

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y MATERIALES

"MANUFACTURA DE TUERCA MAESTRA, EMPLEANDO
UNA ALEACIÓN DE BRONCE-ALUMINIO"

T R A B A J O

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO METALÚRGICO

P R E S E N T A :

C. RENÉ ISAMEL TORILLO FALCÓN

ASESOR: ING. FRANCISCO LAGUNES MORENO



MEXICO, D.F.

2004



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

DEPARTAMENTO DE PRACTICAS, VISITAS Y TITULACION T-073

México, D.F., a 18 de junio del 2003

Al(los) C. Pasante(s):
RENE ISMAEL TORILLO FALCON
PASEO DE LOS HALCONES No. 21
ATIZAPAN ESTADO DE MEXICO
C.P. 52957

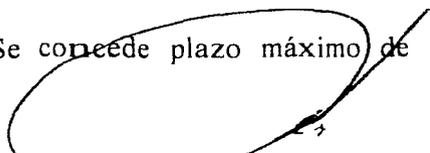
Carrera:
I. Químico

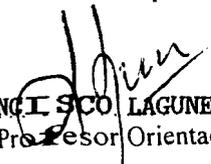
Generación:
1983-1987

Mediante la presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que el C. Ing. **FRANCISCO LAGUNES MORENO** sea orientador en el Tema de Tesis que propone(n) usted(es) desarrollar como prueba escrita en la opción **TESIS MEMORIAS DE EXPERIENCIAS PROFESIONALES** bajo el título y contenido siguientes: **"MANUFACTURA DE TUERCA MAESTRA, EMPLEANDO UNA ALEACION DE BRONCE-ALUMINIO"**

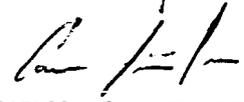
- RESUMEN
- INTRODUCCION
- I.- GENERALIDADES
- II.- DESCRIPCION DEL PROCESO
- III.- APLICACION DEL PROCESO A LA MANUFACTURA
- IV.- RESULTADOS Y SU DISCUSION
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Se concede plazo máximo de un año para presentarlo a revisión por el Jurado.


DR. FEDERICO CHAVEZ ALCALA
Presidente de Academia.


ING. FRANCISCO LAGUNES MORENO
El Profesor Orientador.


ING. BLANCA ZAMORA CELIS
Jefe del Depto. de Prácticas
Visitas y Titulación


DR. CARLOS ANGUIZ TERRAZAS
El Subdirector Académico.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

MEXICO, D. F., a 8 de junio del 2004

C. RENE ISMAEL TORILLO FALCON

Pasante de Ingeniero METALURGICO

Presente:

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted que, habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente, denominado "MANUFACTURA DE TUERCA MAESTRA, EMPLEANDO UNA ALEACION DE BRONCE-ALUMINIO".

encontramos que el citado trabajo y/o proyecto de tesis, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y proceder a su impresión según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente
JURADO

C. ING. FRANCISCO LAGUNES MORENO

C. M. en C. MARCELO HERNANDEZ VELAZQUEZ

C. M. en A. TIMOTEO PASTRANA APONTE

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS NUESTRO SEÑOR – SAN JUDAS TADEO

SE QUE MIS LOGROS NO SERAN TAN GRANDES COMO LA FE. GRACIAS DIOS MIO POR ESTE PRECIADO JARDIN DEL TIEMPO EN DONDE HOY RECIBO UNA BENDICION MAS AL ESFUERZO QUE ME PERMITISTE TERMINAR.

A MI ESPOSA

*EXISTE UNA GRAN RAZON DE MANTENER UNA ACTITUD MENTAL POSITIVA, ASI COMO LA ESPERANZA DE FUTURAS REALIZACIONES Y ESTA ES UNA DE ELLAS. GRACIAS POR LAS HORAS DE SOL Y DESVELO QUE HAS COMPARTIDO Y APOYADO JUNTO A MI LADO. POR TU VALENTIA INCONDICIONAL PARA AFRONTAR UNIDOS LOS MOMENTOS DIFICILES Y SOBRE TODO POR TUS CONSEJOS Y COMPRESION PARA ENCONTRAR LA SABIDURIA **DEL** ÉXITO.*

A MIS PADRES

POR GUIARME DESDE MI NIÑEZ AL CAMINO CORRECTO. POR ENSEÑARME QUE EL TRIUNFO EN LA VIDA ES QUIEN SE LEVANTA Y BUSCA LAS CIRCUNSTANCIAS Y LAS CREA SINO LAS ENCUENTRA. GRACIAS POR LO MAS PRECIADO QUE ME HAN OTORGADO SU CARIÑO, INTELIGENCIA, PASIENCIA Y SOBRE TODO LA FE EN DIOS NUESTRO SEÑOR. DESEO DE TODO CORAZON QUE MI TRIUNFO COMO HOMBRE Y PROFESIONISTA LO SIENTA COMO EL SUYO PROPIO. NUNCA OLVIDARE QUE EL PRECIO DE LA GRANDEZA ES LA RESPONSABILIDAD.

A MIS HIJOS

POR SU ALEGRIA Y PASIENCIA EN LA LUCHA DE TAN GRATO MOMENTO. SU EXISTENCIA ME FORJARA DE MAS RETOS.

A MI ASESOR

*QUIEN ME BRINDO DESDE LA INICIACION DE LA **CARRERA** EL APOYO TOTAL PARA FORMARME COMO INGENIERO METALURGICO. POR ENTREGARME SU MANO AMIGA PARA OBTENER LOS BENEFICIOS QUE NOS DA ESTA VIDA Y COMPARTIRLOS.*

A MI HERMANO

*A TI JESUS H. POR TU APOYO EN TODOS LOS MOMENTOS DIFICILES QUE SE ME HAN PRESENTADO. **GRACIAS** POR HACERME REFLEXIONAR CUANDO TOMO DECISIONES EQUIVOCADAS. POR COMPARTIR TRISTEZAS Y ALEGRIAS EN COMPAÑIA DE TU FAMILIA.*

A MIS PROFESORES

POR LO QUE CADA UNO APORTO PARA MI FORMACION COMO PERSONA Y PROFESIONISTA.

