífugo es regulable podemos tener algunas variantes en el tamaño del horno.

Pensando en el tamaño mas pequeño nos referimos a un bote metálico de 20 litros (del tipo de las cubetas que se usaban para las pinturas) cuyo tamaño es de 30 cm de diámetro por 37 cm de altura (El tamaño máximo de 40 cm de diámetro por 50 cm de altura, siendo posible recortar un barril a la altura indicada su sus

dimensiones no coinciden), una vez obtenida la carcaza se le hacen dos barrernos de 2.5 cm de diámetro (1°) en las paredes del bote, uno de ellos a 10 cm de distancia de la base y el otro a 5cm de distancia de la parte superior, estos deben proyectarse tangencialmente a la cavidad del horno, ver fig. (139).

Si queremos hacer una versión mas grande del horno, el diámetro de estos agujeros debe ser de 5 cm (2°) y la altura a la que estén ubicados debe ser proporcional.

Se pueden soldar 3 patas al bote, aunque no hay problema si se fabrica una base de ladrillos.

Al igual que el horno eléctrico es necesario colocar tornillos en las paredes del horno a manera de anclas, para que incrustados en el revestimiento refractario eviten su caída con el continuo enfriamiento y calentamiento.

Como paso siguiente se mezcla concreto refractario (de densidad relativa 2, ver apartado referente a refractarios) en cantidad suficiente para formar una capa de 7 cm en la parte inferior del bote, una vez que ha fraguado se fabrica una forma cilíndrica de metal o cimbra para conformar la cavidad del horno, esto se hace del mismo modo que en horno eléctrico propuesto (pero sin canal para resistencias), esta cimbra debe tener un diámetro de 16.5 y una altura de 35 cm.

Se coloca este cilindro en el interior del bote sobre la capa de refractario que ya ha fraguado, cuidando de este centrado. También es necesario colocar tubos de 2.5 cm de diámetro (1°) en los agujeros de las paredes a fin de que estas aberturas queden conformadas en el material refractario, a través de estas se alimentará el horno con la mezcla combustible y se le darán salida a los gases generados. Para facilitar la posterior extracción de los tubos es conveniente que la parte que quede en el interior de la carcaza se cubra con una capa de papel grueso (cartulina).

Cuando todo está listo, se llena el espacio entre la carcaza y la cimbra con mas concreto refractario preparado, cuidando de que no queden espacios sin llenar o burbujas.

Este es el momento de acomodar correctamente los tubos para que su proyección sea correcta, el concreto aun estando fresco los mantendrá en posición.

Una vez que el refractario ha llenado este espacio se alisa la parte superior de modo que la tapa asiente correctamente, esta tapa se fabricara de manera similar a la descrita en la fabricaci3n del horno de resistencia electrica, aunque su tama1o debe corresponder al diámetro de este horno en particular.

es necesario mantener un espesor constante en lo que al refractario se refiere 7-7.5 cm) tanto en la base como en las paredes y tapa, este espesor es v3lido tambi3n para el horno con tama1o m3ximo sugerido.

Una vez que el concreto ha fraguado se retiran los tubos y cimbra que sirvieron para dejar formadas las cavidades, es conveniente hidratar la mezcla por 24 horas (ver apartado de refractarios) y posteriormente dejarla secar los d1as que sea necesario.

El crisol a utilizar en este horno debe tener una altura aproximada de 17 cm, un diámetro en la parte superior de 13 cm y en la parte inferior de 8 cm, (Crisol #6, con capacidad aproximada de 6 Kg de bronce o 6 lb de aluminio). Un crisol de mayor tama1o debe ser manejado por dos hombres para que las condiciones puedan ser seguras. Un crisol para 8 o 10 Kg de bronce puede ser utilizado si se incrementa el tama1o de la c3mara de combusti3n al m3ximo ya referido.

No es posible hacer funcionar un horno de este tama1o si no es con un sistema que force la entrada de aire y combustible en 3l. La temperatura asi generada es mas alta debido a que se quema una mayor cantidad de gas en un espacio confinado y en menos tiempo.

En el tubo que conecta el suministro de aire con la c3mara de combusti3n esta insertado y soldado un tubo de cobre mas peque1o, atraves de el se proporciona el gas para la constituci3n de la mezcla combustible, al pasar el aire rapidamente por el tubo mayor crea un vacio en el tubo menor arrastrando gas para posteriormente quemarlo.