A MIS HERMANAS

*POR SUS CONSEJOS Y CONOCIMIENTOS QUE ME APORTARON DURANTE EL PROCESO DE MI TRABAJO. POR SU CARIÑO, QUE SIEMPRE ESTARA **PRESENTE**.*

INDICE

PAGINA

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
1.-GENERALIDADES	4
II.-DESCRIPCION DEL PROCESO	11
III.-APLICACIÓN DEL PROCESO A LA MANUFACTURA	12
IV.-RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFIA.	19

RESUMEN

Los bronce **de** aluminio siempre mantendrán sus características bien definidas, ya **que** es un material de ingeniería de primera clase **que** constituye una adaptabilidad extraordinaria, sin implicar el alto costo **que** representan sus aleaciones especiales y aun es posible citar un sin numero de aplicaciones en que el material **e** s prácticamente insustituible.

El objetivo del presente trabajo es conllevar de forma integral nuestra tuerca maestra en sus cualidades, como el material de ingeniería **que** representa excepcionales propiedades físicas y mecánicas, como: resistencia **al** impacto, capacidad de amortiguación, entre otras. Y así tener ventajas **en el** proceso **de** manufactura.

INTRODUCCION

El cobre se logro en épocas diferentes y en diversos puntos. El cobre era abundante en Chipre, **que** antiguamente se llamaba Alashiya, y cambio su nombre por el **d e** Chipre derivado de la palabra “cobre” (la semejanza se percibe incluso en latín, e n que cobre es cuprum, mientras Chipre *se* llamaba cyprum).

Sorprende que **d**escubrimientos arqueológicos demuestren la entrada en escena de un nuevo material mas duro que el cobre, unos 500 años antes del inicio de **la** edad del cobre (400 a. C.). En el sudeste asiático, en la tierra de los **thai**, **debieron** practicar la reducción de una mezcla de minerales que dieron origen a la primera aleación trabajada por el hombre: bronce.

El bronce fue precedido por el cobre, que los metalúrgicos aprendieron **a** endurecer mas tarde con estaño. Posteriormente algunos pueblos **usaron** directamente **bronce** sin haber conocido el cobre, o usaron ambos metales.

El cobre en estado puro, no es extraño para ninguno de nosotros, sin embargo para la mayoría d e usos industriales es necesario alterar sus propiedades fisicas normales. El trabajo del ingeniero deberá ser el estar capacitado para **seleccionar** una aleación **que** de el máximo de propiedades deseadas y al **mismo** tiempo tratar de minimizar la perdida de otras menos importantes para el propósito deseado.

Las propiedades deseadas en el cobre se logran mediante **la** adición de **otros** elementos, aunque posteriormente se pueden hacer algunos **cambios** mediante tratamientos **térmicos** y trabajos en frío.

Desde un punto de vista técnico, son combinaciones de cobre y estaño **los** bronce. **Sin embargo** debido a otras aleaciones de cobre en **este grupo**, **aun** considerando **que** algunas de ellas no contienen estaño, se clasifican **como sigue** :

- Bronces al estaño
- Bronces al silicio
- Bronces al manganeso
- Bronces al **aluminio**

En donde este ultimo va ha tener relevancia en nuestro tema.

Dentro de algunas propiedades físicas y mecánicas de estos tenemos:

- Limite de elasticidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia **al** impacto
- Resistencia **al** corte
- Limite elástico de compresión
- Conductividad térmica
- Resistencia a la cavitacion
- Propiedades **antifriccion**
- Sensibilidad **a** las entalladuras
- Soldabilidad
- Conductividad eléctrica
- Permeabilidad magnética y coeficiente de expansión

Se conoce como bronce al aluminio aquellas aleaciones de **cobre que** contienen hasta el 15% de aluminio, con diversas proporciones **de** hierro, **níquel**, manganeso, sílice y ocasionalmente estaño.

I. Generalidades

La aleación cobre-aluminio precisa de la aplicación de ciertas reglas técnicas fundamentales y extremos cuidados

La composición química tiene gran impacto en la obtención de piezas sanas, así como un correcto diseño del sistema de coladas y del sistema de alimentación que pertenece, este último a los de **periodo** de solidificación corto (en forma de piel) **por** lo que el uso de alimentadores juega un importante papel. Por lo tanto, los factores son los siguientes:

- * Composición química de la aleación
- * Preparación de metal y técnica **de** colado
- * Sistemas de colada y alimentación
- * Preparación de moldes
- * Terminado y limpieza

Composición química de la aleación

Es por demás señalar la importancia de este concepto **en** las propiedades físicas y mecánicas de las aleaciones **que** forman las piezas. Uno de los principales elementos **que** juega un importante papel es el aluminio. Debe tomarse en cuenta que la resistencia mecánica aumenta a **expensas** de la ductilidad (alargamiento) por lo **que**

interviene en la variación de estas propiedades la microestructura lograda (metalografía)

Al tomar en cuenta las principales variables que intervienen en la solidificación, tales como el intervalo de la misma, densidad del molde, espesor promedio de la pieza, materiales de moldeo, tiempo de desmoldeo, etc., por lo que una recomendación en cuanto a la composición química, el porcentaje de aluminio no debe rebasar el 10%, el de hierro el 5% y el níquel el 5%, debido esto a que porcentajes de aluminio superiores al señalado determinan una resiliencia, paralelamente con la ductibilidad.

Preparación de metal y técnica de colado

El objetivo de la fusión (preparación del metal) es suministrarlo en forma líquida, con la composición química requerida, exento de escoria y a la temperatura adecuada, con el mínimo contenido de gases (O, H, etc.).

Una de las características notables de esta aleación (**Al-Cu**) es que el aluminio **por** sí solo elimina el oxígeno al reaccionar con él dándonos una capa de oxígeno de aluminio. Por otra parte, el hidrógeno se remueve al desgasificar con nitrógeno.

Al momento de la preparación del metal es muy importante impedir la presencia de humedad, tanto en la chatarra, como en refractarios, herramental, y todo aquello que esté o vaya a estar en contacto con el metal fundido. Radica en la humedad la generación de vapor que introduce los dos gases más letales a altas temperaturas, es decir, el hidrógeno y el oxígeno.