Entre el quemador y el tanque de gas es posible colocar una v3lvula solenoide para evitar que escape el gas durante una falla electrica, (Ver apartado referente a horno de crisol cap. XII).

Para asegurar un tiempo de funcionamiento 3ptimo es conveniente usar un tanque de gas de 30 Kg como m3nimo.

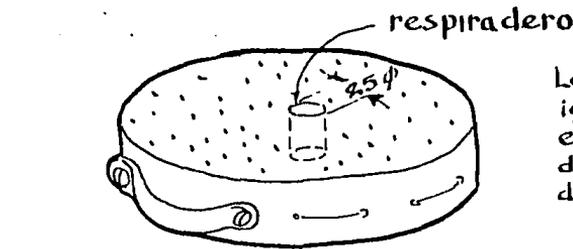
El soplador centrífugo propuesto es impulsado por un motor fraccional (1/4 HP) que puede conectarse al suministro eléctrico de una casa (127 V).

El envolvente est3 construido de l3mina galvanizada (Cal 26) para evitar su corrosi3n. Es necesario que el trabajo correspondiente a la secci3n de las aspas y su soporte (ambos de l3mina cal 18) sea hecho con precisi3n, ya que de no ser asi la pieza puede quedar desbalanceada.

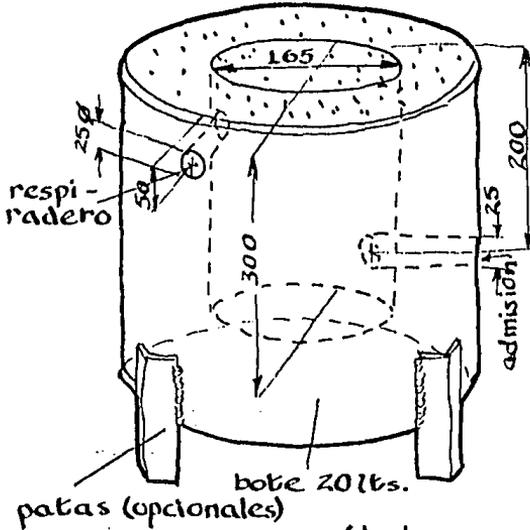
El soplador tiene adem3s una compuerta que permite regular la entrada de aire y obtener por lo tanto una flama oxidante o reductiva.

La manera de operar este horno es igual que con los hornos de crisol industriales, por lo tanto deben seguirse los mismos pasos.

Para encender el horno se conecta el soplador centrífugo de aire, se coloca un papel encendido en el interior del horno, se abre lentamente la llave de gas hasta que encienda la mezcla aire- combustible y se regula la flama al punto deseado con la ayuda de la compuerta del soplador y con la llave de gas.



La tapa se fabrica de igual modo que la de el horno eléctrico, el diámetro sera igual al del cuerpo del horno



El cuerpo del horno se hace con un bote metálico de 20 lbs.

La cavidad se hace con una cimbra (ver cimbra de horno eléctrico) a la medida.

El concreto refractario tendrá una densidad de 2 (2) y un espesor en las paredes y tapa de 65mm. el del fondo variará según la altura. Los orificios en el refractario se logran poniendo tubos antes de la colada

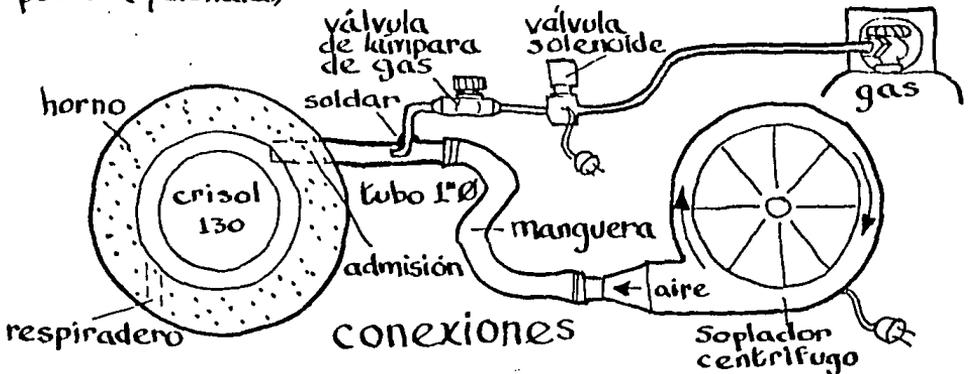
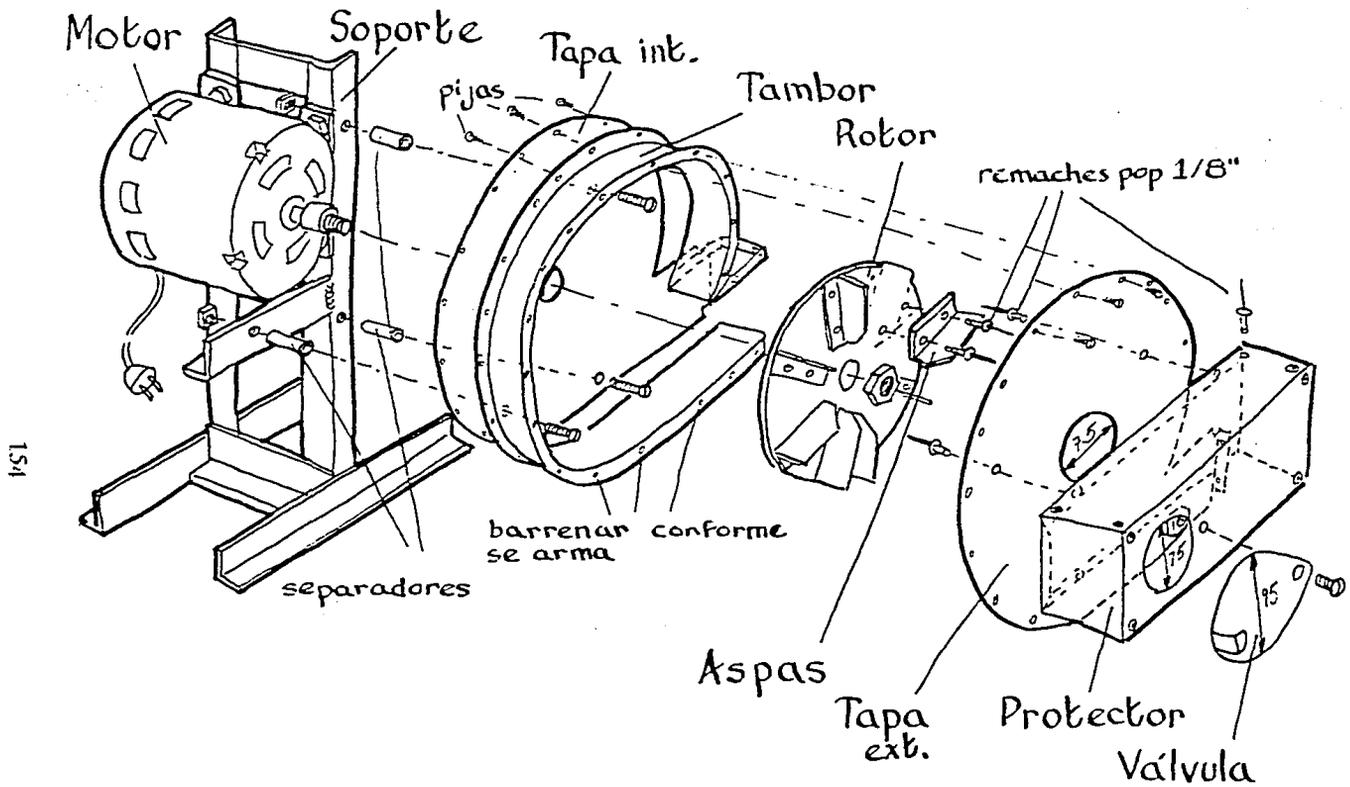
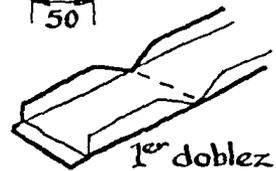
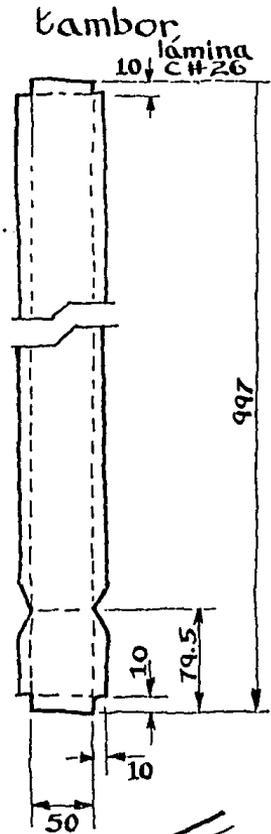