Es muy importante tomar en cuenta que durante el trasiego del metal debe evitarse al máximo su agitación pues el aluminio es altamente oxidable con el oxígeno de la

atmósfera, **con** lo que se forma una escoria del óxido (DROSS), material de densidad equivalente a la de la aleación, por lo que su remoción del seno del metal fundido se complica. El medio utilizado para este fin es el empleo de coladeras colocadas en el molde. Es preciso minimizar la turbulencia para evitar el problema mencionado, incluso al transvasar el metal o al colocar el molde.

Sistemas de colada y de alimentación

Como quedó dicho, la turbulencia debe evitarse a toda costa para no exponer el metal a la formación de la capa de óxido. Para resolver esta situación se puede aplicar el sistema de colada DURVILLE, que esencialmente consiste en calcular una copa de colada **de** capacidad suficiente **que** contenga la cantidad de metal líquido demandado por la cavidad del molde. Otro proceso alternativo es proceder al cálculo del tiempo óptimo de llenado requerido **para** suministrar el metal **al** molde. Este cálculo *se* realiza aplicando la fórmula de H. Dieter, **que** contempla como elementos para su aplicación el **peso** de la pieza, añadiéndole el peso de los sistemas de colada y alimentación, el espesor promedio de las paredes, **y** un par de constantes, una de ellas referida a la densidad y la otra a la eficiencia del sistema (viscosidad), de esta manera se determina **el** gasto, es decir, el caudal de metal líquido requerido **de** entrada al molde por unidad de tiempo, encontrando el área de restricción que nos permitirá la obtención de un flujo **laminar** en el interior del molde, que con la aplicación de la continuidad, todo *se* reduce a una relación de áreas para manejar los conceptos de velocidad y presión en **ese** sistema.

El sistema de colada está formado **por** los siguientes componentes:

- Copa de colada
- Cuello de colada (tragadero)

- Noria
- Corredor principal
- Ataques o entradas a la pieza

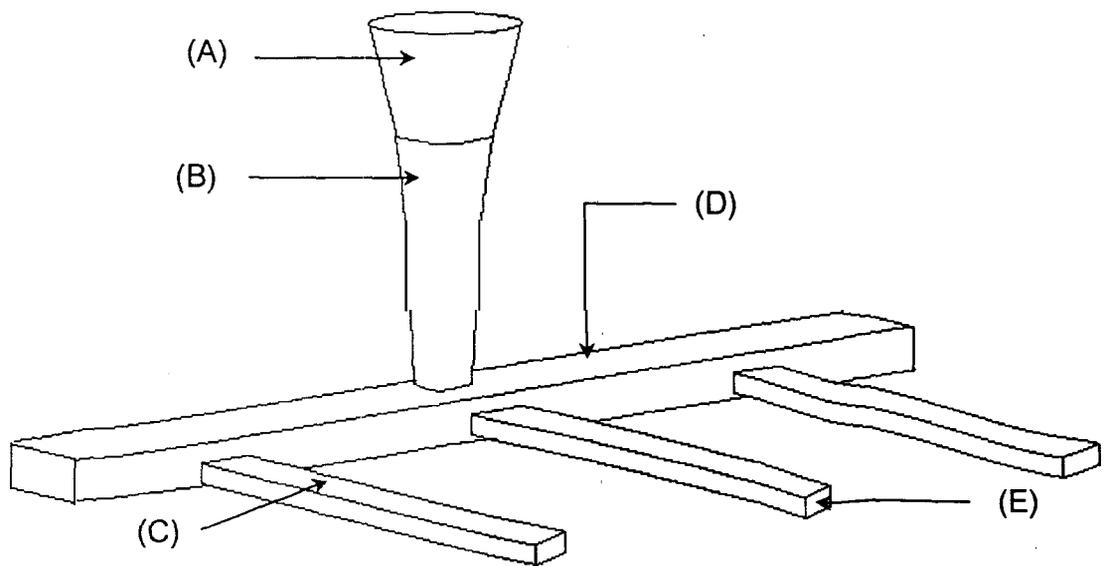
COPA DE COLADA: Es el elemento captador del metal líquido, preferentemente debe tener forma rectangular o cuadrada con arista vivas que impidan la turbulencia y se evite la entrada de escoria al sistema de colada, por lo cual una buena práctica de colada es mantenerla llena y el flujo al interior se mantiene con el cálculo del ahogador (choke) derivado de la fórmula H. Dieter.

CUELLO DE COLADA: Un dato importante es el diámetro del mismo en el contacto con la noria (derivado de la fórmula de H. Dieter) que regula el **flujo** del metal al interior del molde en forma laminar. El cuello de colada debe ser cónico a fin de evitar la fricción del metal líquido al descender, porque introduciría aire.

NORIA: Derivado del concepto que nos señala el marco teórico. Del teorema de Bernoulli, y que nos dice que el descenso del metal líquido está sujeto al desarrollo de tres energías que en diferentes partes (puntos) tiene una tenencia constante a interrelacionarse. Estas energías son: energía de presión, de posición y de velocidad. El diámetro de la noria guarda una relación de 2.5 a 3: 1 con respecto al diámetro del ahogador (choke), por lo que el metal en esa condición se despresuriza y disminuye su velocidad, con lo que permite la regulación del **flujo**.

CORREDOR PRINCIPAL: De acuerdo a la relación de áreas aplicada en un molde no presurizado, ahogador (choke) – Corredor principal – ataques (entradas), ésta se recomienda 1: 4 : 4. en su extremo es factible instalar una trampa a fin de retener la escoria que se hubiera logrado pasar.

ATAQUES O ENTRADAS A LA PIEZA: La suma de las áreas de los ataques debe ser igual al área del corredor principal, su diseño obedece a



- a). COPA D E COLADA
- b). CUELLO DE COLADA
- c). NORIA
- d). CORREDOR PRINCIPAL
- e). ATAQUE O ENTRADAS A LA PIEZA

los cambios de sección requeridos a fin de aumentar o disminuir la velocidad de llenado.

Sistema de alimentación

Derivado del periodo de solidificación a que pertenecen estas aleaciones (Cu-Al), se requiere realizar el cálculo de estos elementos **que** reciben el nombre de alimentadores, mazarotas, cargadores, cabezas, etc., cuya función principal es la de aportar metal líquido adicional que requiere la pieza durante la solidificación.