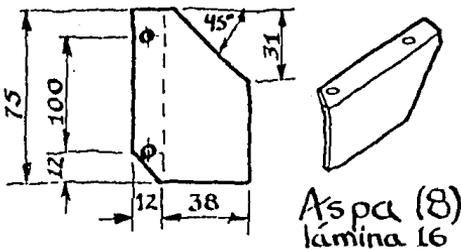
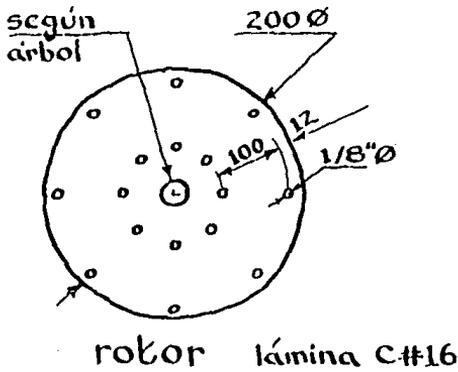
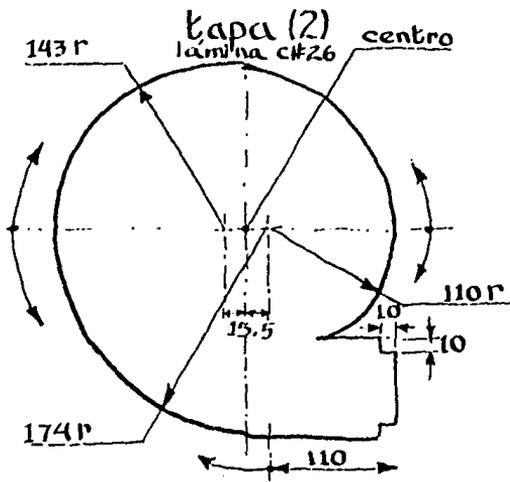