En cuanto **al** aspecto económico del proceso, estos elementos deben poseer las dimensiones adecuadas **y sus** puntos de **emplazamiento debe** determinarse con precisión a fin de eficientar su desempeño.

Para conocer el tipo de piezas a alimentar se calcula el factor **de** forma, es decir, la **relación** perímetro a espesor. **Si** tenemos una relación mayor de 30, la pieza se asemeja a una placa. Cuando el resultado **es** menor de 30, la pieza se considera compacta, de lo **que se** refieren dos presentaciones de piezas:

- Similares a placas
- Piezas compactas

Para piezas similares a placas las dimensiones de la mazarota son **3/4** partes del volumen o del peso de la parte. Para mazarotas normales, corresponde 1/5 del volumen o del peso de la parte, **para** mazarotas exotérmicas.

Para mazarotas cilíndricas con una altura mínima igual a **1.5** veces el diámetro **y** protegidos con polvo exotérmico.

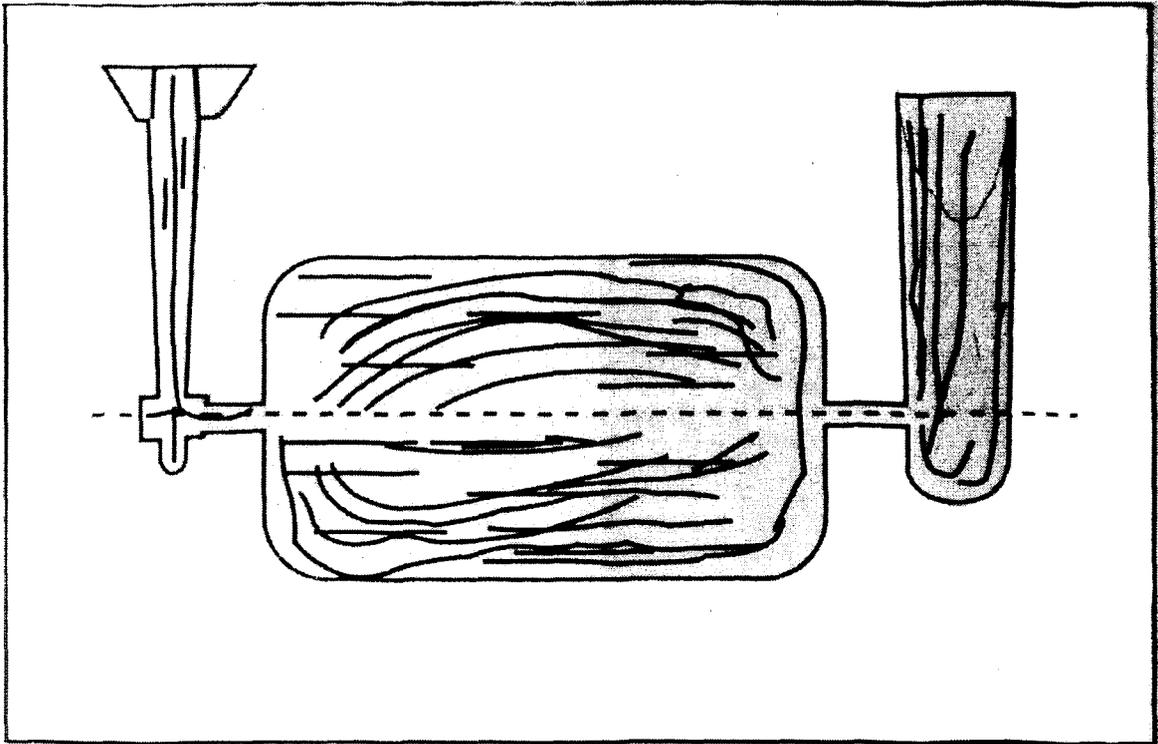


Fig. 1)BRONCE AL ALUMINIO

Para las partes consideradas compactas, el cálculo reviste cierta complejidad, debido a que se basa en el módulo de enfriamiento de la parte, o dicho de otra forma, sobre la parte del volumen al área de la superficie de la parte en contacto con el molde, el área de la superficie atravesada por el calor.

Existe una regla sencilla. Para este tipo de pieza, las dimensiones de una mazarota normal deberán ser tales que su diámetro en milímetros deberá ser 7.2 veces el módulo de la pieza, con mazarota normal, y para una camisa exotérmica, 5 veces el módulo de la pieza

PRIMERA FASE: posición de la mazarota

- Espesor de la pared, 25 mm
- Intervalo de alimentación
 - a). Sin enfriadores: 100 mm
 - b). Con enfriadores: 175 mm
- Distancia a alimentar (circunferencia): 550 mm
- Diámetro aproximado de la mazarota normal: 175 mm

SEGUNDA FASE: Clasificación del tipo de pieza, ubicada la posición de la mazarota se determina si las partes correspondientes alimentadas son piezas de tipo similar o compactas.

a). Partes alimentadas por la mazarota central

- Perímetro (Pq): circunferencia interna + circunferencia externa + 4 anchos finales de los enfriadores = $475 + 625 + 100 = 1,200 \text{ mm}$.
- Espesor (Sq): 25 mm.
- Factor de forma $Pq/Sq = 1,200/25 = 48$

Se trata de una pieza similar a una placa dado que el factor de forma es superior a 30.

b). Partes alimentadas por las mazarotas laterales.

- Perímetro (Pq): $1/2$ (circunferencia externa + circunferencia interna) + 2 anchos finales **de** enfriadores = $1/2(475+625)+50 = 600$ mm.
- Espesor (Sq): 25 mm.
- Factor de forma **Pq/ Sq = 600/25=24**

Se trata por tanto de piezas compactadas dado que **el** factor de forma **es** menor de 30.

TERCERA FASE: dimensiones de las mazarotas.

a). Mazarota central ©

Ésta alimentada una parte de la pieza similar a **una** placa, y **por** lo tanto, las dimensiones para esta finalidad dependerán de la parte de la pieza o sea de:

$$V_{pg} = 550 \times 25 \times 32 = 0.44 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

El diámetro mínimo de la mazarota **C** es de 70 mm y la altura mínima **es** de 105 mm. Por razones prácticas todas **las** mazarotas, incluso las **A** y **B** se sitúan en la parte superior del fondo- drag. (en el **cop**le)

b). Mazarotas laterales (**A** y **B**)

Ambas alimentan partes compactas de la pieza. Por lo tanto, sus dimensiones dependerán de la relación volumen / superficie enfriada, es decir, que el módulo **Mpg** que **es**:

$$M_{pg} = \frac{0.22 \times 10^6 \text{ mm}^3}{2[(275 \times 32) + (275 \times 25) + (32 \times 25)]}$$

= superficie de unión de la mazarota (diámetro: 50mm)

$$= \frac{0.22 \times 10^6 \text{ mm}^3}{(32.950 - 1.960) \text{ mm}^2}$$

11. Descripción del proceso

Para realizar esta descripción, la dividiré en tres partes, a saber:

- * Preparación de moldes.
- * Preparación de metal
- * Terminado de piezas

A su vez, *se* aplicará una carta descriptiva de **las** operaciones, y **se** les clasificara **d e** acuerdo a su importancia en el proceso como:

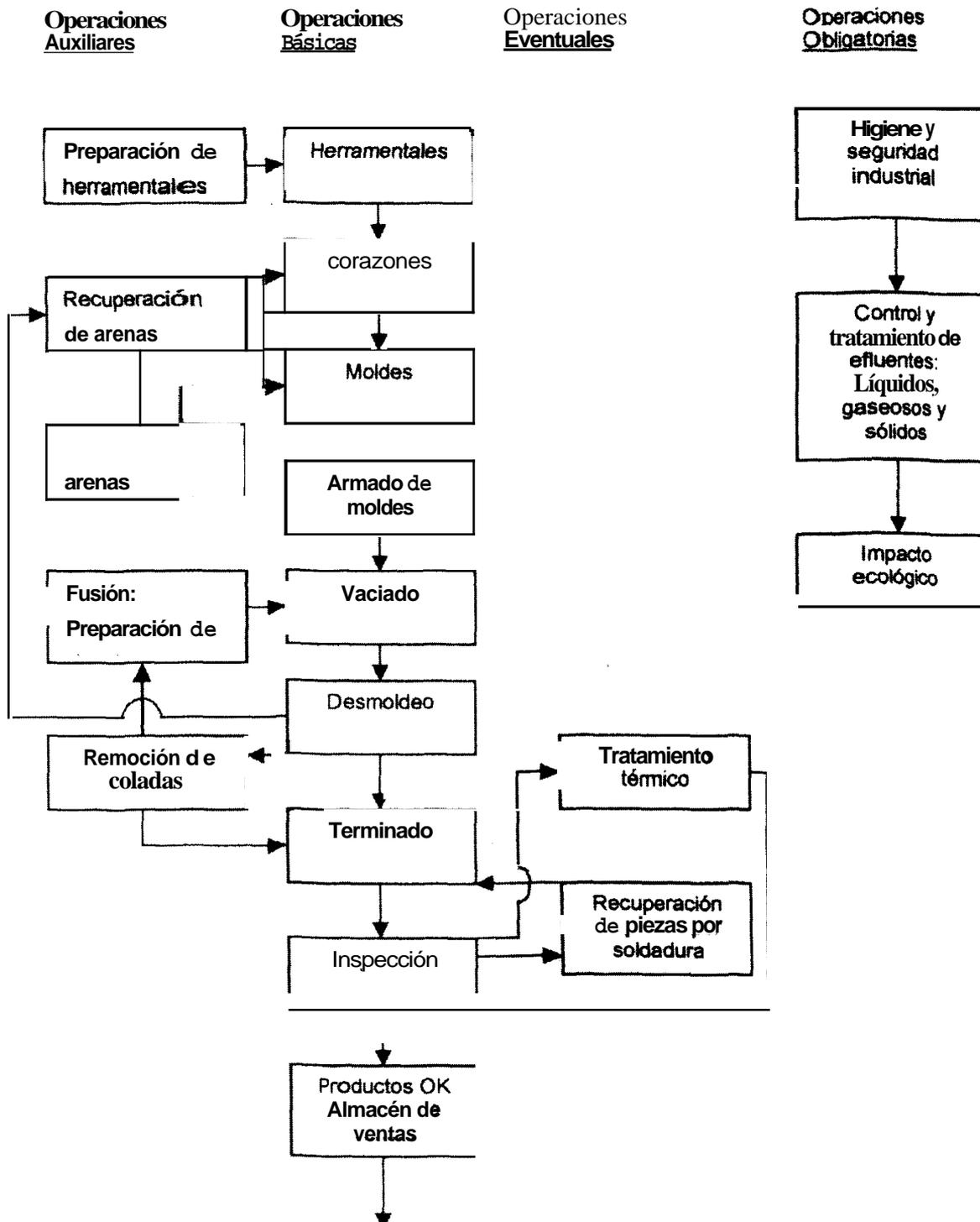
- * Básicas o primordiales.
- * Auxiliares.
- * Eventuales
- * Obligaciones

LA OPERACIÓN BÁSICA, primordial número 1 es **la** referencia a **los** **HERRAMENTALES**, (modelos **y** cajas de corazón, **escantillones** calibradores, etc.), **y** en línea siguen, **la** obtención **de** corazones, fabricación del molde, armado **y cerrado** del molde, **colada del metal**, enfriamiento, desmoldeo, limpieza y acabado.

AUXILIARES

- Preparación y acondicionamiento de herramientas
- Preparación de arenas **para** moldeo y corazones.
- Reparación de metal
- Recuperación de arenas

Carta descriptiva de operaciones



EVENTUALES

Son aquellas operaciones que se aplican en forma intermitente, o de manera

ocasional, y que inciden en el propósito de recuperar piezas **terminadas** a las cuales un pequeño defecto (descrito en el Manual de Especificaciones de Ingeniería en Manufactura), autoriza su reparación por cualquiera de los métodos aprobados, soldadura, impregnación, tratamiento térmico, etc.

OBLIGATORIAS

Son los referentes a la preservación de la integridad física del personal o recurso humano involucrado, así como su estado de salud en el corto, mediano y largo plazo.