Fig 139 Horno de crisol de gas (casero)



154

Fig 140 Soplador centrifugo para horno de gas



colas mm

Fig140b Piezas básicas del soplador

HORNO PEQUEÑO DE GAS.

Es posible hacer un horno pequeño de gas para fundir pequeñas cantidades de metal como aluminio antimonio y dependiendo del quemador utilizando posiblemente bronce. Este horno utiliza como carcasa una lata de 4 Lt, la cavidad interna

tiene un diámetro de 8-9 cm, el refractario de la tapa y de la base tienen una altura de 3 cm. Este horno es una reproducción del horno anterior solo que en menor escala, la diferencia principal es que no utiliza un soplador centrífugo de aire, un soplete de gas es suficiente en este caso, la abertura creada para la entrada de gas debe corresponder al diámetro de la boquilla del soplete, la única abertura de salida es la de la tapa, el material refractario utilizado debe tener una densidad relativa de 1,2, similar a la del refractario utilizado en el horno de resistencia eléctrica.

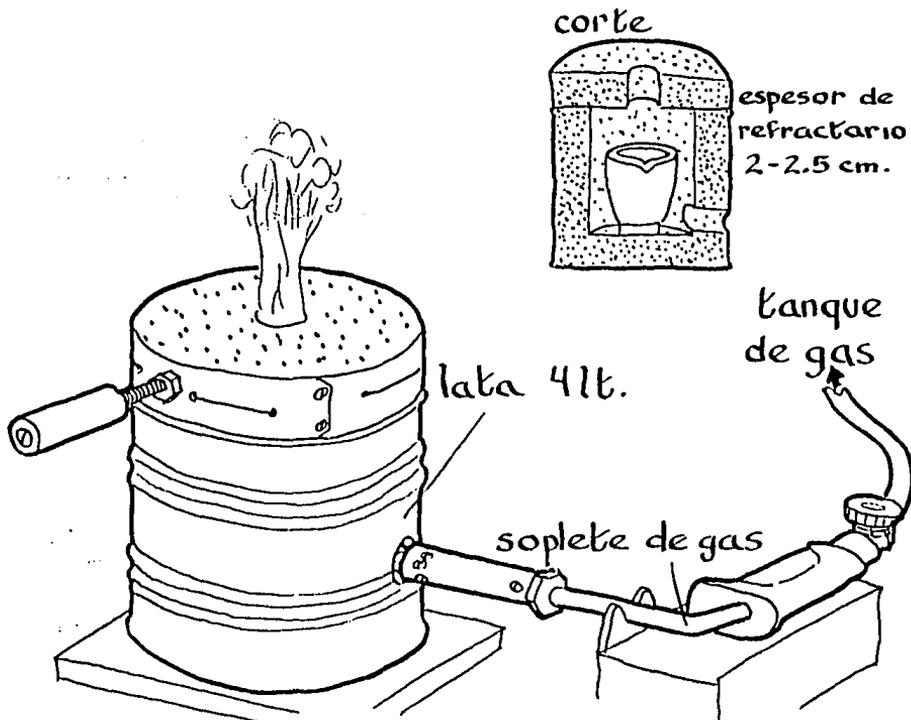


Fig141 Horno pequeño de gas

CONCLUSION

No es objetivo mío al presentar esta tesis establecer contradicciones con este mundo posmoderno tan lleno de tecnologías de punta, paquetes tecnológicos, ventas de "Know-how" e investigación de nuevos procesos y materiales.

A simple vista pudiera parecer que lo aquí ilustrado es un irremediable y obscurantista avanzar hacia atrás, pero mas que eso considero este texto como un rescate de viejas técnicas, aplicación de nuevas técnicas y establecimiento de principios teóricos, Todo lo cual nos permite dar un paso atras pero para poder tomar impulso hacia delante.

Despues de todo muchas de las modernas técnicas de fundición son tan solo una mecanización o sofisticación de otras mas antiguas.

En la actualidad adquirir conocimientos desde sus principios básicos es algo que se convierte en una posibilidad mas lejana cada vez, cosa que nos proporciona una visión muy parcial de las cosas.

Hace muchos años la labor del maestro (hablo del maestro en una fabrica o taller) era no solo producir algún bien sino enseñar al aprendiz todos los principios y detalles que envuelven el desempeñar un oficio, era lo que se conocia como maestranza. Esta figura educativa virtualmente ha desaparecido (no sabemos si para bien o para mal) y ha sido substituida por escuelas de enseñanza técnica y profesional.

Dentro de estos campos profesionales los nuevos maestros son formados dentro de las maestrias, el nivel de detalle alcanzado en el conocimiento deberá ser aún mas profundo y científico que el obtenido en la maestranza. Ya no solo buscará la manera (un tanto mecánica) de hacer las cosas sino que sabrá explicar el porque de estas pudiendo incluso mediante la investigación mejorarlas.

El objetivo del presente manual no solo es proporcionar los principios teóricos del proceso, sino también los elementos para configurar la parte práctica, es decir, el taller, parte inseparable del proceso de aprendizaje.

Como es de suponer no se puede aprender o aplicar una técnica escolarmente con las técnicas o grandes equipos de las enormes industrias, es necesano contar con equipamiento que pueda operar en espacios pequeños pero sobre todo que puedan ser operados sin dificultad por personas en vias de capacitación. En el presente texto no solo explico sus principios de funcionamiento sino también si esto es necesario la manera de construirlos, por ejemplo si no hubiese recursos para adquirirlos.

En general creo que este trabajo puede ser un aporte a aquellas escuelas (pensando principalmente en las de Diseño Industrial) en las que el trabajo práctico sea parte de la educación impartida.

GLOSARIO

ACERO. Aleación de hierro y carbono.

AGLUTINANTES. Hablando del moldeo en arena es el material que sirve para mantener juntos los granos de arena en los moldes o corazones. Puede ser Bentonita, harina, resina, aceite, colofonia etc.

ALEACION. Mezcla de dos o mas metales.

ALTO HORNO. Estructura grande de acero en la cual hay combustión forzada con una corriente de aire a presión; se emplea para refinar el mineral de hierro.

ARENA VERDE. Arena de moldeo preparada con un grado tal de humedad que permite la adhesión de sus componentes.

ARRABIO. Hierro bruto que se produce en el alto horno y luego se cuela en moldes.

ATAQUE. En un molde de arena verde, sección de contacto entre la cavidad de la pieza con la cavidad de el sistema de alimentación.

BENTONITA. Arcilla coloidal derivada de cenizas volcánicas que se emplea como aglutinante en las arenas de moldeo.

BEBEDERO. Canal que lleva el metal fundido del bañín a los canales de alimentación.

BRONCE. Cualquiera de las diversas aleaciones de cobre en que los otros constituyentes pueden ser: Estaño, aluminio, silicio, etc.

CAJADE CORAZONES. Estructura de metal o madera cuya cavidad tiene la misma forma que el corazón.

CAJADE MOLDEO. En la fundición de arena, caja llena de arena en donde se hace la cavidad para el molde.

CAJA FALSA. Caja o configuración temporal destinada a crear una línea de partición con un modelo que no es bipartido.

CARBURO. Compuesto del carbono con un cuerpo simple como puede ser el hierro

COMBUSTION. Cambio químico como resultado de la combinación de un combustible con oxígeno para producir calor.

COLAPSABILIDAD. La tendencia de una arena preparada a romperse durante el proceso de vaciado, propiedad necesaria para evitar fisuras en las piezas.

CONTRACCION. Líquida: contracción que sufre el metal líquido conforme se enfría.

Sólida: contracción que sufre el metal desde que solidifica hasta que se enfría totalmente.

Modelo: tolerancia que se utiliza en el modelo para compensar las dos anteriores.

CORAZON. (núcleo) Una forma hecha con arena que se coloca en un molde para hacer una abertura en una pieza fundida.

CORROSION. Ataque químico a los metales (con consecuente degradación) usualmente a temperaturas ordinarias, la hay atmosférica, submarina, subterránea y electrolítica.

CRIBA. Cedazo para arena; usado para separar terrones o material no deseado.

CRISOL. Recipiente en el cual se funde y transporta un metal.

CRISTAL. Sólido homogéneo con estructura geométrica regular y que es peculiar a ese elemento, compuesto o mezcla isomorfa, dentro de cada cristal los átomos se encuentran dispuestos de una manera característica.

CUBILOTE. Unidad de fundición tipo chimenea en la cual el metal es fundido en contacto directo con el combustible.

DEFORMACION ELASTICA. Cambio obligado en la forma de un material que dura solo mientras se aplica una fuerza.

DEFORMACION PLASTICA. Cambio obligado y permanente en la forma de un material al haber rebasado la fuerza el nivel de deformación elástica.

DENDRITA. Patrón cristalino formado durante la solidificación de un metal adquiriendo la forma de un árbol (pino) y sus ramas.

DESGASIFICADOR. Material empleado para remover gases de metales y aleaciones fundidas.

DESLIZAMIENTO. Deformación permanente en un material producida por una fuerza relativamente pequeña (por debajo de su límite elástico) que actúa por largo periodo de tiempo.

DUCTILIDAD. Propiedad de un metal que permite estirarlo sin romperlo.

DUREZA. Grado de firmeza o resistencia de un material; su capacidad para resistir la penetración.

DUREZA BRINELL. Valor de dureza de un metal o aleación, resultado de la medición del diámetro de la impresión hecha por una esfera de un tamaño dado y bajo una carga determinada. Los valores expresados son obtenidos de una tabla.

DUREZA ROCKWELL. Valor de dureza de un metal o aleación, resultado de la medición la profundidad de penetración de una esfera de acero o punta de diamante usando una carga específica.

ELASTICIDAD. Propiedad de un material para volver a su forma original después de doblarlo.

ENFRIADOR. Objeto de metal colocado en la parte externa o interna de la cavidad de un molde para inducir un enfriamiento más rápido en ese punto.

ESCORIA. Impurezas en el metal que se separan durante su calentamiento, en especial cuando se agrega un fundente.

EUTECTICO. Aleación que funde a una temperatura menor que la de sus componentes individuales.

FATIGA. Fenómeno de fractura progresiva de un material por una fisura que se extiende bajo repetidos ciclos de esfuerzos.

FERRITA. Hierro casi puro conteniendo menos del 0.05% de carbono y menores cantidades de otros elementos.

FORJA. Método para formar metal caliente ya sea con martillo o a presión.