Añadiendo a lo anterior está la preocupación mundial por el ambiente, que el desarrollo industrial, agrícola y ganadero ha introducido cambios drásticos, debido a las emisiones de gases que producen efecto invernadero, así como el uso de pesticidas inadecuados **que** afectan las cadenas alimenticias en flora y fauna, y el gas metano producido **por** la fermentación digestiva del ganado, todo ello resumido en el impacto ambiental que se refleja en la disminución de la capa de ozono, además del sobrecalentamiento del planeta, que origina el deshielo en los polos,

11. Aplicación del proceso a la manufactura

PROCESOS DE MANUFACTURAS

- * Preparación de moldes
- * Preparación de metal
- * Terminado de piezas

PREPARACIÓN DE MOLDES

En esta operación está comprendida la preparación de arena, la obtención del molde y la fabricación de corazones que algunas **piezas** requieren para producir las superficies internas (piezas huecas). La **materia prima**

es la arena silica (cuarzo o SiO₂ que se recibe lavado, deslamado, con un pureza de 98%, es decir, que es un sistema de granos no cohesible por si mismo, y a que han sido despojados del material arcilloso que poseían en forma natural.

Para proporcionales un grado apropiado de cohesión, está puede lograrse de forma orgánica o inorgánica.

Para proporcionarles cohesión en forma inorgánica se requiere del uso de arcillas, las cuales requieren cierto grado de humedad para despertar su capacidad de amasado. De esta manera se integra el sistema con arena, arcilla, agua primordialmente. Debido a la condición de desempeño a altas temperaturas el cuarzo presenta cambios de volumen por las transformaciones alotrópicas de que es objeto, para neutralizarlos se requiere el empleo de aditivos que aportan material combustible o interfaces gaseosas.

El empleo de la forma orgánica de cohesión ha dado muy buenos resultados, y por medio de resinas y catalizadores de tipo autofraguante, tanto termoplásticos, como termofijas (shell). Por principio, éstas resultan ventajosas al no emplear agua de reacción química, lo que incrementa su elegibilidad para altas temperaturas en la que el agua se vaporiza con lo que introduciría en el metal fundido oxígeno e hidrogeno, gases dañinos contraindicados en un buen proceso.

La arena para moldeo tiene la siguiente fórmula:

Arena de retorno	100kg.
Eentonita cálcica	2.5 kg.
Bentonita Sódica	2.5 kg.
Agua	3.5 lt

El mezclado se realiza 2 minutos en seco, y 2 minutos en húmedo.

MOLDEO

Se realiza en máquina semiautomática *Jolt and Squeeze* (sacudidas y apriete), 15 sacudidas con operación del mando con **la** rodilla derecha. El apriete se realiza a 50 lb. de presión, con la utilización del cabezal girando a 90°.

Cerrado del molde

- Se extrae la placa modelo
- Se colocan los corazones, si lleva
- Se cierra el molde con la tapa
- Se envía al área de colada
- Se extrae de la adobera
- Se enchaqueta
- Se colocan pesas (pesaje)
- Se cubre la colada para prevenir la entrada **de basura**

PREPARACION DEL METAL

La técnica de manufactura a seguir es **ésta**:

- **Selección**ar lingotes y chatarras de composición conocida que nos permitan reducir al mínimo la pérdida de aluminio del 0.1 al 0.3%.
- Utiliza horno y/o crisol en forma exclusiva que no se utilice para procesar otras aleaciones, especialmente aquellas **que** contengan plomo.

- Utilizar carbón vegetal seco. Todos los materiales deben **estar** completamente secos, ya que hay que tener en mente la siguiente ecuación: CUPROALUMINIO + HUMEDAD = ESCORIA + GAS. El carbón vegetal seco se entremezcla con la carga y los demás materiales. Es preciso evitar el uso de fundentes que contengan boro o silicio.
- Fundir rápido, lo más rápido posible y recalentar el **pozo líquido** hasta la temperatura de colada (1,200°C), siempre bajo la cobertura de carbón. Hay que procurar no alargar la permanencia del metal fundido en el horno, ya que se incrementaría el riesgo de absorción de hidrógeno.
- Espumar la superficie del carbón flotante para extraer una pequeña muestra, con el fin de someterla a la prueba de depresión. Si rechupa norma esta OK. Si queda plana o abombada hay que desgasificar.
- Al transvasar, el chorro debe ser corto para evitar hasta donde sea posible la turbulencia.

Nota de precaución: Todo el instrumental y ollas deben **estar** secas y precalentada antes de usarse.

TERMINADO DE PIEZAS

Una vez transcurrido el tiempo de enfriamiento estipulado, **las** piezas son recuperadas del molde y enviadas al área de terminado, donde **son** separadas **d**e los elementos de colada y alimentación **se** somete a esmerilado **y** se pasan por las máquinas de limpieza

La separación de los elementos de colada se realiza con disco abrasivo o con sierra cinta

Si las piezas son pequeñas, el terminado se hace en esmeriles de pedestal, y si son grandes, según el número de operaciones, se hace en la línea de banda o de rodillos

Al final, en la inspección se da curso a las piezas conformes, que se aprueban. Las no conformes se reparan o rechazan, **según** el caso.

IV. Resultados y su Discusión

Descripción de la composición Vs. sus variaciones mecánicas al realizar modificaciones en sus porcentajes.

Se colocan por separado probetas variando su contenido como en la Fig. #1

Probeta	Aluminio %	Hierro %	Níquel %
I	8.5	3.5	4.5
II	10	4.4	5.5
III	11	5.5	6.5

Tabla 1. probetas con **variación** en la composición

En general, la resistencia mecánica se incrementa a expensas de la ductibilidad, pero se encontró que alrededor de un contenido de aluminio del 10% se obtiene un gran gama de cargas de rotura con composiciones similares a causa de las pequeñas variaciones en la microestructura (véase Fig. #2).

Se encontró que se debe tomar en cuenta que incluso que pequeñas variaciones en la velocidad de enfriamiento en los diferentes intervalos de temperatura pueden influir, las temperaturas de colada, los materiales de moldeo, la compactación (densidad) del molde, el espesor promedio de las paredes de la pieza y el tiempo de desmoldeo, por lo que es recomendable no usar aleaciones que contengan más del 10.5% de aluminio y cercanas al 5% de hierro y 5% de níquel.

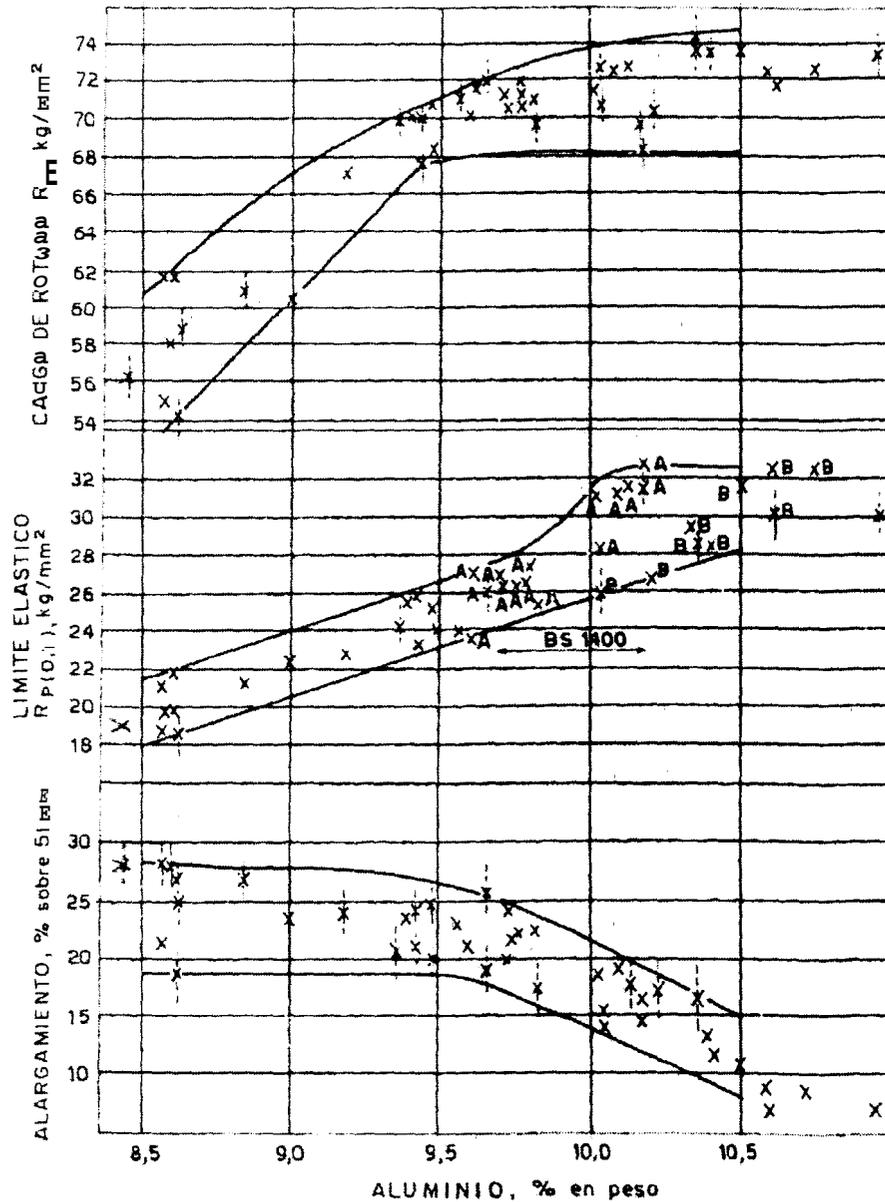
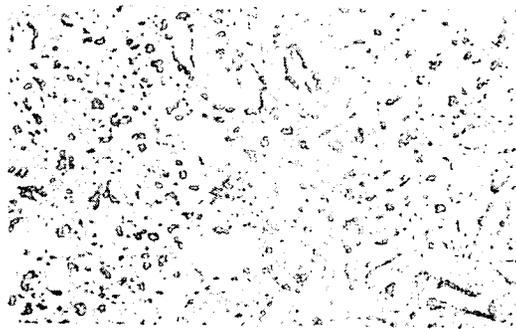


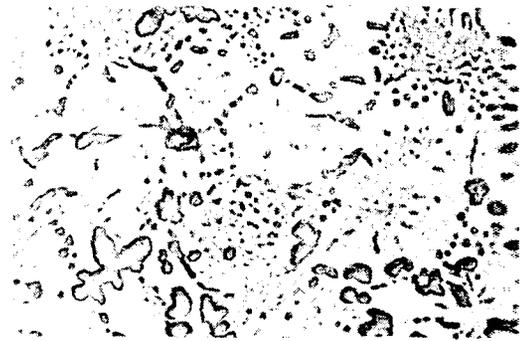
Fig. 1. Efecto del contenido de Al sobre las características de tracción de probetas en cuña de 25 mm de diámetro coladas en arena verde.

Las curvas de trazo lleno indican la gama de características obtenidas de caldos de aleaciones incluidas en la norma inglesa BS 1400:1961. Cuando la dispersión de los valores obtenidos de un mismo caldo ha sido apreciable, se ha indicado con segmentos de trazos verticales. (Véase también la figura 2.)

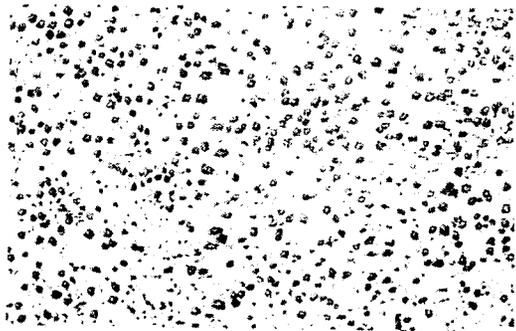
- A) Estructura de aleaciones pobres en Al.
- B) Estructura de aleaciones ricas en Al.



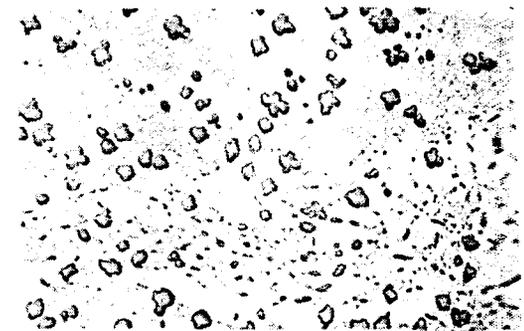
a)



b)



c)



d)

Fig. 2. Microestructura de cuproaluminio Al 10,1 %, Fe 5% y Ni 5%. Ataque con persulfatoamónico del 10%. -a) y b) Partículas de fase K de forma irregular y fase K alargada en los bordes de la fase α . c) y d) Rosetas bien formadas y distribuidas de fase K.