FUNDENTE. Compuesto químico que se emplea en altos hornos, para soldadura blanda, fundición y soldadura con arco y gas, a fin de disolver y eliminar sustancias indeseadas en el metal.

FUNDICION. 1) Hacer productos metálicos por fundición (calentando el metal hasta hacerlo

líquido) 2) El taller en que se hace la fundición del metal.

FUNDICION A PRESION. Método de fundición en el cual se hace entrar metal a presión en un molde cerrado.

FUNDICION DE METAL. Conformar metal fundido al verterlo (colarlo) en un molde y dejarlo endurecer.

FUNDICION EN ARENA. Método en el que el metal fundido es vaciado en un molde de arena.

FUNDICION EN MOLDE PERMANENTE. Fundición en que el metal fundido se vierte en un molde permanente de metal.

FUNDICION POR CENTRIFUGACION. Método en que el metal fundido es forzado a entrar en las cavidades gracias a la rotación del molde.

FUNDICION POR REVESTIMIENTO (Modelo perdido). Método en que se hace un modelo de cera u otro material combustible y se reviste con un material cerámico. Después, se funde y quema la cera quedando una cavidad de molde en donde se cuela el metal fundido. Este sistema proporciona piezas con un buen grado de precisión.

INVESTIMENTO. material refractario que envuelve completamente el modelo en el proceso de fundición con modelo perdido o revestimiento.

LATON. Cualquiera de las diversas aleaciones de cobre en que el elemento principal de aleación es zinc.

LIMITE ELASTICO. Esfuerzo máximo que puede soportar un metal sin deformación permanente.

LIQUIDUS. La parte superior de una curva en un diagrama de constitución la cual ilustra la temperatura a la que cada aleación comienza a solidificar.

MALEABILIDAD. Propiedad de un metal de ser permanentemente deformado por: Rolado, forjado o extruido sin ruptura y sin incremento pronunciado en su resistencia a la deformación (como es el caso de la ductilidad). La maleabilidad se incrementa con la elevación de la temperatura.

MAZAROTA. Reserva diseñada para suministrar metal a fin de compensar la

contracción de la pieza de fundición al solidificar esta.

METALURGIA. Ciencia y tecnología de los metales y su comportamiento.

MODELO. En fundición, un modelo de madera, metal, cera o plástico del objeto que se va a fundir.

MOLDE. En fundición, Una cavidad o abertura en la que se conforma el producto con metal fundido.

MOLDE PERMANENTE. Molde hecho de metal o material refractario que es capaz de producir un gran número de piezas de fundición.

MOLINO. Máquina que sirve para mezclar las arenas de fundición.

OXIDACION. La reacción de un elemento con oxígeno para formar un óxido.

PERMEABILIDAD. Propiedad de los moldes de arena de permitir el paso de los gases.

PIROMETRO. Instrumento para medir altas temperaturas.

PLANTILLA. Proyección de un modelo que deja una impresión en la arena del molde en la cual descansa el corazón.

POLVO SEPARADOR. Material que se espolvorea en la parte media de los moldes para evitar la adhesión de sus partes.

PUNTO DE FUSION. Temperatura a la cual un metal pasa de estado sólido a líquido.

PUNTO DE RECRISTALIZACION. La temperatura por abajo de la cual ya no es fácil volver a modificar la estructura interna de un metal.

RECOCIDO. Operación de calentamiento y enfriamiento en un metal destinada por lo regular a reducir la dureza del mismo, la velocidad de enfriamiento es relativamente lenta.

RED. Orden geométrico en el cual los átomos tienden a acomodarse durante el proceso de cristalización.

REDUCCION. remoción parcial o completa del oxígeno de un óxido.

REFRACTARIOS. Material capaz de resistir altas temperaturas, cambios de temperatura, metales fundidos, escoria, gases calientes etc. Con ellos se recubren las paredes de los hornos.

REVENIDO. Tratamiento térmico del metal para disminuirle la dureza y darle más tenacidad.

SOBRESPESEORDEMAQUINADO. Cantidad extra de material que se deja en la pieza a fin de compensar las operaciones de maquinado.

SOLIDUS. Parte baja de una curva en un diagrama de constitución que indica la temperatura a la cual cada aleación ha completado su solidificación.