TABLA II
EFECTO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DE LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS
DE CUPROALUMINIOS TIPO AB2 BS 1400:1961

Clase de aleación	Símbolo de BNF	Composición química % en peso				Características Mecánica									
						Probeta en cuña de 25 mm. de diámetro									
		Al	Fe	Ni	Mn	Porosidad, % en volumen	Carga de rotura, Rm kg/mm ²		Limite elástico Rp (1)		Alargamiento % sobre 51 mm.		Porosidad, % en volumen	Resiliencia charpa kgm	
							Bruto de fusión	Enfriado lentamente (1)	Enfriado lentamente (1)	Bruto de fusión	Enfriado lentamente (1)	Bruto de fusión		Enfriado lentamente (1)	
5% Fe	YGA (2)	8.3	5.1	5.0	1.3	0.2	60.5	-(3)	21.3	-(3)	26.5	-(3)	0.15	6.1	5.8
	YGE	9.4	5.2	5.1	1.2	0.15	67.4	-(3)	23.9	-(3)	22	-(3)	0.2	3.1	2.7
	YGC	9.5	5.0	5.0	1.2	0.15	69.0	64.1	24.4	20.3	24.5	27.5	0.15	2.6	2.8
5% Ni	YJA/1	9.7	4.9	5.1	1.1	0.2	67.4	-(3)	24.6	-(3)	16.5	-(3)	0.2	2.5	2.3
	YGD	10.0	5.2	5.0	1.2	0.2	71.8	63.8	27.7	20.8	21	21.5	0.2	1.9	2.0
5.5% Fe 4.5% Ni	YMN	9.7	5.5	4.4	0.9	-(3)	69.1	-(3)	26.0	-(3)	18	-(3)	0	2.9	-(3)
	YMU	9.8	5.4	4.3	1.1	-(3)	70.7	-(3)	25.5	-(3)	21.5	-(3)	0.1	2.8	-(3)
	YMU (4)	9.8	5.4	4.3	1.1	-(3)	69.5	-(3)	31.8	-(3)	7.5	-(3)	0.1	2.1	-(3)
5% Fe	YIG	8.4	5.0	7.0	1.2	0.1	60.2	51.5	23.2	19.5	19	16	0.20	2.0	1.4
6.5% Ni	YIE	9.7	5.1	6.6	1.0	0.1	67.7	52.0	25.8	19.5	15	12	0.1	1.3	1.2
3.5% Fe 5% Ni	YID	9.4	3.7	5.0	1.2	0.1	61.4	53.7	22.1	18.0	23	19	0.15	3.2	1.9
	YIF	10.4	3.6	5.0	1.1	0.05	71.7	62.1	26.1	20.3	17	14	0.2	1.7	1.5

- (1) 15°C/h de 1,020°C a 750°C, después enfriamiento al aire
(2) enfriamiento en aire desde 1,020°C
(3) No determinado
(4) Colado en coquilla.

Se encontró que también que el hierro y el níquel no modifican la resistencia a la tracción, por lo **que** se consideran al aluminio como el más adecuado **en** esa propiedad física.

En las pruebas realizadas con respecto a la resiliencia, debe lograrse un balance **entre** el contenido de hierro y níquel, con una relación Fe/Ni mayor de 1.

Pro lo anterior, se desprende que las aleaciones que forma **el** llamado BRONCE AL ALUMINIO resultan elegibles por lo siguiente:

- * Alta resistencia a la tensión, 50,000 lbs/plg²
- * Conservan sus propiedades en ambientes corrosivos (sales marinas, etc.)
- * Son resistentes al desgaste

Como corolario de las pruebas realizadas se sugiere **una** composición química que resultará más adecuada.

Fe= 5.0 -5.5% Al=9.5-9.9% Ni=4.5a5.0%

Conclusiones

En cuanto a la tecnología, es evidente que para obtener piezas de calidad elevada se deberá recurrir a modelos y técnicas de moldeo óptimas, pero algunos puntos necesitan de una particular atención en cuanto **al** sistema de moldeo y mazarotas **que** deberán ser calculados correctamente:

- Para conseguir los sistemas de alimentación y **de** mazarotas adecuados deben prepararse modelos precisos, sin dejar a la discreción del moldeador las dimensiones de las posiciones.
- La forma **de** la huella obtenida deberá ser idéntica a la utilizada para **el** calculo. Pequeñas desviaciones en el espesor nominal de pared podrán provocar grandes variaciones en el intervalo de alimentación de las paredes delgadas, o del modulo **en las** paredes compactas.
- Para reducir al mínimo los costos de separación de mazarotas en piezas complicadas se deberá recurrir a **un gran** numero de enfriadores, a fin de que todas las partes **de** la pieza estén comprendidas en el intervalo de alimentación de la mazarota. Es esencial un secado cuidadoso del molde **para** evitar condensaciones de humedad sobre los enfriadores **que** producirán sopladuras durante la colada.

Bibliografía

Allen, NP, *Metals* 1981

Asociación Mexicana del Cobre, *ACT*, **1994**

Bailey GL *British Foundryman*, June 1966

American Society for Metals, *metals Handbook*, Cleveland, 1948

Ellis, OW, Copper and Copper **Alloys**, American Society for Metal
Cleveland, **1948**

González Saavedra, Sergio, “Cobre y sus aleaciones”, Moldeo y
Fundición #69, SMF, junio de 1990

González Saavedra, Sergio y Francisco Lagunes Moreno, “Cobre y sus
aleaciones”, #69, SMF, junio de 1990

Higgins, Raymond **A**, *Ingeniería metalúrgica Tomo 1*, **CECSA**

Howard, E, Tratado Practico de fundición, Aguilar, 1979.

Macken, PJ & AA Smith, The Aluminium bronze, **CDA #31**, **1966**

Murphi, AJ, Fundición de los metales no férreos

Ortega, Carlos, Curso cobre y aleaciones, CECYT #2 IPN, 1975

Roast, Harold J., Cast Bronze, The American Society for Metals.