SOPORTES (para corazones). Soportes o espaciadores mecánicos usados en los moldes para mantener los corazones en posición adecuada durante el proceso de vaciado, no son necesarios cuando el modelo tiene plantillas.

SUBSTANCIA AMORFA. Substancias que presentan una estructura no cristalina ya que sus átomos no están dispuestos en un patrón geométrico o redas. Pueden ser consideradas como soluciones sólidas que siendo enfriadas a cualquier grado no presentan cristalización.

TEMPLAR. Tratamiento térmico de un metal para darle una estructura dura y de grano fino.

TRATAMIENTO TERMICO. Calentar una pieza metálica de trabajo para cambiarle sus propiedades.

VACIAR. 1) Acto de verter metal fundido en las cavidades del molde. 2) (vaciado) Dícese de la pieza obtenida con este proceso.

Bibliografía:

- Advanced casting technology
Conference proceeding edited by J.Easwaran
1986
ASM international
- Building a gas fired crucible furnace
David J. Gingery 1983
- Cupola Practice and Mixing Cast Iron
"Lost technology series"
Reprinted from a volume published in 1903 by
International correspondence school By Lindsay
publications 1983
- Defectos de fundición
American Foundrymen's Society
Aguilar
- Defectos de las piezas de fundición tomo 1
H. Le Breton
URMO 1965
- Design News
July 8 1991 art. Concurrent engineering pg. 54
November 5 1990 art. Long awaited model
makes its debut pg.25
- Diseño y fabricación de piezas fundidas
Francisco Jiménez Caro Silva
UAM Azcapotzalco 1991
- Electric Arc Furnaces,how to make an electric
furnace
Reprinted by Lindsay publications 1982
- Elementary Metallurgy and Metallography,
third edition
Arthur M. Shrager
Dover publications inc. 1969
- El horno de cubilote y su operación
American foundrymen's society
CECSA 1972
- Foundry U.S.Navy manual
- Navy department,bureau of ships 1958
Reprinted by Lindsay publications 1989
- How to cast small metal and rubber parts 2nd
edition
William A. Cannon
Tab books 1986
- Ingeniería de manufactura, 3a reimpresión
U. Scharer, J.A. Rico, J. Cruz, L. Solares, R.
Moreno
C.E.C.S.A. 1991
- Li'l Bertha, a compact electric resistance shop
furnace
David J. Gingery
Lindsay publications 1984
- Materiales y procesos de fabricación 2 edición
E. Paul Garmo
Reverté 1988
- Methods for modern sculptors, twelfth printing
Ronald D. Young, Robert A. Fennell
Sculpt- nouveau 1990
- Microfusión , Fundición con modelo perdido
Dr. ing. K.A. Krekelev
Editorial G.G. Barcelona 1971
- Modeling in wax for jewelry and sculpture
Lawrence Kallenberg
Chilton book company 1981
- Modern Casting Shopbook
Safety in metal casting
Vol 2. Safe practices in sand preparation
Molding and coremaking.
Vol 3. Safe practices in melting and pouring
operations.
Vol 6. Fire prevention,protection,hazardous
condition and
enviromental control.
American foundrymen's society
- Moldeo y fundición 2 edición
Oscar Schutze Alonso
Gustavo Gilli 1961

Ornamental Metal Casting
R.E. Whitmoyer
Lindsay publications 1986

Principles of metal casting
Richard W. Heine, Carl R. Loper, Philip C.
Roenthal
McGraw Hill Book Company 1967

Procedures in experimental physics
John Strong
"Lost technology series" 1938
Reprinted by Lindsay publications 1986

Processes and materials of manufacture 4 edi-
tion
Roy A. Lindberg
Alyn and Bacon 1990

Procesos básicos de manufactura
H.C. Kazanas, Glenn E. Baker, Thomas G.
Gregor
Mc Graw Hill 1983

Procesos y materiales de manufactura para in-
genieros
Lawrence Doyle, Carl A. Keiser, James L.
Leach, George F. Schader, Mors B. Singer
Prentice Hall 1990

Secrets of green sand casting
"Lost technology series" 1906
Reprinted by Lindsey publications 1983

Tecnología de fabricación metalmeccanica
Zeferino Damian Noriega
AGT Editor S.A. 1986

Tecnología de los oficios metalúrgicos
A. Leyensetter
Reverté

The complete metalsmith
Tim McCreight
Davis publications inc. 1991